



# OCHO PUNTOS DE ACCIÓN PARA ALCANZAR LAS METAS CLIMÁTICAS DE MÉXICO

JUAN-CARLOS ALTAMIRANO, ERIKA ORTIZ SÁNCHEZ, JEFFREY RISSMAN, KATHERINE ROSS, TARYN FRANSEN, CARLOS BROWN SOLÁ Y JULIA MARTINEZ

## RESUMEN EJECUTIVO

En los años recientes, México ha desarrollado e implementado una gama de políticas y metas para responder al cambio climático, reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), y hacer la transición hacia una sociedad de bajo carbono y resiliente al clima. Estas políticas responden tanto a los esfuerzos mundiales para limitar el cambio climático, como a la propia necesidad de México de mantener la seguridad energética, frenar la contaminación del aire, y mejorar la salud y el bienestar de su población.

En 2012, México se convirtió en uno de los primeros países en aprobar una legislación integral de cambio climático para dirigir la política nacional. Esta legislación consta de una ley general, un programa especial sobre el cambio climático, y una estrategia nacional sobre el cambio climático, y abarca una amplia gama de inquietudes que incluyen la mitigación, la adaptación y disposiciones institucionales. Entre sus metas principales, la legislación busca garantizar el derecho a un medio ambiente sano y a la regulación de las emisiones de GEI para lograr su estabilización a un nivel que evite la peligrosa interferencia antropogénica con el sistema climático, según lo especifica la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Para este fin, la legislación también establece las metas de reducción de GEI para 2020 y 2050.

En términos institucionales, de conformidad con la Ley General de Cambio Climático de México, la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) debe promover las acciones necesarias para cumplir con los compromisos y metas de la CMNUCC y de otros instrumentos derivados de ella. La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) de México es la

## CONTENIDO

Resumen ejecutivo .....	1
1. Introducción.....	9
2. Metodología.....	12
3. Tendencias y trayectoria de las emisiones de México .	14
4. Configuración del escenario .....	18
5. Hallazgos .....	25
6. Recomendaciones .....	37
Acrónimos y abreviaturas.....	46
Referencias.....	47
Notas finales .....	49

*Los documentos de trabajo contienen investigaciones preliminares, análisis, hallazgos y recomendaciones. Se distribuyen para estimular la discusión oportuna y la retroalimentación crítica, así como para influir en el debate en curso sobre temas emergentes. La mayoría de los documentos de trabajo se publican eventualmente en otra forma y su contenido puede ser revisado.*

**Cita sugerida:** Altamirano, J.E. Ortiz Sánchez, J. Rissman, K. Ross, T. Fransen, C. Brown Solá, y J. Martínez. 2016. "Achieving Mexico's Climate Goals: An Eight Point Action Plan". Documento de Trabajo. Washington, DC: World Resources Institute. Disponible en línea en: <http://www.wri.org/publication/achieving-mexicos-goals>.

agencia responsable de la implementación, la cual tiene soporte técnico del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). La SEMARNAT informa periódicamente a la CICC, la cual informa a la Secretaría de Relaciones Exteriores para comunicar las acciones de México a las agencias y organizaciones internacionales.

En vísperas al Acuerdo de París de 2015, México se convirtió en el primer país en vías de desarrollo en presentar su contribución prevista y determinada a nivel nacional (INDC, por sus siglas en inglés) a la CMNUCC, señalando los planes del país para la acción climática después de 2020. En su INDC, México estableció dos metas de reducción de emisiones de GEI (Gobierno de México 2015):

- Una **meta no condicionada** de reducir las emisiones de GEI en un 22 por ciento por debajo de la línea de base para 2030.
- Una **meta condicionada** de reducir las emisiones de GEI hasta en un 36 por ciento por debajo de la línea de base para 2030, que depende de un acuerdo mundial que aborde, entre otras cosas, un precio internacional del carbono, ajustes fiscales en la frontera para el carbono, cooperación técnica, acceso a recursos financieros de bajo costo y transferencia de tecnología (todo a una escala proporcional al desafío del cambio climático mundial)

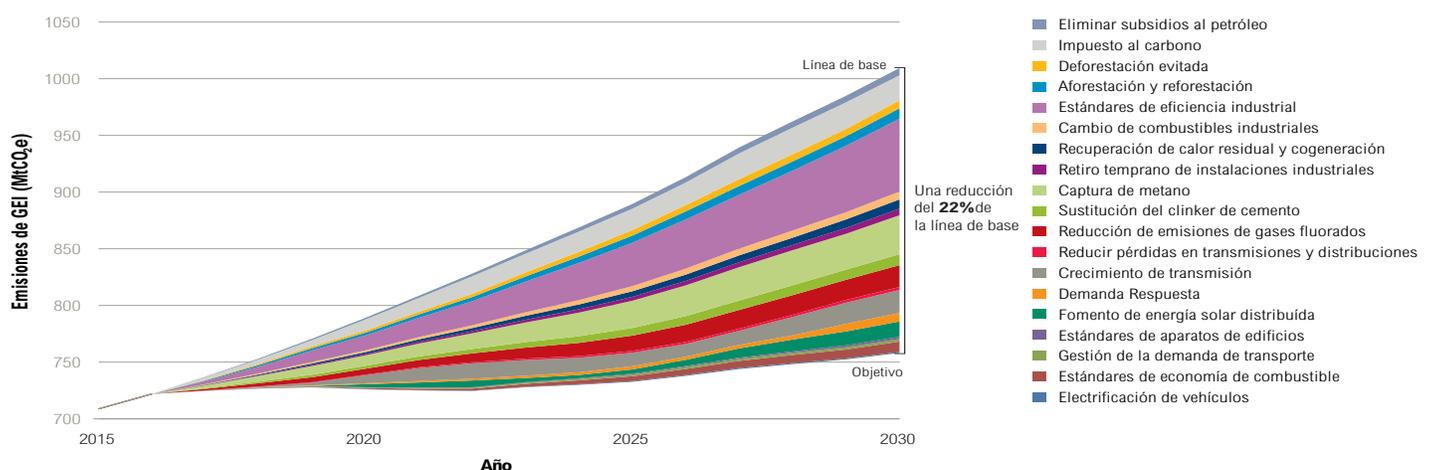
A nivel mundial, el Acuerdo de París estableció una meta de limitar la elevación de la temperatura promedio mundial a menos de 2 °C y de hacer esfuerzos para limitarla a 1.5 °C, y estableció un proceso para mejorar la ambición de los compromisos nacionales cada cinco años en busca de esta meta. Además, el Acuerdo invita a los países a comunicar “estrategias de desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero

a largo plazo con vistas a mediados de siglo” a la CMNUCC para 2020. México se ha comprometido a desarrollar su estrategia para finales de 2016.

¿Cómo puede México lograr sus metas y trabajar para alcanzar las metas del Acuerdo de París? Este documento de trabajo aborda esta pregunta al identificar y evaluar las opciones clave de política climática y energética disponibles para que México apoye la implementación de su INDC. Al aplicar un proceso gradual de revisión de política, que involucra la evaluación de 56 políticas planeadas y potenciales en México en términos de potencial de reducción de GEI, costo-efectividad, factibilidad política, beneficios a la salud y seguridad energética, encontramos varias políticas que, combinadas como un paquete, pueden aportar fuertes reducciones a las emisiones de GEI, proporcionando al mismo tiempo cobeneficios alternos significativos. Ingresamos estas políticas a un modelo computable de dinámica de sistemas - desarrollado por Energy Innovation<sup>1</sup> y conocido como Energy Policy Simulator, que prevé los efectos de diversas políticas sobre las emisiones, parámetros financieros y la estructura del sistema eléctrico, entre otros indicadores). Nuestro análisis muestra que México puede alcanzar sus metas no condicionada y condicionada, ahorrando dinero y vidas al mismo tiempo.

**México puede alcanzar su meta no condicionada anunciada de reducción de emisiones de GEI con 19 políticas climáticas y energéticas, alcanzando al mismo tiempo ahorros netos en gastos de más de 500 mil millones de pesos (alrededor del 2 por ciento del PIB de 2015) acumulados hasta 2030.** El cumplimiento de su meta no condicionada requerirá que México amplíe y fortalezca algunas de las políticas y normas actuales y

Figura ES-1 | **Contribuciones de políticas para alcanzar la meta no condicionada de reducción de emisiones de México**



propuestas, así como implementar políticas adicionales. Estas políticas cubren a todos los sectores de la economía, con el nivel más grande de reducción de GEI alcanzado mediante implementar normas de eficiencia en la industria y los sectores petrolero y de gas<sup>2</sup> (que contribuyen con 24 por ciento de la reducción de emisiones requeridas para lograr esta meta), seguido por la captura de metano (15 por ciento), y un impuesto al carbono (contribución del 12 por ciento a un nivel de US\$15 por tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente [tCO<sub>2</sub>e]).

La Figura ES-1 presenta un paquete representativo de políticas que, al ser implementadas en su totalidad, pueden reducir las emisiones de GEI de México en un 22 por ciento por debajo de la línea de base (con base en datos del gobierno mexicano y otras fuentes) para 2030.

**México puede alcanzar su meta condicionada de reducción de emisiones, logrando además ahorros en costos, a través de mejorar las políticas actuales e implementar dos políticas adicionales.** Cumplir la meta condicionada requeriría un refuerzo adicional de las políticas existentes (más allá de lo requerido para alcanzar la meta no condicionada de reducción de GEI), establecer un precio del carbono en toda la economía de acuerdo a su verdadero costo externo para la sociedad, y desarrollar intervenciones adicionales de mitigación en los sectores industrial y de petróleo y gas. En el paquete representativo de política condicionada, la política más sólida es un impuesto al carbono (que contribuye, a un nivel de US\$55/tCO<sub>2</sub>e, al 19 por ciento de la reducción en emisiones requerida para cumplir la meta condicionada de reducción de emisiones de GEI de México), seguida por la captura de metano (18 por ciento) y estándares de eficiencia industrial (15 por ciento).

La Figura ES-2 presenta un paquete representativo de políticas que, al ser implementadas en su totalidad, podrían reducir las emisiones de GEI de México en un 36 por ciento por debajo de la línea de base para 2030, alcanzando además ahorros netos en gastos directos por casi 200 mil millones de pesos (cerca del 0.8 por ciento del PIB de 2015).

En la Tabla ES-1 se presenta una descripción general de los “niveles de política” seleccionados para alcanzar las metas no condicionada y condicionada de México de reducción de GEI. Un nivel de política refleja el nivel de reducción a lograr por medio de la política. Un nivel de política condicionada (con un impuesto al carbono de US\$55 por tonelada de CO<sub>2</sub>e) sería más ambicioso que un nivel de política no condicionada (con un impuesto de carbono de US\$15 por tonelada de CO<sub>2</sub>e) debido a que es más ambiciosa la meta del paquete de políticas condicionadas de reducir las emisiones de GEI de México en un 36 por ciento por debajo de la línea de base para 2030 que la meta condicionada de 22 por ciento.

Como se detalla en la sección 5 del documento de trabajo, estos niveles de política reflejan varios importantes criterios (reducción de los GEI, costo-efectividad, factibilidad política, y cobeneficios en salud y seguridad energética) los cuales se exploraron a través de una revisión de la literatura y consultas con las partes interesadas. Sin embargo, estas no representan los únicos paquetes de políticas que pudieran alcanzar las metas de GEI no condicionada y condicionada. Por lo tanto, se les debe interpretar como combinaciones representativas de políticas que son consistentes con las metas y con el logro de otros cobeneficios. Los lectores pueden explorar otras combinaciones de políticas en el Energy Policy Simulator (ver el Recuadro 1).

Figura ES-2 | **Contribuciones de políticas para alcanzar la meta condicionada de reducción de emisiones de México**

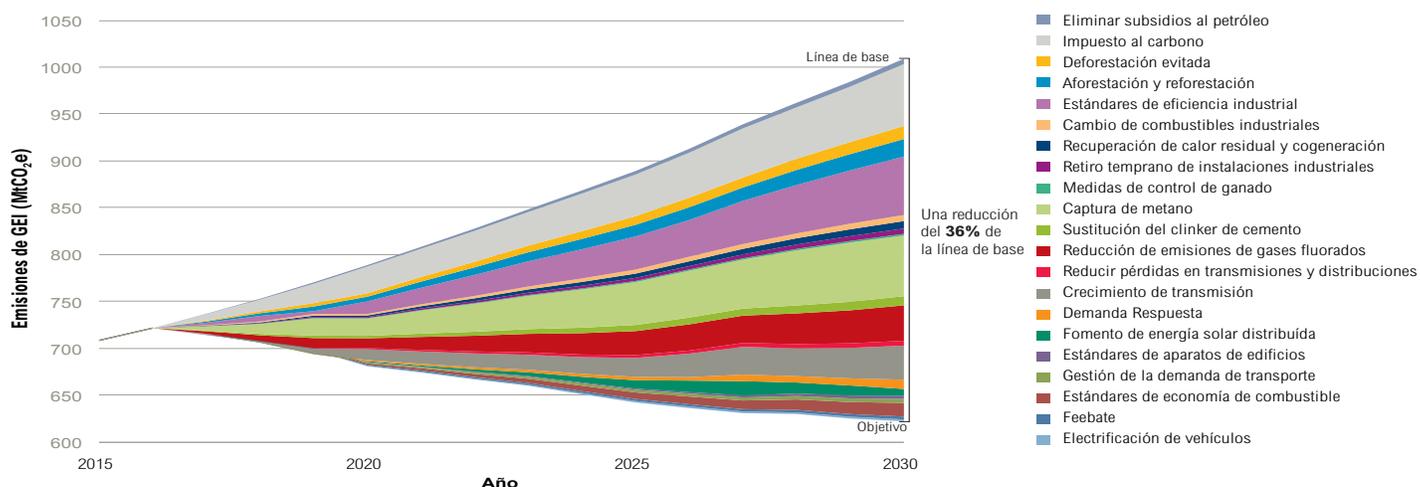


Tabla ES-1 | **Resumen de niveles de política utilizados para alcanzar las metas de GEI de línea de base, no condicionada y condicionada, 2017–30**

SECTOR	POLÍTICA	NIVEL DE POLÍTICA DE LÍNEA DE BASE	NIVEL DE POLÍTICA CONDICIONADA	NIVEL DE POLÍTICA CONDICIONADA
Intersectorial	Impuesto al carbono	\$0/tCO <sub>2</sub> e	\$15/tCO <sub>2</sub> e	\$55/tCO <sub>2</sub> e
Intersectorial	Reducir subsidios al petróleo	El subsidio promedio por unidad de petróleo (\$/BTU) es 3.15E-06	Se eliminan todos los subsidios al petróleo	Se eliminan todos los subsidios al petróleo
Transporte	Estándares de economía de combustible para vehículos de trabajo ligero (LDV, por sus siglas en inglés)	14.9 km por litro	40 % de mejora por encima de la línea de base	87 % de mejora por encima de la línea de base
Transporte	Estándares de economía de combustible para vehículos de trabajo pesado (HDV, por sus siglas en inglés)	Aun no se ha establecido una norma. La línea de base es el promedio real calculado de la economía de combustible de los HDV de México (51.02 - 56.43 tonelada de carga-km/l)	20 % de mejora por encima de la línea de base	45 % de mejora por encima de la línea de base
Transporte	Electrificación en LDV de pasajeros	<1 % de LDV electrificados para pasajeros	2 % de LDV electrificados para pasajeros	5 % de LDV electrificados para pasajeros
Transporte	Electrificación en HDV de pasajeros	<1 % de HDV electrificados para pasajeros	2 % de HDV electrificados para pasajeros	5 % de HDV electrificados para pasajeros
Transporte	Medidas de gestión de la demanda de transporte	No se establecen medidas adicionales para la demanda de transporte por encima de los esfuerzos establecidos en 2014	4 % de reducción en km-pasajero viajados en los LDV, 9.3 % de incremento en los HDV, 4.5 % de reducción en aeronaves, 16 % de incremento en ferrocarril, 7.5 % de reducción en motocicletas (sin efectos en transporte de carga)	8 % de reducción en km-pasajero viajados en los LDV, 18.6 % de incremento en los HDV, 9 % de reducción en aeronaves, 32 % de incremento en ferrocarril, 15 % de reducción en motocicletas (sin efectos en transporte de carga)
Transporte	Feebate para LDV para pasajeros	Ninguno	Ninguno	\$210/.01 litros por km
Electricidad	Crecimiento de transmisión	16,655,698 kilovoltio kilómetro (kV-km) de incremento por encima de los niveles de 2014	30 % por encima de la línea de base	60 % por encima de la línea de base
Electricidad	Reduce pérdidas en transmisión y distribución	13.9 % de reducción con relación a los niveles de 2014	22 % de reducción con relación a la línea de base	43 % de reducción con relación a la línea de base
Electricidad	Demanda respuesta	Capacidad de 4,248 MW está en la red para 2030 para mejorar la flexibilidad	12,340 MW de capacidad está en la red	12,340 MW de capacidad está en la red
Electricidad/edificios	Fomento de energía solar distribuida	<1 % de la electricidad total generada por energía solar distribuida (en edificios residenciales y comerciales)	1 % de la electricidad total generada por energía solar distribuida	2 % de la electricidad total generada por energía solar distribuida
Edificios	Normas para equipo de enfriamiento	Con base en las estimaciones de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) sobre las reducciones en el uso de energía derivado de los niveles establecidos	30 % de reducción en el uso de energía con relación a la línea de base	50 % de reducción en el uso de energía con relación a la línea de base

Edificios	Normas para el recubrimiento de edificios	Con base en los estimados de la CONUEE sobre las reducciones en el uso de energía derivadas de los niveles establecidos por los reglamentos existentes en 2014	20 % de reducción en fugas con relación a la línea de base	40 % de reducción en fugas con relación a la línea de base
Edificios	Normas de iluminación	Con base en los estimados de la CONUEE sobre las reducciones en el uso de energía derivadas de los niveles establecidos por los reglamentos existentes en 2014	10 % de reducción en el uso de energía con relación a la línea de base	20 % de reducción en el uso de energía con relación a la línea de base
Industria	Sustitución de clinker de cemento	Sin cambio en el porcentaje clinker de los niveles de 2014	15 % de reducción de los niveles de 2014	15 % de reducción de los niveles de 2014
Industria	Reducción de las emisiones de gas fluorados (F-gas)	Las emisiones de F-gas son 37.7 MtCO <sub>2</sub> e en 2030	50 % de reducción con relación a la línea de base	98 % de reducción con relación a la línea de base
Industria	Conversión de equipo de gas natural a eléctrico	No se convierte equipo adicional de gas natural a electricidad	Se reemplaza por electricidad 2 % del gas natural utilizado en la industria	Se reemplaza por electricidad 5 % del gas natural utilizado en la industria
Industria	Retiro temprano de instalaciones	Se utilizan las instalaciones industriales por la duración de su vida útil esperada	El retiro temprano afecta al 6.3 % de las instalaciones de cemento, al 4.5 % de las instalaciones de gas natural y petróleo, al 8.5 % de las instalaciones de hierro y acero, al 2.0 % de las instalaciones químicas y al 1.6 % de otras instalaciones industriales	El retiro temprano afecta al 6.3 % de las instalaciones de cemento, al 4.5 % de las instalaciones de gas natural y petróleo, al 8.5 % de las instalaciones de hierro y acero, al 2.0 % de las instalaciones químicas y al 1.6 % de otras instalaciones industriales
Industria	Captura de metano	Las fugas y venteos de metano por parte de la industria es 9.4 MtCO <sub>2</sub> e en 2030	16 % de reducción con relación a la línea de base	36 % de reducción con relación a la línea de base
Industria	Cogeneración y recuperación de calor de desecho	No hay incremento en la tasa de uso de cogeneración y recuperación de calor de desecho en las instalaciones industriales	Se aprovechan todas las oportunidades identificadas, lo que resulta en una reducción de 3.9 % en el uso de combustible para industrias no agrícolas	Se aprovechan todas las oportunidades identificadas, lo que resulta en una reducción de 3.9 % en el uso de combustible para industrias no agrícolas
Industria	Estándares de eficiencia de equipos	8 % de mejora con relación a los niveles de 2014	30 % de mejora con relación a la línea de base	30 % de mejora con relación a la línea de base
Uso de la tierra	Evitar la deforestación <sup>a</sup>	No se implementan medidas adicionales para evitar la deforestación, además de las ya establecidas en 2014	Las emisiones de CO <sub>2</sub> del Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (LULUCF por sus siglas en inglés) se ven reducidas en un 16 % con relación a la línea de base	Las emisiones de CO <sub>2</sub> del LULUCF se ven reducidas en un 43 % con relación a la línea de base
Uso de la tierra	Aforestación/reforestación <sup>a</sup>	No se implementan medidas adicionales de aforestación/reforestación además de las ya establecidas en 2014	Las emisiones de CO <sub>2</sub> del LULUCF se ven reducidas en un 21 % con relación a la línea de base	Las emisiones de CO <sub>2</sub> del LULUCF se ven reducidas en un 58 % con relación a la línea de base
Agricultura	Medidas de ganadería	Ninguno	Ninguno	Se reducen las emisiones de GEI en 3.5 MtCO <sub>2</sub> e/año (2.3 % de las emisiones del sector agrícola)

Nota: Los valores dados para las metas no condicionada y condicionada son para 2030; las políticas se van estableciendo linealmente desde el nivel de la línea de base empezando en 2017. a. El efecto combinado de las dos políticas del Uso de la tierra en el Escenario Condicionado logra la meta de México de cero emisiones antropogénicas netas de CO<sub>2</sub> de bosques, que está alineado con la consolidación actual de las estrategias de reducción de emisiones por deforestación y degradación (REDD++).

## Recuadro 1 | Energy Policy Simulator

El Energy Policy Simulator es una herramienta web gratuita de código abierto creada por Energy Innovation LLC. Permite a los usuarios explorar varios paquetes diferentes de políticas en tiempo real, aprendiendo acerca de las opciones disponibles y sus efectos en emisiones, costos/ahorros y otros resultados. También permite a los usuarios ajustar instrumentos de políticas para diseñar sus propios escenarios de políticas. Consulte <https://energypolicy.solutions>

Este análisis se enfoca en soluciones actuales de políticas técnicamente factibles que proporcionan un alto potencial de reducción de emisiones. Se identificaron estas opciones por medio de pruebas en el modelo y comentarios de expertos, como se detalla en la sección 5 del documento de trabajo completo. Proponemos una ruta para alcanzar las metas de INDC de México y reconocemos que este es un primer paso para alcanzar estas metas.

Nuestro análisis muestra que México puede lograr las metas no condicionada y condicionada de reducción de GEI, ahorrando al mismo tiempo dinero y vidas. Para obtener estos ahorros, el gobierno deberá tomar acciones climáticas efectivas y mejoradas en varios sectores de la economía, centrándose en impulsar las inversiones iniciales (de fuentes públicas y privadas tanto nacionales como internacionales) y considerando las barreras para su implementación.

Proponemos un plan de acción de ocho puntos que comprende las políticas de la Tabla ES-1 para apoyar el logro de las metas de no condicionada y condicionada de la INDC de México. El propósito de este plan es describir en rasgos amplios el tipo y magnitud de las intervenciones que pueden ayudar a dirigir a México hacia estas metas. Sin duda será necesario un análisis detallado adicional para informar sobre enfoques específicos de implementación, incluyendo las consideraciones relacionadas con la competitividad e impactos distributivos, así como las barreras para su implementación. Los puntos del I al VII se enlistan en orden decreciente por su potencial de reducción de GEI.

**PUNTO I** Mejorar la eficiencia de combustibles y promover el cambio a combustibles limpios en las actividades industriales<sup>a</sup>

- Las Secretarías de Economía y de Energía (SE y SENER) alinean la Norma Oficial Mexicana (NOM) con los estándares para la eficiencia industrial destacados en la declaración de la Cumbre de Líderes de América del

Norte, como la norma voluntaria de desempeño de energía ISO 50001, y se comprometen a establecer una fecha meta común en Norteamérica para la adopción de la ISO 50001 en 2017.

- La Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) expande el programa de incentivos fiscales para proyectos de cogeneración para apoyar energía más limpia en la red eléctrica.
- Iniciar el proceso de transición de gas natural a electricidad en la industria para mejorar la seguridad energética de México y para apoyar las metas del Acuerdo de París que resaltan la necesidad de lograr cero emisiones netas a nivel mundial para mediados del siglo.

**PUNTO II** Fortalecer las acciones para reducir emisiones de gases diferentes al CO<sub>2</sub>

- La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) aseguran la reducción de emisiones de metano y venteo de gases en los procesos de exploración, producción, procesamiento y distribución de petróleo y gas natural al establecer estándares de desempeño para la extracción de gas, ordenando la detección y reparación de fugas, y proporcionando orientación específica para el manejo de la combustión y venteo de volúmenes de metano según CNH.06.001/09,<sup>b</sup> junto con multas si se exceden esos volúmenes.
- La Secretaría de Energía y la Comisión Nacional de Hidrocarburos implementan proyectos de captura y utilización de metano en las ubicaciones de desechos y en las plantas de tratamiento de aguas residuales.
- La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) promueve tecnologías de reducción de metano en el sector agrícola, siguiendo la pauta del programa AgSTAR de los Estados Unidos<sup>3c</sup> el cual promueve el uso de sistemas de recuperación de biogás para reducir las emisiones de metano de los desechos del ganado.
- Contener y destruir los hidrofluorocarburos (HFC) bajo un programa de sustitución de refrigerantes que pudiera ser reintroducido por el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica o desarrollado como parte de un nuevo plan con metas semejantes bajo el amparo del Plan de Acción de América del Norte sobre la Alianza del Clima, Energía Limpia y Medio Ambiente.

**PUNTO III** Reducir las distorsiones en la economía al introducir un precio del carbono y la reducción progresiva de los subsidios a combustibles fósiles

- La SEMARNAT y las Secretarías de Energía, y de Hacienda y Crédito Público aumentan los esfuerzos hacia la implementación efectiva de la fijación de precio de carbono al incrementar el impuesto actual al carbono, extender el impuesto para incluir al gas natural y planificar un proyecto piloto de comercio de emisiones.
- Trabajar junto con los Estados Unidos y Canadá para desarrollar un precio norteamericano del carbono, para fortalecer el liderazgo de México dentro de la Coalición de Liderazgo para la Fijación del Precio del Carbono y proporcionar apoyo para la investigación adicional para explorar las implicaciones económicas de la fijación del precio del carbono bajo diferentes instrumentos (impuestos y venta de permisos).
- Las Secretarías de Hacienda y Crédito Público, de Economía, y de Energía desarrollarán, considerando el progreso reciente, un plan para la desaparición de los subsidios restantes en la producción y uso de combustibles fósiles en México, asegurando al mismo tiempo la protección a los pobres.

**PUNTO IV** Incrementar la capacidad y la eficiencia en el sector eléctrico (en transmisión y distribución)

- Desarrollar e implementar un esquema efectivo de colaboración entre la Secretaría de Energía, la Comisión Federal de Electricidad, la Comisión Reguladora de Energía, el Centro Nacional de Control de Energía, y la Comisión Federal de Mejora Regulatoria para evitar posibles disputas por tierras por donde pasan las líneas de transmisión.
- La Secretaría de Hacienda y Crédito Público proporciona incentivos económicos para cubrir la demanda de electricidad con energía solar fotovoltaica distribuida (por ejemplo, garantizando un impuesto de importación de cero para paneles solares).
- La Secretaría de Energía y la Comisión Federal de Electricidad ordenan un estudio sobre el potencial de acciones de demanda-respuesta en México como un medio de reducir la demanda pico de electricidad (como un paso preliminar a la implementación de un programa de demanda-respuesta).

**PUNTO V** Promover la sinergia con metas de adaptación (deforestación y reforestación) y otras acciones sectoriales (agricultura)

- Tomar acción (bajo el liderazgo de la SEMARNAT y de la Comisión Nacional Forestal [CONAFOR] y otras) para reducir la complejidad del marco legal del sector forestal al armonizar las leyes, regulaciones y metas federales relacionadas con el manejo forestal sostenible.
- Mejorar la coordinación entre la SEMARNAT y la CONAFOR para establecer metas forestales transparentes, claras y medibles.
- Aprovechar la afiliación de México a la Iniciativa Global de Metano para identificar acciones (especialmente en los sectores ganadero, agroindustrial y de aguas residuales) con el mayor potencial de reducción costo-efectiva de metano y desarrollar nuevas oportunidades de mercado.

**PUNTO VI** Establecer la transición a opciones de transporte limpias y bien diseñadas

- La Secretaría de Comunicaciones y Transportes y el Programa Federal de Apoyo al Transporte Masivo centran sus esfuerzos en una flota electrificada y/o más limpia para pasajeros y para carga, la gestión de demanda de transporte y una mejor eficiencia de combustible por medio de estándares más estrictos para vehículos de trabajo ligero y vehículos de trabajo pesado así como considerar *feebates*.<sup>d</sup>
- Las Secretarías de Economía, de Energía, y de Comunicaciones y Transportes armonizan con los Estados Unidos y Canadá las normas relacionadas con economía de combustible y emisiones de vehículos de pasajeros y de carga.
- Fortalecer la planificación local para apoyar la gestión de la demanda de transporte y mejorar la colaboración entre la Secretaría de Energía y la industria automotriz.
- Asignar mayores recursos para implementar la Estrategia Nacional de Movilidad Urbana de la Secretaría Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, incluyendo el Programa de Promoción de Movilidad Urbana y el Programa de Infraestructura, con un cambio en las reglas de operación para el Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo para orientar el financiamiento hacia opciones menos intensivas en el uso de carbono.

## PUNTO VII Incrementar la eficiencia de energía en edificios comerciales y residenciales

- Las Secretarías de Economía, de Energía, y la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía fortalecen y difunden los estándares de eficiencia para nuevos edificios bajo la Norma Oficial Mexicana y verifican su cumplimiento adecuado.
- Las Secretarías de Economía y de Relaciones Exteriores amplían el aprendizaje internacional y el desarrollo de capacidad bajo programas bilaterales y multilaterales de eficiencia energética, como Mission Innovation (Misión Innovación) y Sustainable Energy for All (Energía sostenible para todos).

## PUNTO VIII Desarrollar una estrategia integral a largo plazo para alcanzar cero emisiones netas de GEI en línea con las metas a largo plazo en el Acuerdo de París

- La Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) y la SEMARNAT revisan, y si es necesario modifican, la meta existente para reducir las emisiones de GEI a un 50 por ciento de los niveles de 2000 para 2050 teniendo en cuenta las metas del Acuerdo de París para limitar el incremento en la temperatura promedio mundial a “muy por debajo de 2 °C... y hacer el esfuerzo por limitar el incremento en temperatura a 1.5 °C”.<sup>e</sup>
- La SEMARNAT desarrolla rutas sectoriales y logros asociados para la implementación de la meta (posiblemente modificada).
- El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) asume el análisis de riesgo de dependencia del carbono en infraestructura clave, incluyendo en particular la generación de energía por carbón y por gas natural, así como vehículos con combustible fósil.
- La CICC y la SEMARNAT refinan planes para lograr las metas de INDC de manera que se asegure la consistencia con las rutas y objetivos mencionados anteriormente y evita los costos asociados con el retiro temprano de infraestructura intensiva en emisiones.

La implementación de este plan de ocho puntos, en el contexto de una estrategia de largo plazo consistente con las metas del Acuerdo de París, tiene el potencial de poner a México en camino a alcanzar sus metas de INDC, mejorando al mismo tiempo su competitividad económica, su seguridad energética, así como la salud y el bienestar de su población. La CICC, la SEMARNAT y demás instituciones señaladas anteriormente deben hacer todos los esfuerzos posibles para alcanzar estas metas. Así, a través de un esfuerzo concertado y sostenido, los responsables de política pueden trabajar en cooperación con el sector privado y la sociedad civil para alcanzar estos beneficios para el pueblo mexicano.

### Notas:

- a. La sección industrial del modelo de Energy Policy Simulator abarca un conjunto más amplio de actividades que la definición tradicional del sector industrial (p. ej. aquella de los Sistemas Nacionales de Contabilidad). Incluimos actividades asociadas con emisiones de procesos industriales, ya sean públicos o privados, en sectores fuera del sector manufacturero, como agricultura, minería, petróleo y gas, así como manejo de desechos.
- b. Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH.06.001/09) – Criterios de desempeño y aplicación para el cálculo de combustión y venteo de gas natural. [http://www.cnh.gob.mx/\\_docs/QuemaVto/DT\\_QyV.pdf](http://www.cnh.gob.mx/_docs/QuemaVto/DT_QyV.pdf)
- c. El programa AgSTAR de Estados Unidos promueve el uso de sistemas de recuperación de biogás para reducir las emisiones de metano de los desechos de ganado al identificar beneficios, riesgos, opciones y oportunidades de proyecto. <https://www.epa.gov/agstar/what-epa-doing-agstar>.
- d. Una feebate es una cuota que se cobra a los vehículos ineficientes y una compensación para los vehículos eficientes.
- e. Para tener una posibilidad de limitar el calentamiento a 1.5 °C, las emisiones mundiales de bióxido de carbono deben alcanzar el cero neto para 2045-2050, y las emisiones totales mundiales de GEI para 2060-2080 (UNEP 2015b). (Para una posibilidad de limitar el calentamiento a 2 °C, se deben alcanzar los mismos logros no más de 15 a 20 años después).

## 1. INTRODUCCIÓN

A principios de 2015, México se convirtió en el primer país en desarrollo en proponer una Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional (INDC, por sus siglas en inglés) en el período previo al Acuerdo de París de diciembre de ese mismo año, comprometiéndose incondicionalmente a reducir sus Gases de Efecto Invernadero (GEI) en un 22 % en 2030.<sup>4</sup> A este desarrollo lo antecede una historia de liderazgo en la acción climática: en 2012, el país aprobó una de las primeras leyes de cambio climático para orientar la política nacional, la cual comprende una Ley General, un Programa Especial sobre Cambio Climático y una Estrategia Nacional sobre Cambio Climático. En 2015, México fue uno de los primeros países en unirse a la coalición de "alta ambición" que impulsa un objetivo global para limitar el calentamiento global a 1.5 °C; y entre 1997 y 2012, el país presentó cinco comunicaciones nacionales<sup>5</sup>, más que cualquier otro país en desarrollo, ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

En julio de 2016, el Presidente Enrique Peña Nieto se reunió con el Primer Ministro de Canadá, Justin Trudeau, y el Presidente de los Estados Unidos, Barack Obama, para emitir una serie de compromisos trilaterales sobre cambio climático. Su declaración conjunta incluyó compromisos para alcanzar 50 % de generación de energía limpia<sup>6</sup> a través de América del Norte en 2025, para reducir las emisiones de metano -un GEI especialmente potente- en el sector del petróleo y el gas en un 40 a 45 % en el mismo año, y presentar "hacia mediados de siglo, estrategias de desarrollo a largo plazo de bajas emisiones de GEI" al Secretariado de la ONU sobre el cambio climático hacia finales de 2016 (White House: Office of the Press Secretary, 2016).

México enfrenta ahora el desafío de cumplir con estos compromisos, lo que a su vez presenta la oportunidad de que crezca su economía, fortalecer la seguridad energética y mejorar la salud y el bienestar humano. Podría decirse que el momento para este compromiso no podría ser mejor. Varios acontecimientos a nivel mundial, nacional y local apuntan hacia un entorno propicio, así como una necesidad urgente de implementación:

*El cambio climático y el crecimiento económico van de la mano:* Las evidencias recientes indican que la toma de acción sobre el cambio climático y el crecimiento

económico son complementarios entre sí. A la luz de las estimaciones del Banco de México -México tendrá una tasa de crecimiento anual del PIB de entre 2.5 y 3.5 % en 2016 y 2017 (Morales 2016)-, son de particular importancia las enseñanzas alrededor del mundo sobre abordar crecimiento y clima en conjunto mediante medidas de sentido común, como la promoción de la innovación, la eliminación de subsidios ineficientes y el fomento de ciudades habitables y vibrantes (The New Climate Economy 2014).

*La reforma energética abre el camino para la energía limpia y la eficiencia energética:* La Ley de Transición Energética mexicana de 2015 representa un importante paso hacia la diversificación de la matriz energética de México y establece un objetivo de eficiencia energética. La Ley también establece una meta de participación mínima del 35 % de energía limpia en la generación de electricidad para 2024. Si bien esta meta coincide con la Ley General del Cambio Climático, también incluye metas intermedias del 25 % para 2018 y 30 % para 2021.

Además de los objetivos sobre energía limpia, la Ley de Transición Energética establece una meta económica nacional de eficiencia energética sin precedentes en el país.<sup>7</sup> Para ello, la ley establece una serie de ajustes a los instrumentos normativos relacionados con la eficiencia energética y establece nuevos procedimientos: fortalecer la Estrategia de transición energética para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios como instrumentos de orientación de la política nacional a mediano y largo plazo, preparar una hoja de ruta para la eficiencia energética, con el fin de cumplir con el objetivo, formar un Consejo asesor para la transición energética y preparar un Programa especial para la transición energética, alineado con el Programa especial para el cambio climático.

*Los costos de las tecnologías de energía renovable continúan disminuyendo:* Una transición global a la energía sin emisiones de carbono a mediados de siglo consolidará el logro de los objetivos del Acuerdo de París. Si bien el desafío de hacer esta transición no debe ser subestimado, gracias a la rápida disminución de los costos de las tecnologías de energía renovable, ésta nunca ha parecido más fácil. Dicha tendencia mundial también se está desarrollando en México. En la primera subasta de energías renovables a principios de 2016, los proveedores de energía solar superaron a los competidores y establecieron un récord de precios

bajos. Según Bloomberg, la subasta "terminó con ofertas ganadoras de compañías que prometieron producir electricidad [solar] a la tarifa más barata, de cualquier fuente, en cualquier parte del mundo" (Bloomberg 2016).

Estos progresos prometedores llegan justo a tiempo, ya que el statu quo es cada vez más reconocido como insostenible. Durante el último medio siglo, México ha aumentado su temperatura 0.85 °C en promedio y ha experimentado más eventos climáticos extremos como ciclones tropicales, inundaciones y sequías (DOF 2014). México se clasifica como uno de los países más vulnerables a los peligros naturales: por ejemplo, en 2010-11, México experimentó una de sus peores sequías en siete décadas (perdiendo más de US\$100 millones solamente en producción de frijol), así como los impactos negativos históricos causados por el huracán Alex (Borja-Vega y de la Fuente 2013). A partir de 2014, 319 municipios (13 % del total nacional) se caracterizaron como altamente vulnerables a los impactos adversos del cambio climático, incluyendo sequías, inundaciones y deslizamientos de tierra. Tal vez no sea sorprendente que, en una encuesta de opinión pública de 2015, los mexicanos clasificaron el cambio climático mundial como su principal preocupación (Carle 2015).

Asimismo, a nivel local, en la última crisis de contaminación atmosférica causada por el ozono en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, las autoridades impulsaron soluciones improvisadas – incluyendo la prohibición de la circulación de alrededor del 40 % de los vehículos en la región metropolitana en los peores días–, y aumentaron potencialmente el apoyo financiero para abordar el problema (EFE 2016). Según la organización no gubernamental CEMDA (2016), se estima que 1,823 residentes de la ciudad murieron prematuramente en 2015 debido a la contaminación del aire: el 90 % de esta contaminación proviene de vehículos. Se necesitan con urgencia soluciones más sostenibles. Muchas de las mismas intervenciones necesarias para hacer frente al cambio climático -incluida mejor planificación, gestión de la demanda de transporte y vehículos más limpios y eficientes- pueden ayudar a aliviar esta situación.

En conjunto, los desarrollos prometedores en política y tecnología, así como la urgente necesidad de actuar, crean una oportunidad de cambio sin precedentes. No es suficiente, sin embargo, sentarse y esperar que el cambio ocurra. A pesar de su prometedora historia de liderazgo,

el registro de México sobre cambio climático ha sido mixto: el país todavía no está en camino de alcanzar sus metas climáticas para 2020 (PNUMA 2015b), mucho menos las de 2030 y posteriores. México deberá definir un plan concreto para alcanzar sus metas -teniendo en cuenta los objetivos a largo plazo del Acuerdo de París- y trabajar diligentemente para integrar horizontalmente este plan en sectores como la energía, el transporte, la industria y el uso de la tierra, y verticalmente a través de jurisdicciones, trabajando en conjunto con estados y ciudades.

### El estudio en breve

Para ayudar a satisfacer esta necesidad, este estudio tiene como objetivo identificar y evaluar las opciones de políticas disponibles que México tiene para apoyar la implementación de sus metas INDC de mitigación de GEI en el contexto de la salud y el bienestar nacional, así como la seguridad energética.

Comenzamos por revisar las tendencias de las emisiones de GEI de México hacia 2030 desde una línea de base situada en 2014. Luego, construimos dos "paquetes de políticas", uno para lograr las metas no condicionadas de reducir las emisiones de GEI en un 22 % y el otro para alcanzar las metas condicionadas de reducir las emisiones de GEI en un 36 % con respecto a la línea de base del 2014 para 2030. Al construir estos paquetes de políticas, enfatizamos aquellas opciones que proporcionan las mayores oportunidades de reducción, que son costo-efectivas y que maximizan los cobeneficios para la salud humana y la seguridad energética. También dimos especial consideración a las políticas que apoyan la descarbonización de la economía a largo plazo, de acuerdo con los objetivos del Acuerdo de París. La selección de políticas se basó en una revisión de la literatura sobre el tema y en un taller de consulta a las partes interesadas, así como en el modelado que se describe en la sección 2.1.

Las partes interesadas consultadas durante el desarrollo de los paquetes de políticas incluyeron:

- **Gobierno federal:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Energía (SENER), Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE), Secretaría de Desarrollo Rural, Territorial y Urbano (SEDATU), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Comisión Nacional para

el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Centro Nacional de Control de Energía (CENACE).

- **Organizaciones no gubernamentales:** Iniciativa Climática México (ICM), Comunicación Ambiental y Educación S.C., Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP).
- **Iniciativa privada:** Comisión del Sector Privado para el Análisis del Desarrollo Sostenible (CESPEDES-CCE), Alianza para la Eficiencia Energética (ALENER).

- **Agencias y organizaciones internacionales:** Agencia Danesa de Energía, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-México (FAO-México).

Proponemos un plan de acción para que México adopte las medidas necesarias para alcanzar sus objetivos, mejorando la competitividad económica, la seguridad energética y la salud de sus ciudadanos, y situando su economía en el camino de la descarbonización a largo plazo (Recuadro 2).

## Recuadro 2 | **Hacia una estrategia de desarrollo a largo plazo de bajo nivel de emisiones para México**

En junio de 2016, México se convirtió en el primer país en desarrollo en comprometerse a preparar una "estrategia de desarrollo hacia mediados de siglo, de largo plazo, basada en bajas emisiones de gases de efecto invernadero", uniéndose a Canadá, Alemania y Estados Unidos en el compromiso de tener dicho documento a fines de 2016. Estas estrategias a largo plazo son un instrumento del Acuerdo de París que pueden ayudar a alinear los compromisos nacionales con los objetivos mundiales. En virtud del Acuerdo de París de 2015, las partes acordaron objetivos a largo plazo para mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de los 2 °C, proseguir los esfuerzos para limitar el aumento a 1.5 °C y lograr emisiones netas en ceros hacia la segunda mitad del siglo (UNFCCC 2015). Sin embargo, los compromisos nacionales actuales de las partes no son consistentes con estos objetivos –el calentamiento está en camino de alcanzar de 2.6 °C a 3.1 °C bajo los compromisos actuales (Rogelj, et al., 2016).

Afortunadamente, varios mecanismos del Acuerdo de París y sus decisiones complementarias pueden ayudar a fortalecer los compromisos nacionales futuros (Levin, et al., 2015). Entre estas, está aquella de que para el año 2020, las Partes comunicarán o actualizarán sus compromisos nacionales y los fortalecerán cada cinco años a partir de entonces. Además, para 2020, se invita a las Partes a que comuniquen sus "estrategias de desarrollo hacia mediados de siglo, de largo plazo, basada en bajas emisiones de gases de efecto invernadero" o sus "estrategias a largo plazo". Si bien el texto de París no proporciona más orientación sobre la naturaleza de estas estrategias, si se usan efectivamente, pueden ayudar a asegurar que los compromisos nacionales futuros, así como la implementación de los compromisos existentes, estén alineados con los objetivos a largo plazo del Acuerdo.

### **Por qué México necesita una estrategia a largo plazo**

Dependiendo de los caminos que los países escojan para implementar sus compromisos actuales –que se enfocan principalmente al período hacia 2030–, existe el riesgo de que de hecho dificulten la consecución de los objetivos a largo plazo del Acuerdo de París. Esto podría suceder debido al tiempo que tarda la infraestructura muy costosa, como las centrales eléctricas, las construcciones y las flotas de vehículos, en llegar al final de su vida útil y ser reemplazada. En la medida en que se alcancen las metas de mitigación mediante mejoras incrementales en la intensidad de emisiones de la infraestructura basada en combustibles fósiles, las emisiones restantes asociadas con esta infraestructura pueden quedar bloqueadas durante las próximas décadas. Reemplazar estas tecnologías con alternativas de emisiones neutras antes del final de su vida útil sería costoso, pero esperar hasta el final de su vida útil podría poner en riesgo la consecución de los objetivos de París.

Las estrategias a largo plazo, es decir, aquellas que abordan las emisiones hacia mediados de siglo y más allá, brindan una oportunidad para que los países piensen en lo que los objetivos de París significan para sus propias trayectorias de emisiones y, a su vez, qué implica esto para implementar sus metas de mitigación a corto y medio plazo. Países como México, que deciden tomar la invitación de París para desarrollar tales estrategias, pueden::

- Estar preparados para hacer compromisos más ambiciosos para 2020, de acuerdo con los objetivos de París
- Ahorrar dinero a largo plazo, evitando inversiones que sean inconsistentes con el objetivo de conseguir emisiones netas en cero.
- Fomentar la innovación enviando las señales correctas al sector privado (Morgan, et al. 2015)

## ■ Cómo México puede hacer que su estrategia a largo plazo sea consistente con los objetivos de París

Las estrategias a largo plazo deben guiarse por los objetivos a largo plazo del Acuerdo de París, incluido el de limitar el calentamiento a menos de 2 °C y proseguir con los esfuerzos para limitar el calentamiento a 1.5 °C, así como el de alcanzar emisiones netas en cero en la segunda mitad del siglo. Será importante que México reevalúe su objetivo actual de reducir las emisiones en 50 % para 2050 (basado en los niveles de 2000), a la luz de los hitos mundiales que se necesitan para alcanzar los objetivos de París. Según Levin et al. (2015), los factores importantes a considerar son:

- **Cuándo las emisiones de GEI llegarán a su punto máximo y comenzarán a declinar.** El IPCC (2014) sugiere que las emisiones en todas las regiones del mundo deben alcanzar su máximo en 2020 para tener la posibilidad de limitar el calentamiento a 2 °C de una manera rentable. Esto no sugiere, por supuesto, que todos los países tengan su máximo en ese año, algunos países ya han alcanzado su punto máximo, mientras que otros (especialmente aquellos en etapas tempranas de desarrollo) alcanzarán su pico más tarde. Alentadoramente, las INDC de México mencionan como año máximo el 2026.
- **Cuándo empezar a eliminar gradualmente las emisiones netas de GEI.** Para tener una probabilidad de limitar el calentamiento a 1.5 °C, las emisiones mundiales de dióxido de carbono deben alcanzar el nivel neto cero hacia 2045-50 y las emisiones mundiales totales de GEI hacia 2060-80 (PNUMA 2015b). Para tener una posibilidad real de limitar el calentamiento a 2 °C, los mismos hitos no deben cumplirse más de 15-20 años después. Esto no sugiere que cada país debe alcanzar el cero neto al mismo tiempo, pero implica que cada unidad emitida en cualquier lugar después de estas fechas debe ser compensada por emisiones negativas en otras partes.
- **Cómo lograr una tasa de descarbonización realista.** México debe asegurarse de que la tasa anual de disminución de las emisiones sea factible y debe evitar confiar en reducciones excesivamente pronunciadas en los últimos años, lo cual sería costoso y podría no ser tecnológico y socialmente factible.
- **Cómo limitar las emisiones acumulativas.** El aumento de temperatura está directamente relacionado con la cantidad total de emisiones en la atmósfera. Estas son las emisiones acumuladas en todos los años, en lugar de las emisiones de un solo año objetivo, como 2030. El establecimiento de hitos regulares a lo largo de la ruta de reducción de emisiones hacia las emisiones netas cero puede ayudar a asegurar que las estrategias a largo plazo consideren la necesidad de limitar las emisiones acumuladas.

### Implicaciones para las INDC de México

Muchas posibles combinaciones de políticas podrían ayudar a México a alcanzar sus metas de INDC. Algunas de estas combinaciones serán más propicias a la descarbonización a largo plazo que otras. La literatura existente destaca las estrategias claves que supondría la descarbonización en México. Estas incluyen la aceleración de la eficiencia energética, el rediseño de las ciudades, transitar hacia los modos de transporte no motorizado y transporte masivo, mejorar la electrificación de la energía y la obtención de electricidad neutra en carbono (Tovilla y Buira 2015), evitando infraestructuras como la generación de gas natural y carbón, así como los vehículos de combustibles fósiles que presentan un alto riesgo de dependencia (Erickson, et al., 2015), y mejorando la flexibilidad de la red eléctrica para dar cabida a una mayor proporción de energías renovables. Muchas de estas políticas se enfatizan en los escenarios modelados en este informe; sin embargo, nuestro análisis sólo se extiende hasta 2030 y no aborda plenamente los objetivos del Acuerdo de París. El desarrollo de un plan de implementación de INDC junto con una estrategia a largo plazo, ofrece a México la oportunidad de maximizar las sinergias entre los objetivos a corto y largo plazo y evitar costosos errores que impidan a México alcanzar sus ambiciones a largo plazo.

*Fuente:* Este recuadro fue adaptado en parte de Fransen y Levin (2016).

## 2. METODOLOGÍA

Este estudio de la política climática y energética para México se basa en el Energy Policy Simulator, un poderoso modelo computable de dinámica del sistemas que calcula los efectos de diversas políticas<sup>8</sup> sobre emisiones, métricas financieras, estructura del sistema eléctrico y otros productos.<sup>9</sup> Esta sección del informe discute el Energy Policy Simulator y cómo fue adaptado para México.<sup>10</sup>

Existe una amplia gama de opciones políticas para avanzar en la meta de mitigar las emisiones de GEI. Las políticas pueden ser específicas de un sector o tipo de tecnología (por ejemplo, los estándares de ahorro de combustible para vehículos ligeros) o de toda la economía (como un impuesto sobre el carbono). A veces se puede utilizar un enfoque basado en el mercado, un enfoque de regulación directa o una combinación de ambos para avanzar en el mismo objetivo. Utilizamos

un modelo computable para analizar los efectos de estas políticas cuantitativamente, teniendo en cuenta las interacciones entre ellas. Múltiples políticas promulgadas conjuntamente a menudo producen resultados diferentes a la suma de los efectos de las políticas promulgadas individualmente, tales como una mayor o menor reducción de emisiones.

Un modelo satisfactorio debe ser capaz de representar a toda la economía y al sistema energético con un adecuado nivel de desagregación, debe ser fácil de adaptarse para representar a México, ser capaz de representar una amplia gama de opciones políticas relevantes y ofrecer resultados que incluyan una variedad de políticas-resultados relevantes. Más detalles sobre el uso de este modelo se encuentran disponibles en el Apéndice Técnico.

## 2.1 Estructura y funcionalidad del Energy Policy Simulator

El Energy Policy Simulator evalúa los efectos de numerosas políticas energéticas y ambientales en una variedad de métricas, incluyendo las emisiones de 12 contaminantes,<sup>11</sup> cambios en los flujos de efectivo del gobierno, la industria y los consumidores, la composición de la flota de generación eléctrica, el uso de diversos combustibles y las vidas salvadas por evitar la mortalidad a causa de las partículas. El modelo está diseñado para operar a escala nacional y se centra en cinco sectores: transporte, suministro de electricidad, construcciones, industria (incluyendo petróleo y gas) y uso de la tierra. El modelo presenta los resultados a intervalos anuales con un año inicial de 2015 y un año final de 2030.

Un usuario del modelo puede especificar libremente el programa de implementación de cualquier política. En nuestros escenarios, la mayoría de los efectos de las políticas se introducen linealmente de 2017 a 2030.<sup>12</sup> Por ejemplo, si el usuario selecciona un impuesto de carbono de \$10/tCO<sub>2</sub>e, entonces en 2016, el impuesto al carbono es de \$0/tCO<sub>2</sub>e, a mitad de camino, el impuesto sobre el carbono será de \$5/tCO<sub>2</sub>e, y en 2030, el impuesto sobre el carbono será de \$10/tCO<sub>2</sub>e.

A diferencia de muchos modelos de energía y economía, el Energy Policy Simulator no construye una línea de base futura o un escenario de referencia. En cambio, utiliza un escenario de referencia (basado en los resultados de otros estudios y modelos de científicos) como insumo de datos. Así, el modelo modifica el escenario

de referencia en respuesta a los ajustes de política seleccionados por el usuario. Este enfoque nos permitió sacar provecho del trabajo<sup>13</sup> que se ha hecho en este campo, al mismo tiempo que podemos proporcionar nuevas capacidades para analizar opciones de políticas que son inmediatamente útiles para los responsables de la formulación de políticas y sugerir acciones de políticas específicas que podrían emprenderse.

## 2.2 Dinámica del sistemas

Existe una variedad de enfoques para representar la economía y el sistema energético en una simulación por computadora. El Energy Policy Simulator se basa en un marco teórico llamado "dinámica de sistemas". Como su nombre indica, este enfoque considera los procesos de uso de la energía y la economía como un sistema abierto, en constante cambio y sin equilibrio. Esto puede contrastarse con enfoques como los modelos computables de equilibrio general, que consideran la economía como un sistema de equilibrio sujeto a choques exógenos, o modelos desagregados basados en tecnologías, que se centran en los posibles aumentos de eficiencia o reducciones de emisiones que podrían lograrse mejorando cierto tipo de equipos. Para obtener más información sobre la dinámica de sistemas y sobre la estructura del Energy Policy Simulator, consulte el Apéndice Técnico.

## 2.3 Datos de insumo

El modelo tiene importantes requisitos sobre los insumos de datos, lo que requiere el uso de una variedad de fuentes de información. Se utilizaron datos de fuentes gubernamentales mexicanas siempre que estuvieran disponibles. Estos datos suelen ser específicos, como el número de kilómetros que viajan los pasajeros a través de diferentes tipos de vehículos o la cantidad de combustible utilizado por diferentes industrias. Cuando las proyecciones de años futuros no estuvieron disponibles en fuentes originales, escalamos los valores actuales basados en las proyecciones futuras de PIB, población u otros factores de escala relevantes de México.

Cuando no se dispuso de datos de fuentes del gobierno mexicano, se utilizaron estimaciones publicadas específicas para México de fuentes acreditadas, como la Agencia Internacional de Energía (IEA) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos. Cuando no se dispuso de datos específicos de México, ingresamos datos de Estados Unidos para representar

a México, ajustados por población, PIB u otros factores cuando fueran aplicables. Esto es más común para los coeficientes que relacionan ciertas políticas (menos estudiadas) o cambios de costos a sus respuestas reales, como las elasticidades de los precios de los insumos de construcción con respecto a su eficiencia energética. En el apéndice técnico figura un cuadro que indica los datos y sus fuentes para todas las variables de insumo de datos pertinentes.

## 2.4 Limitaciones del modelo

Las limitaciones del Energy Policy Simulator son las siguientes:

- El Energy Policy Simulator se basa en diversos estudios científicos y resultados de modelos para establecer los efectos de las políticas sobre las cantidades físicas y los costos. Los estudios típicamente investigaron estas relaciones bajo un conjunto particular de condiciones del mundo real. Estas condiciones no pueden reflejar todas las configuraciones posibles de política que un usuario puede seleccionar. En general, es probable que el escenario de línea de base del modelo sea el más cercano a las condiciones bajo las cuales las diferentes políticas fueron estudiadas por los creadores de los datos de insumo. Por lo tanto, es probable que la incertidumbre de los efectos de las políticas sea menor cuando los niveles de política se establecen en valores bajos. La incertidumbre aumenta cuando el paquete de políticas incluye un mayor número de políticas y la configuración de esas políticas se vuelve más extrema.
- Es difícil caracterizar la incertidumbre numéricamente. Casi todos los datos de insumo carecían de elementos numéricos de incertidumbre. Incluso si tales límites estuvieran disponibles, habría sido difícil implementarlos en el modelo para establecer límites de incertidumbre en el resultado final. Como sustituto, el Energy Policy Simulator se apoya en el análisis de sensibilidad de Monte Carlo, el cual puede resaltar la sensibilidad de los resultados del modelo a los cambios en cualquier entrada o conjunto de entradas. Un usuario que no confía en un determinado valor puede ejecutar una simulación de Monte Carlo, variando el valor dentro del rango que él o ella crea que es razonable, para obtener una distribución de probabilidad para cualquier resultado.

- Debido a los límites de los datos disponibles que representan a México y al uso necesario de los valores escalados de los Estados Unidos para ciertas variables, ciertas respuestas de política pueden ser mayores o menores en magnitud en el modelo que en la realidad. Por ejemplo, dado que el ingreso promedio de los hogares es menor en México que en los Estados Unidos, muchas elasticidades de precios podrían ser menores en los Estados Unidos que en México (es decir, los consumidores más ricos son menos sensibles a los precios), provocando que los efectos estimados de estas políticas para México sean conservadores.

## 3. TENDENCIAS Y TRAYECTORIA DE LAS EMISIONES DE MÉXICO

Las emisiones de GEI de México aumentaron continuamente entre 1990 y 2010 (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático 2012). En 2012, México fue el decimotercer emisor de GEI más alto del mundo (Gobierno de México 2015) y en 2013, el total de las emisiones de GEI fue de 665 MtCO<sub>2</sub>e (INECC/SEMARNAT 2015).

Según las proyecciones del gobierno, las emisiones de México bajo un escenario de línea de base aumentarán un 46 % en 2030, comparado con los niveles de 2013, con emisiones totales de GEI de 973 MtCO<sub>2</sub>e en 2030. Sin embargo, el gobierno mexicano ha proporcionado poca información sobre cómo construyó su escenario de línea de base. Según el gobierno, el escenario de línea de base de las INDC fue construido usando la información del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, con el 2013 como el año base (este fue el primer año después de la entrada en vigencia de la Ley General de Cambio Climático de 2012). Las emisiones se proyectaron a través de 2030 basándose en el crecimiento económico, sin considerar la mayoría de las políticas climáticas adoptadas o implementadas en 2012 o más tarde.

Para los propósitos de este estudio, construimos nuestro propio escenario de línea de base de emisiones. Éste refleja las proyecciones del gobierno mexicano, pero se basa en los datos del país de 2014 (energía, costo, factores de uso de energía y factores de emisión). Esto fue necesario porque el Energy Policy Simulator requiere datos de insumo detallados y desagregados en muchos sectores, los cuales no están disponibles en los escenarios gubernamentales publicados. Estos datos debieron ser

compilados a partir de una variedad de fuentes, ya que ninguna fuente contiene todos los datos necesarios.

Intentamos reflejar el escenario de línea de base oficial del gobierno. Sin embargo, en el escenario de línea de base del modelo, las emisiones totales son 4 % mayores que en el escenario de línea de base oficial (probablemente esto se deba a diferentes supuestos subyacentes y a que la línea de base del modelo se construyó usando datos de 2014 en lugar de 2012). Sin embargo, la distribución

de las emisiones por sector en el escenario de línea de base del modelo es similar al escenario de línea de base oficial, aunque el modelo agrupa los sectores de petróleo y gas, desechos, agricultura y ganadería bajo el agregado de "industria", lo que difiere de la definición de industria en México. La Tabla 1 presenta la comparación de las contribuciones de las emisiones del sector en 2030 entre la línea de base oficial y la línea de base del modelo.

Tabla 1 | **Comparación de las contribuciones de las emisiones del sector entre la línea de base oficial de México y el escenario línea de base del modelo Energy Policy Simulator**

SECTOR	LÍNEA DE BASE OFICIAL <sup>a</sup> (PORCENTAJE DEL TOTAL DE EMISIONES)	ESCENARIO LÍNEA DE BASE DEL MODELO ENERGY POLICY SIMULATOR (PORCENTAJE DEL TOTAL DE EMISIONES)
Construcción	3	3
Sector electricidad	21	13
Sector industrial	46	59
Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y forestal	3	3
Transporte	27	24

a. La contribución de emisiones por sector en la línea de base oficial se obtuvo de la tabla 3 en "Compromisos de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático para el Periodo 2020-2030". Las diferencias entre la línea de base oficial y la línea de base modelo se deben principalmente a la distinta categorización de los sectores. Por ejemplo, los desechos, la agricultura, el petróleo y el gas se clasifican dentro de "industria" en el modelo, en contraste con las definiciones sectoriales del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

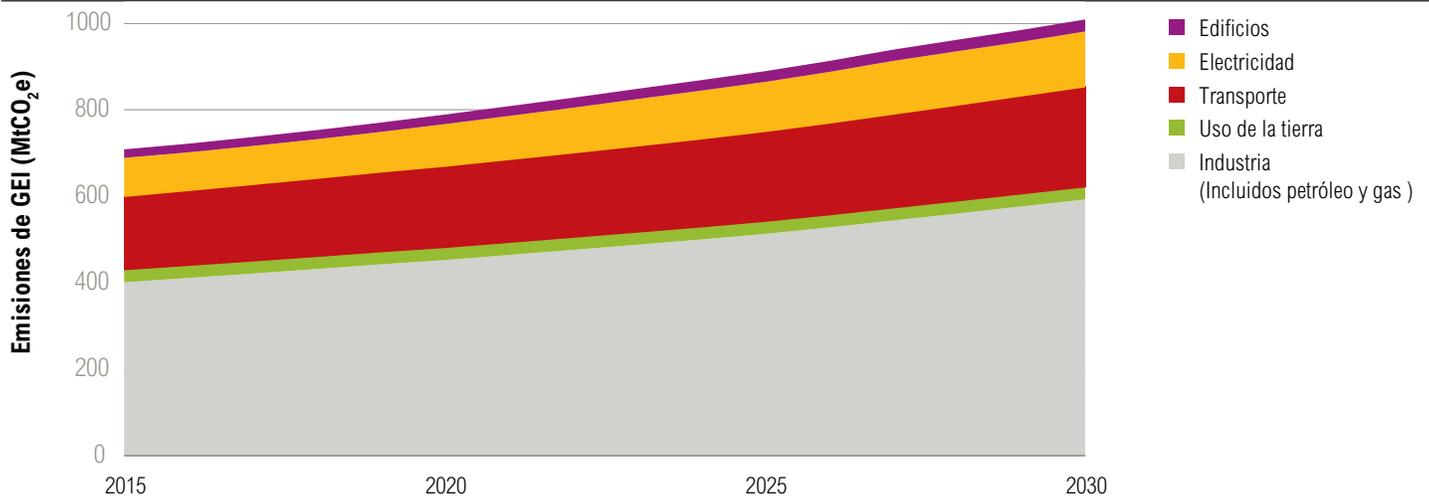
El escenario de línea de base (2015-30) desarrollado en este estudio se presenta en la Figura 1. En 2015, las emisiones de GEI de México se estimaron en 709 MtCO<sub>2</sub>e y, en 2030, se espera que estas emisiones aumenten a 1,009 MtCO<sub>2</sub>e. En 2015, el sector industrial (incluyendo petróleo y gas) representó la mayor proporción de las emisiones en México, comprendiendo el 57 % del inventario total de GEI. Le siguen el sector del transporte (24 %), el sector de la electricidad (13 %),<sup>14</sup> el uso de la tierra (4 %) y la construcción (3 %). La distribución de emisiones por sector es similar a las proyecciones del gobierno mexicano, considerando que en nuestro modelo el sector industrial abarca un conjunto más amplio de actividades que la definición tradicional del sector de la industria -esta definición incluye actividades como agroindustria, minería, petróleo, gas y gestión de residuos.

En 2030, el sector industrial (incluyendo petróleo y gas) sigue siendo el mayor contribuyente al perfil de emisiones

de GEI de México, representando el 59 % del total de las emisiones. Le siguen el sector del transporte (23%), el sector de la electricidad (13%), el uso de la tierra (3%) y la construcción (3%).

Este escenario de línea de base del Energy Policy Simulator se basa en las políticas climáticas y energéticas promulgadas en México a partir de 2014. El gobierno mexicano ha implementado varias políticas nuevas en los últimos dos años que impactarán las emisiones de GEI (Recuadro 3), pero estas políticas no están modeladas en una "línea de base revisada", principalmente porque el gobierno todavía tiene que anunciar los detalles para muchas de ellas. Por ejemplo, la Ley de Transición Energética promulgada en diciembre de 2015 obliga a tener un objetivo de eficiencia energética, pero este objetivo aún no se ha establecido.

Figura 1 | Escenario de emisiones de línea de base de México por sector (Modelo Energy Policy Simulator)



### Recuadro 3 | Políticas recientemente implementadas en México

#### Transporte:

- Según el Programa Federal de Apoyo al Transporte Masivo, en enero de 2016 había 21 nuevos proyectos de bus rapid transit (BRT, que son aquellos con las características del Metrobús) en dos fases: 13 proyectos se estaban preparando y 8 estaban siendo evaluados para su autorización.
- El Congreso de México está trabajando en una nueva Ley de Movilidad Sustentable para facilitar la compra de vehículos eléctricos con mayores incentivos federales y estatales, tales como recortes de impuestos y exenciones de peaje y estacionamiento.
- Para mejorar la calidad del aire en la megalópolis de la Ciudad de México, el gobierno federal promulgó una norma oficial de emergencia (NOM-EM-167-SEMARNAT-2016) para los estados de México, Hidalgo, Morelos, Puebla, Tlaxcala y la Ciudad de México. Esta norma de emergencia, que entró en vigor en 2016, tiene por objeto la verificación obligatoria de la flota vehicular privada y pública y la medición de emisiones a través del Diagnóstico a bordo.
- La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) anunció 168 políticas e inversiones por 11 mil millones de pesos (US\$585 millones) para renovar la flota de transporte público, mejorar los sistemas de movilidad urbana y regular las fuentes de emisiones en la industria y en la construcción.
- Se ha anunciado la Estrategia Nacional para la Movilidad Urbana Sustentable, pero no hay mecanismos claros para su implementación, un plan de acción, metas o indicadores.
- Se ha emitido un memorándum de entendimiento entre los Países Bajos y México para la cooperación en materia de movilidad urbana sostenible.

#### Edificios:

- El Proyecto de Eficiencia Energética y Sustentabilidad en Municipios está entrando en su segunda fase, donde será implementado en cuatro ciudades piloto con una inversión total de US\$156 millones del Gobierno de México y el Banco Mundial. La primera fase consistió en diagnósticos energéticos en 32 municipios utilizando la metodología de Evaluación Rápida de la Energía de la Ciudad (TRACE).
- La Norma (NOM-026-ENER-2015) "Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido" ha sido promulgada.
- La Secretaría de Energía está desarrollando el Programa de Reemplazo de Bombillas Incandescentes para edificios residenciales, más conocido como "Ahórrate una luz", después del Programa de Luz Sustentable iniciado por el anterior gobierno federal. Este programa busca reemplazar 32 millones de bombillas incandescentes con bombillas eficientes en localidades de bajos ingresos con menos de 100, 000 habitantes. Alrededor de 3.5 millones de bombillas debieron ser entregadas en agosto de 2015 en Oaxaca, Veracruz y Chiapas.
- Tras la reforma energética de 2013, la Secretaría de Energía lanzó las Subastas de Energía Limpia en abril de 2015. El resultado de la primera subasta fue la asignación de 1860 MW de capacidad por US\$50.7 millones y 4 millones de Certificados de Energía Limpia a 11 proyectos de 7 desarrolladores. El setenta y cuatro % de estos certificados fueron otorgados a proyectos fotovoltaicos, equivalentes a 3.98 millones de megavatios-hora de energía en siete estados. Se programó una segunda subasta para septiembre de 2016.

#### Electricidad:

- La Ley de Transición Energética (promulgada el 24 de diciembre de 2015) tiene como objetivo regular el uso sustentable de la energía y reducir las emisiones en el sector eléctrico. Reitera los objetivos de la Ley de Cambio Climático: generar el 25 % de la energía de fuentes de energía limpia para 2018; 30 % para 2021 y 35 % para 2024. La ley también establece un objetivo de eficiencia energética, que se publicará en el "Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía".
- La Prospectiva del sector eléctrico para 2015-2029 fue emitida en diciembre de 2015 como instrumento de planificación para el sector eléctrico.
- El Programa de Desarrollo del Sistema Nacional de Electricidad 2016-2030 fue emitido el 30 de mayo de 2016 como un documento de planificación del sistema eléctrico nacional con información sobre la capacidad de nuevos sistemas, la capacidad de retiro, generación por tecnología y programas de transmisión y distribución.
- La Estrategia Nacional de Transición Energética y Aprovechamiento Sustentable de la Energía fue emitida el 13 de marzo de 2015 para promover políticas públicas, programas, acciones y proyectos para incrementar el uso de fuentes renovables y tecnologías y aumentar la eficiencia energética y la diversificación de la combinación energética. El documento tiene objetivos estratégicos y líneas de acción, pero no tiene metas de reducción de emisiones ni de energía.

- Para acelerar la generación eléctrica de energía limpia, se emitió un Aviso de Certificado de Energías Limpias (CER) el 31 de marzo de 2015. Los certificados fueron creados en 2013 con la Reforma Energética, y fueron incorporados a la Ley de la Industria Eléctrica el 11 de agosto de 2014. Son aplicables únicamente a las nuevas capacidades y se emite un certificado por cada MWh.

Industria:

- El Plan de Trabajo Anual 2016 emitido el 27 de julio de 2016 presenta acciones y guías para pequeñas y medianas empresas para identificar áreas de oportunidad para el ahorro potencial de energía y costos.
- El Plan Quinquenal de Expansión del Sistema Nacional de Transporte y Almacenamiento Nacional de Gas Natural 2015-2019, del 18 de diciembre de 2015, presenta proyectos para la expansión del gas natural en la red nacional. Incluye 13 proyectos con información sobre la duración, la inversión y las fechas de licitación y operación.
- El Plan Quinquenal de Licitación para Exploración y Extracción de Hidrocarburos 2015-2019, expedido el 10 de julio de 2015, presenta las áreas de exploración para la extracción de hidrocarburos e incluye los resultados de las licitaciones en este sector.

Intersectorial:

- El Programa Piloto de Comercio de Emisiones fue lanzado el 15 de agosto de 2016. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Bolsa Mexicana de Valores y MÉXICO2 (la plataforma de carbón voluntaria en el mercado accionario mexicano) firmaron un acuerdo de cooperación para implementar un sistema voluntario de comercio de emisiones de GEI. Se espera que participen 60 emisores importantes de los sectores de generación, manufactura y transporte de energía. México tiene la intención de implementar un mercado nacional de carbono para 2018, según la Ley de Cambio Climático.

## 4. CONFIGURACIÓN DEL ESCENARIO

Como se señaló en la Introducción, México incluyó dos metas de reducción de emisiones en sus INDC (Gobierno de México 2015):

- **Meta no condicionada de reducción de emisiones**, en la que México se comprometió a reducir el 25% de sus emisiones de gases de efecto invernadero y emisiones contaminantes climáticas de corta duración por debajo de la línea de base en 2030. Esta meta no condicionada implica una reducción de GEI del 22% y una reducción de carbono negro de 51 % para 2030.
- **Meta condicionada de reducción de emisiones**, en la que México se comprometió a reducir el 40 % de sus GEI y emisiones contaminantes climáticas de corta duración por debajo de la línea de base para 2030, condicionada a un acuerdo global que aborde, entre otras cosas, la cooperación técnica, el acceso a recursos financieros de bajo costo y la transferencia de tecnología (todo a una escala acorde con el desafío del cambio climático mundial). Esta meta condicionada implica una reducción de GEI de 36% y una reducción de carbono negro de 70% para 2030.

Si bien las políticas identificadas en el Recuadro 3 tienen el potencial de reducir las emisiones de GEI de México en relación con el escenario de línea de base, es probable que

se necesite una amplia gama de reformas, particularmente si México se posiciona para lograr reducciones profundas a largo plazo en línea con El Acuerdo de París. En este capítulo, nos centraremos en los factores considerados en la selección de las políticas climáticas y energéticas apropiadas para incluir en dicho paquete de políticas. En adelante, un conjunto indicativo de políticas que pueden alcanzar la meta no condicionada de reducción de emisiones de GEI de México se denominará paquete de políticas de escenario no condicionado y un conjunto indicativo de políticas que puede alcanzar la meta condicionada de reducción de emisiones de GEI será denominado paquete de políticas de escenario condicionado.

### 4.1 Enfoque para la selección de políticas que se incluirán en los paquetes de políticas de los escenarios no condicionado y condicionado de México

Como se analizó en el Capítulo 2, el modelo de Energy Policy Simulator proporciona la funcionalidad para ajustar las configuraciones de 56 políticas diferentes que afectan el uso de la energía y las emisiones en diversos sectores de la economía (como un impuesto sobre el carbono, de la industria, y la aceleración de la investigación y el desarrollo para avanzar en varias tecnologías).

Sin embargo, la implementación de las 56 políticas puede no ser factible o apropiada en el contexto del ambiente sociológico y político de México.<sup>15</sup> Por lo tanto, se adaptó un proceso de revisión de políticas en cuatro etapas a partir del método cualitativo de evaluación de cobeneficios propuesto por Dubash et al (2013).

### **Paso 1: Evaluar cada política en términos de potencial de reducción de GEI.**

La trayectoria de emisiones de los escenarios de línea de base de México (véase el Capítulo 3) hizo que el país necesitara ir más allá de las medidas tomadas hasta la fecha para alcanzar sus metas de reducción de emisiones de 2030. Las políticas que pueden lograr reducciones significativas de GEI serán clave para alcanzar las metas no condicionadas y condicionadas de reducción de GEI en las INDC de México. Con esto en mente, las 56 políticas potenciales se clasificaron cualitativamente en términos de potencial de reducción de GEI basado en las circunstancias nacionales de México. Cada política se probó en el simulador de políticas energéticas en una gama de valores dentro de los límites técnicamente factibles para ver los efectos sobre las emisiones globales de CO<sub>2</sub>e. De esta manera, se asignó a las políticas un grado de letra (A, B, C, D o F) utilizando las siguientes definiciones:

- A: Gran potencial general de reducción. El ajuste de la política a través de rangos realistas mueve fácilmente la curva nacional de emisiones totales de CO<sub>2</sub>e.
- B: Potencial general de reducción moderado. El movimiento en la curva nacional de CO<sub>2</sub>e total es pequeño pero observable. A menudo se da esta letra a las políticas que son fuertes en un sector particular, pero ese sector es demasiado pequeño para hacer la política fuerte desde la perspectiva de las emisiones totales nacionales.
- C: Potencial de reducción pequeño. Apenas mueve la curva nacional de reducción total, si es que lo hace. Movimiento pequeño incluso en gráficos sectoriales de emisiones.
- D: Cero o mínimo potencial de reducción.
- E: La política aumenta las emisiones de CO<sub>2</sub>e.

El objetivo de este ejercicio de calificación es proporcionar un sentido general o intuitivo de cuáles son las políticas eficaces para lograr objetivos particulares, no comunicar resultados cuantitativos.

Las políticas que clasificaron A, B o C en términos de potencial de reducción de GEI pasaron a la siguiente etapa de revisión. Las políticas de clasificación D o E fueron consideradas inadecuadas para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones de GEI de México, y se excluyeron de un análisis posterior. Esto no significa que tales políticas no deban implementarse por otras razones, sólo que es poco probable que logren avances significativos hacia los objetivos de las INDC.

Las INDC de México también incluyen una meta a largo plazo respecto al cambio climático, que es reducir las emisiones del país en un 50 % para 2050, en relación con las emisiones de 2000. Este objetivo también está contenido en la Ley General de Cambio Climático del país de 2012. Más recientemente, en junio de 2016, México se comprometió a desarrollar estrategias de desarrollo de largo plazo hacia mediados de siglo, de bajas emisiones de GEI para fines de 2016 (White House: Office of the Press Secretary, 2016). Por lo tanto, las políticas climáticas y energéticas que podrían no resultar en reducciones significativas de las emisiones a corto plazo en México (debido a viabilidad política o restricciones tecnológicas), pero que muestran un prometedor potencial de reducción a largo plazo, también pasaron a la siguiente etapa de revisión. Estas políticas -por ejemplo, el cambio de vehículos de pasajeros no eléctricos a vehículos de pasajeros eléctricos- son compatibles con la descarbonización a largo plazo.<sup>16</sup>

### **Paso 2: Evaluar cada política en términos de rentabilidad.**

La respuesta de México al cambio climático está impulsada por la Ley General de Cambio Climático de 2012, que establece una clara obligación de dar prioridad a las acciones de mitigación menos costosas. Por lo tanto, para asegurar que los paquetes de políticas propuestas están en consonancia con esta obligación, las políticas que obtuvieron A, B o C en términos de potencial de reducción de GEI en el Paso 1 fueron evaluadas en términos de costo-efectividad. (A, B, C o D). Se aplicaron las siguientes definiciones:

- A: Los ahorros financieros de la política son mayores que sus costos.
- B: Los ahorros financieros de la política son más pequeños que los costos, pero los costos netos son mucho más bajos que los beneficios sociales monetizados por el daño evitado al clima y a la salud

humana. Los daños climáticos evitados se basan en la reducción de CO<sub>2</sub>e y en el costo social (estimado por Estados Unidos) del carbono. Los daños a la salud humana se basan en la reducción de la mortalidad por partículas y el "valor de una vida estadística".

- C: Los costos netos son similares en magnitud a los beneficios sociales monetizados.
- D: Los costos netos son significativamente más altos que los beneficios sociales monetizados.

Las políticas que tuvieron una calificación de costo-efectividad C o superior pasaron a la tercera (y última) etapa del examen de políticas. Las políticas que recibieron una D en términos de costo-efectividad fueron excluidas del análisis adicional, debido a la baja probabilidad de su implementación.<sup>17</sup>

### **Paso 3: Monitorear cada política por cobeneficios.**

La Ley General de Cambio Climático de México de 2012 también enfatiza la importancia de seleccionar acciones de mitigación que generen cobeneficios y que apoyen la mejora de la salud. En concreto, dispone que la Estrategia Nacional de México "reflejará los objetivos de las políticas de mitigación y adaptación al cambio climático establecidas por esta Ley e incluirá, entre otros elementos... una evaluación de las emisiones del país y de las acciones que prioricen aquellos sectores con mayor potencial de reducción y que a la vez ofrezcan altos beneficios sociales y económicos". El gobierno mexicano cita el bienestar del pueblo mexicano como el principal impulsor para incluir los contaminantes climáticos de corta duración en la Estrategia Nacional de Cambio Climático de 2013, el Programa Especial para el Cambio Climático 2014-2018 y sus INDC. Por ello, es importante examinar los cobeneficios de las políticas que pasaron con éxito los pasos 1 y 2 de la evaluación.

Los cobeneficios evaluados incluyen seguridad energética y mejora de la salud. La seguridad energética se evaluó debido a la importancia de mantener los altos niveles de seguridad energética de México, al tiempo que se desarrolla una respuesta adecuada para abordar el cambio climático. La salud se evaluó debido a los vínculos intrínsecos entre el clima, la calidad del aire y los problemas de salud en México. Hay que tener en cuenta que no se trata de una revisión exhaustiva de todos los cobeneficios, sino de aquellos que se destacaron como importantes en este contexto y que pueden ser

cuantificados por el modelo Energy Policy Simulator. Utilizando un sistema similar de calificación de letras como en los pasos 1 y 2, donde A representa el cobeneficio más positivo y D representa el cobeneficio menos positivo, las políticas se evaluaron en términos de los beneficios que pueden ofrecer. Se encontró que todas las políticas que habían pasado con éxito por los pasos 1 y 2 tuvieron impactos positivos (o no menos que neutros) sobre la seguridad energética y la salud humana. Por lo tanto, estas políticas se consideraron adecuadas para ser incluidas en un paquete de políticas que busca alcanzar las metas no condicionadas y condicionadas de reducción de GEI de México. Las políticas con los beneficios más amplios se ubicaron principalmente en los sectores de transporte y energía: *feebates* para vehículos ligeros, estándares de economía de combustible, electrificación de vehículos, estándares de cartera renovable y subsidios para la producción de electricidad renovable.

### **Paso 4: Desarrollar una lista de políticas a ser incluidas en un paquete de políticas para alcanzar las metas no condicionadas y condicionadas de reducción de GEI de México.**

Con base en el proceso de selección de políticas paso a paso, se desarrolló un paquete de políticas. Posteriormente, se verificó la viabilidad política y técnica de estas políticas durante un proceso de consulta nacional con funcionarios gubernamentales y expertos nacionales. Esta consulta tuvo lugar en junio de 2016 e incluyó a representantes de los sectores privado, público y social, así como funcionarios del gobierno federal, miembros de organizaciones no gubernamentales, representantes del sector privado y consultores independientes. Las 21 políticas que muestran un potencial de reducción significativo, que son costo-efectivas, que aportan suficientes cobeneficios (las políticas que puntúan particularmente bien en la reducción de GEI también obtuvieron muy buenos resultados en al menos dos indicadores de cobeneficios) en México y que se consideran técnicamente y políticamente viables se presentan en la Tabla 2. Consulte el Apéndice Técnico para conocer las calificaciones obtenidas por cada política.

Tabla 2 | **Políticas que muestran un significativo potencial de reducción, que son relativamente costo-efectivas y pueden aportar cobeneficios en México**

SECTOR	POLÍTICAS INCLUIDAS EN LOS PAQUETES DE POLÍTICAS CONDICIONADAS Y NO CONDICIONADAS
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gestión de la demanda de transporte</li> <li>▪ Feebates en vehículos ligeros</li> <li>▪ Estándares de eficiencia energética para vehículos ligeros y vehículos pesados</li> <li>▪ Electrificación de vehículos</li> </ul>
Edificios	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fomento de energía solar distribuida</li> <li>▪ Estándares de eficiencia energética</li> </ul>
Electricidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demanda respuesta</li> <li>▪ Aumento de la capacidad de transmisión</li> <li>▪ Evitar pérdidas en transmisiones y distribuciones</li> </ul>
Industria (incluidos petróleo y gas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Captura de metano</li> <li>▪ Reducción de la ventilación de gases potenciales de alto calentamiento global</li> <li>▪ Estándares de eficiencia energética en la industria</li> <li>▪ Sustitución de clinker de cemento</li> <li>▪ Recuperación y cogeneración de calor residual</li> <li>▪ Cambio de combustibles industriales</li> <li>▪ Retiro temprano de instalaciones industriales ineficientes</li> </ul>
Uso de la tierra y Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Deforestación evitada</li> <li>▪ Aforestación y reforestación</li> <li>▪ Medidas de control de ganado</li> </ul>
Intermodal	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Impuesto sobre el carbono</li> <li>▪ Eliminar los subsidios a los combustibles derivados del petróleo</li> </ul>

---

Las 21 políticas de la Tabla 2 forman el núcleo de los paquetes de políticas de escenarios no condicionados y condicionados de México. La diferencia entre los dos paquetes de políticas no son las políticas (excepto las dos políticas utilizadas sólo en el paquete condicionado: medidas de feebate y de ganado), sino los ajustes (o nivel de reducción) aplicados a cada política. Esto se discute más adelante en la sección 4.2.

## 4.2 Selección de los niveles de política para alcanzar las metas no condicionadas y condicionadas de reducción de GEI de México

El siguiente paso fue seleccionar el nivel de reducción que puede lograrse con cada política (véase la Tabla 2) desde el punto de vista de la viabilidad técnica, a la que se hace referencia aquí como "niveles de políticas". Para cada política se requieren dos ajustes: (1) un marco de política para alcanzar la meta no condicionada de reducción de GEI de México y (2) un marco de políticas (más ambicioso) para alcanzar la meta condicionada de reducción de GEI de México. La elección de los niveles de políticas depende de las leyes y reglamentos existentes y propuestos, los anuncios bilaterales, los objetivos nacionales y la viabilidad técnica así como política.

Se requiere un proceso iterativo que involucre (1) la elección de los niveles iniciales de las políticas para alcanzar las metas no condicionadas y condicionadas de reducción de GEI de México con base en los factores mencionados anteriormente; (2) introducir estos niveles en el modelo y ejecutarlo; (3) verificar qué tan cerca está el paquete inicial de políticas de alcanzar las metas declaradas de México; Y (4) ajustar los niveles de política para alcanzar las metas de México, basados en lo que es factible en el contexto de las circunstancias nacionales.

La configuración de políticas seleccionada para alcanzar la meta no condicionada y condicionada de reducción de GEI de México -como resultado de este proceso iterativo- se presentan en el Apéndice Técnico, junto con la justificación para la elección de estos niveles de política. En la Tabla 3 se presenta un resumen de estos niveles de política.

Las combinaciones de políticas y niveles representados por los paquetes de política condicionada y no condicionada no son las únicas combinaciones capaces de alcanzar las metas de mitigación de INDC; sino que son conjuntos indicativos de políticas seleccionadas sobre la base de los criterios y el proceso esbozados anteriormente para ilustrar opciones fuertes de cómo México puede lograr sus metas de una manera rentable y factible junto con otros cobeneficios.

Tabla 3 | Resumen de niveles de política utilizados para alcanzar las metas de GEI de línea de base, no condicionada y condicionada, 2017–30

SECTOR	POLÍTICA	NIVEL DE POLÍTICA DE LÍNEA DE BASE	NIVEL DE POLÍTICA CONDICIONADA	NIVEL DE POLÍTICA CONDICIONADA
Intersectorial	Impuesto al carbono	\$0/tCO <sub>2</sub> e	\$15/tCO <sub>2</sub> e	\$55/tCO <sub>2</sub> e
Intersectorial	Reducir subsidios al petróleo	El subsidio promedio por unidad de petróleo (\$/BTU) es 3.15E-06	Se eliminan todos los subsidios al petróleo	Se eliminan todos los subsidios al petróleo
Transporte	Estándares de economía de combustible para vehículos de trabajo ligero (LDV, por sus siglas en inglés)	14.9 km por litro	40 % de mejora por encima de la línea de base	87 % de mejora por encima de la línea de base
Transporte	Estándares de economía de combustible para vehículos de trabajo pesado (HDV, por sus siglas en inglés)	Aun no se ha establecido una norma. La línea de base es el promedio real calculado de la economía de combustible de los HDV de México (51.02 - 56.43 tonelada de carga-km/l)	20 % de mejora por encima de la línea de base	45 % de mejora por encima de la línea de base
Transporte	Electrificación en LDV de pasajeros	<1 % de LDV electrificados para pasajeros	2 % de LDV electrificados para pasajeros	5 % de LDV electrificados para pasajeros
Transporte	Electrificación en HDV de pasajeros	<1 % de HDV electrificados para pasajeros	2 % de HDV electrificados para pasajeros	5 % de HDV electrificados para pasajeros
Transporte	Medidas de gestión de la demanda de transporte	No se establecen medidas adicionales para la demanda de transporte por encima de los esfuerzos establecidos en 2014	4 % de reducción en km-pasajero viajados en los LDV, 9.3 % de incremento en los HDV, 4.5 % de reducción en aeronaves, 16 % de incremento en ferrocarril, 7.5 % de reducción en motocicletas (sin efectos en transporte de carga)	8 % de reducción en km-pasajero viajados en los LDV, 18.6 % de incremento en los HDV, 9 % de reducción en aeronaves, 32 % de incremento en ferrocarril, 15 % de reducción en motocicletas (sin efectos en transporte de carga)
Transporte	Feebate para LDV para pasajeros	Ninguno	Ninguno	\$210/0.01 litros por km
Electricidad	Crecimiento de transmisión	16,655,698 kilovoltio kilómetro (kV-km) de incremento por encima de los niveles de 2014	30 % por encima de la línea de base	60 % por encima de la línea de base
Electricidad	Reduce pérdidas en transmisión y distribución	13.9 % de reducción con relación a los niveles de 2014	22 % de reducción con relación a la línea de base	43 % de reducción con relación a la línea de base
Electricidad	Demanda respuesta	Capacidad de 4,248 MW está en la red para 2030 para mejorar la flexibilidad	12,340 MW de capacidad está en la red	12,340 MW de capacidad está en la red
Electricidad/edificios	Fomento de energía solar distribuida	<1 % de la electricidad total generada por energía solar distribuida (en edificios residenciales y comerciales)	1 % de la electricidad total generada por energía solar distribuida	2 % de la electricidad total generada por energía solar distribuida
Edificios	Normas para equipo de enfriamiento	Con base en las estimaciones de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) sobre las reducciones en el uso de energía derivado de los niveles establecidos	30 % de reducción en el uso de energía con relación a la línea de base	50 % de reducción en el uso de energía con relación a la línea de base

Edificios	Normas para el recubrimiento de edificios	Con base en los estimados de la CONUEE sobre las reducciones en el uso de energía derivadas de los niveles establecidos por los reglamentos existentes en 2014	20 % de reducción en fugas con relación a la línea de base	40 % de reducción en fugas con relación a la línea de base
Edificios	Normas de iluminación	Con base en los estimados de la CONUEE sobre las reducciones en el uso de energía derivadas de los niveles establecidos por los reglamentos existentes en 2014	10 % de reducción en el uso de energía con relación a la línea de base	20 % de reducción en el uso de energía con relación a la línea de base
Industria	Sustitución de clinker de cemento	Sin cambio en el porcentaje clinker de los niveles de 2014	15 % de reducción de los niveles de 2014	15 % de reducción de los niveles de 2014
Industria	Reducción de las emisiones de gas fluorados (F-gas)	Las emisiones de F-gas son 37.7 MtCO <sub>2</sub> e en 2030	50 % de reducción con relación a la línea de base	98 % de reducción con relación a la línea de base
Industria	Conversión de equipo de gas natural a eléctrico	No se convierte equipo adicional de gas natural a electricidad	Se reemplaza por electricidad 2 % del gas natural utilizado en la industria	Se reemplaza por electricidad 5 % del gas natural utilizado en la industria
Industria	Retiro temprano de instalaciones	Se utilizan las instalaciones industriales por la duración de su vida útil esperada	El retiro temprano afecta al 6.3 % de las instalaciones de cemento, al 4.5 % de las instalaciones de gas natural y petróleo, al 8.5 % de las instalaciones de hierro y acero, al 2.0 % de las instalaciones químicas y al 1.6 % de otras instalaciones industriales	El retiro temprano afecta al 6.3 % de las instalaciones de cemento, al 4.5 % de las instalaciones de gas natural y petróleo, al 8.5 % de las instalaciones de hierro y acero, al 2.0 % de las instalaciones químicas y al 1.6 % de otras instalaciones industriales
Industria	Captura de metano	Las fugas y venteos de metano por parte de la industria es 9.4 MtCO <sub>2</sub> e en 2030	16 % de reducción con relación a la línea de base	36 % de reducción con relación a la línea de base
Industria	Cogeneración y recuperación de calor de desecho	No hay incremento en la tasa de uso de cogeneración y recuperación de calor de desecho en las instalaciones industriales	Se aprovechan todas las oportunidades identificadas, lo que resulta en una reducción de 3.9 % en el uso de combustible para industrias no agrícolas	Se aprovechan todas las oportunidades identificadas, lo que resulta en una reducción de 3.9 % en el uso de combustible para industrias no agrícolas
Industria	Estándares de eficiencia de equipos	8 % de mejora con relación a los niveles de 2014	30 % de mejora con relación a la línea de base	30 % de mejora con relación a la línea de base
Uso de la tierra	Evitar la deforestación <sup>a</sup>	No se implementan medidas adicionales para evitar la deforestación, además de las ya establecidas en 2014	Las emisiones de CO <sub>2</sub> del Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (LULUCF por sus siglas en inglés) se ven reducidas en un 16 % con relación a la línea de base	Las emisiones de CO <sub>2</sub> del LULUCF se ven reducidas en un 43 % con relación a la línea de base
Uso de la tierra	Aforestación/reforestación <sup>a</sup>	No se implementan medidas adicionales de aforestación/reforestación además de las ya establecidas en 2014	Las emisiones de CO <sub>2</sub> del LULUCF se ven reducidas en un 21 % con relación a la línea de base	Las emisiones de CO <sub>2</sub> del LULUCF se ven reducidas en un 58 % con relación a la línea de base
Agricultura	Medidas de ganadería	Ninguno	Ninguno	Se reducen las emisiones de GEI en 3.5 MtCO <sub>2</sub> e/año (2.3 % de las emisiones del sector agrícola)

Nota: Los valores dados para las metas no condicionada y condicionada son para 2030; las políticas se van estableciendo linealmente desde el nivel de la línea de base empezando en 2017.  
a. El efecto combinado de las dos políticas del Uso de la tierra en el Escenario Condicionado logra la meta de México de cero emisiones antropogénicas netas de CO<sub>2</sub> de bosques, que está alineado con la consolidación actual de las estrategias de reducción de emisiones por deforestación y degradación (REDD++).

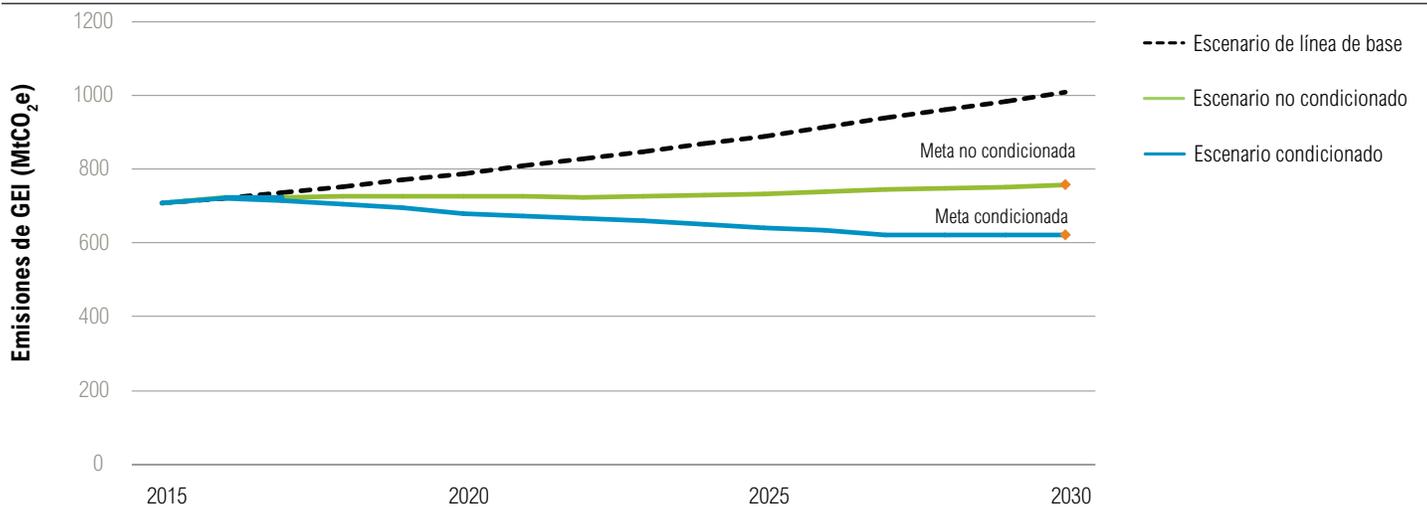
## 5. HALLAZGOS

### 5.1 Trayectoria de emisiones

Las trayectorias de emisiones requeridas para cumplir con la meta no condicionada y condicionada de reducción de GEI de México se presentan en la Figura 2 junto con la trayectoria de emisiones de México bajo un escenario de línea de base. En el escenario de línea de base, las emisiones totales de México (incluyendo el carbono negro) son de 1,009 MtCO<sub>2</sub>e para 2030. Para cumplir con la meta no condicionada y condicionada de reducción de GEI del país, en 2030 se requieren

niveles de emisión de 758 MtCO<sub>2</sub>e y 623 MtCO<sub>2</sub>e respectivamente. Tanto en el escenario de políticas condicionadas como en el escenario de políticas no condicionadas, alrededor del 50 % de las reducciones de emisiones se logra mediante tres políticas: (1) mejorar las normas de eficiencia industrial; ((2) implementar un impuesto sobre el carbono; y (3) mejorar la captura de metano. Esto da una indicación del tipo de políticas en las cuales México necesita enfocarse; el gobierno debe mejorar las medidas de reducción de GEI en la industria (incluyendo el sector de petróleo y gas) e implementar políticas que aumenten la eficiencia de la economía.

Figura 2 | **La trayectoria de emisiones de México bajo el escenario de línea de base, junto con las trayectorias de emisiones necesarias para cumplir con las metas de reducción no condicionada y condicionada de los GEI**



## 5.2. Contribuciones de las políticas para cumplir con la meta no condicionada y condicionada de reducción de GEI de México

Las contribuciones de las políticas a la reducción de las emisiones de GEI en los paquetes de política condicionada y no condicionada se muestran en las Figuras 3 y 4.

En el Paquete de políticas no condicionadas, la política de normas de eficiencia industrial representa el mayor nivel de reducción de GEI en 2030 (contribuyendo al 24% de las reducciones de emisiones requeridas para cumplir la meta no condicionada de reducción de GEI). Le sigue la política de captura de metano (que contribuye al 15% de las reducciones de emisiones) y el impuesto sobre el carbono (contribuyendo al 12% de las reducciones de emisiones a un nivel de 15\$/tCO<sub>2</sub>e).

En el paquete de políticas condicionadas, las mismas tres políticas ofrecen los niveles más altos de reducción

de GEI, sólo que con diferentes niveles de magnitud. El impuesto al carbono se muestra como la política más fuerte (contribuyendo a un nivel de \$55/tCO<sub>2</sub>e<sup>18</sup> con el 19% de la reducción de emisiones requerida para alcanzar la meta condicionada de reducción de GEI), seguida por la captura de metano (18%) y normas de eficiencia industrial (15%).

Estos resultados destacan la importancia de tomar medidas firmes para abordar las emisiones de GEI en las actividades industriales de México y la necesidad de una nueva legislación sobre el impuesto al carbono. Monetizar el carbono para reflejar sus verdaderos costos externos para la sociedad es una forma económicamente eficiente de impulsar las reducciones de emisiones y proporcionar incentivos para implementar las oportunidades de reducción más baratas (Energy Innovation 2015, Kennedy, Obeiter and Kaufman 2015).

Figura 3 | Contribuciones de políticas para alcanzar la meta no condicionada de reducción de emisiones de México

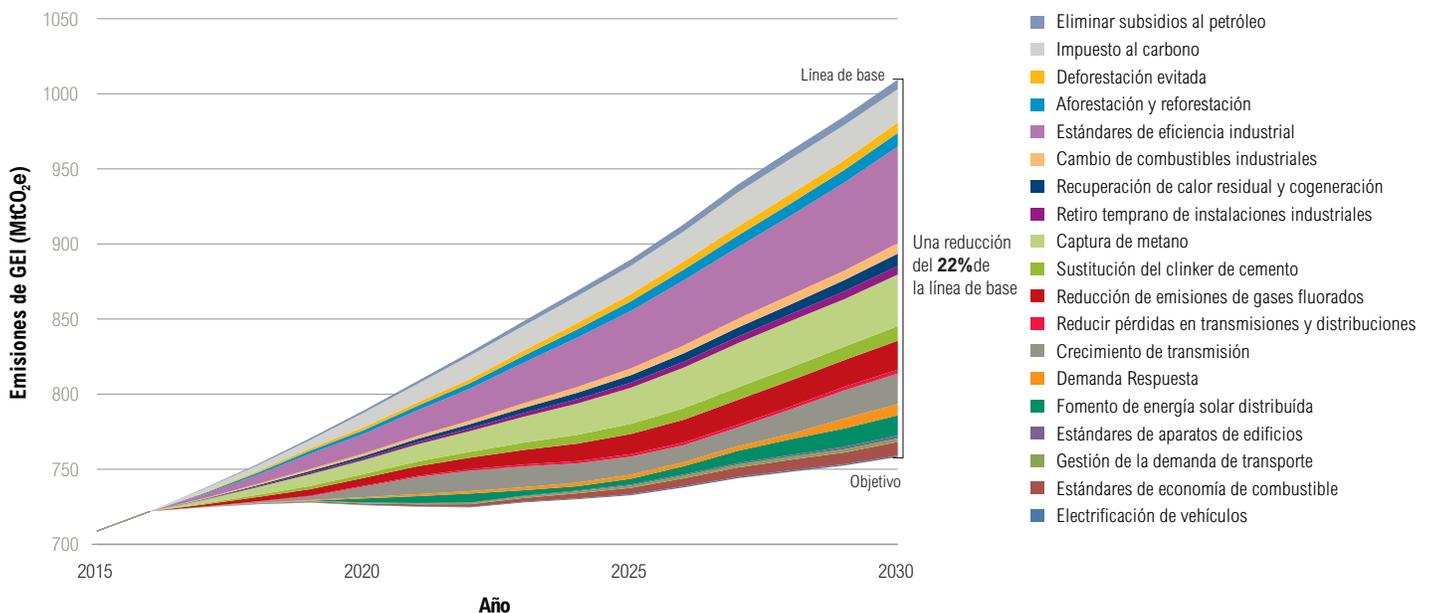
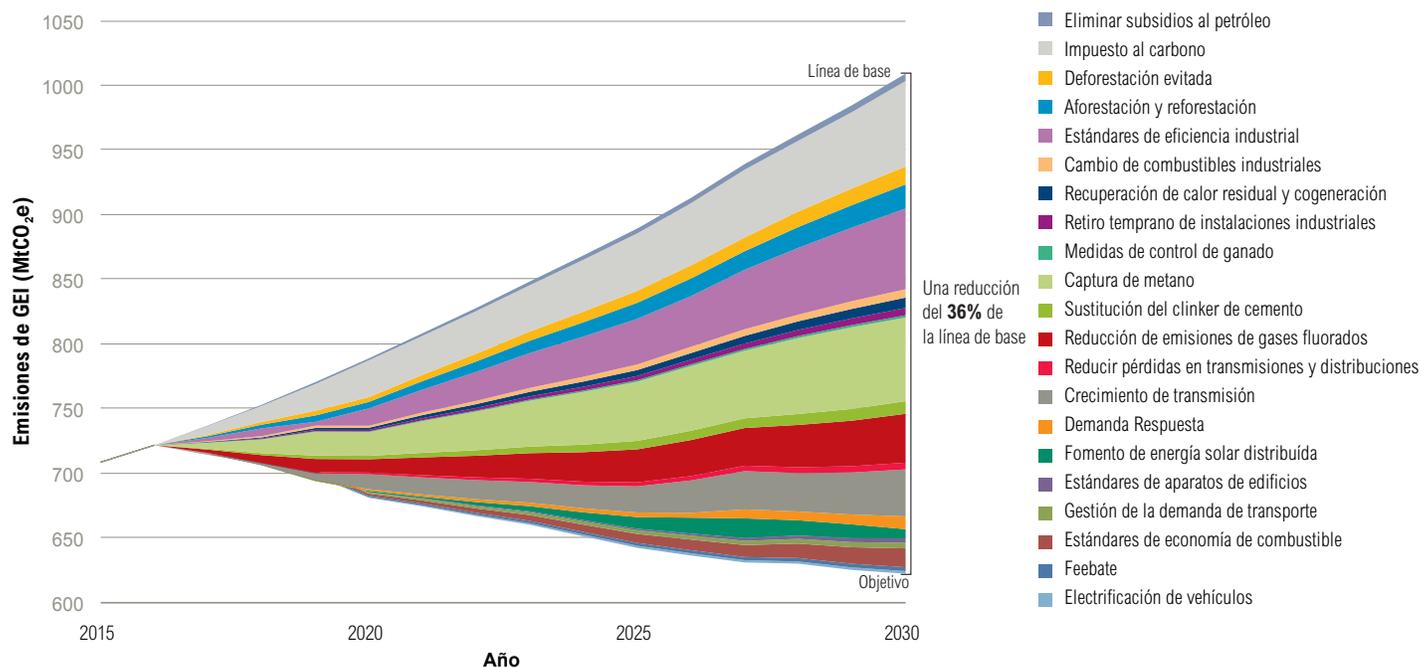


Figura 4 | Contribuciones de políticas para alcanzar la meta condicionada de reducción de emisiones de México



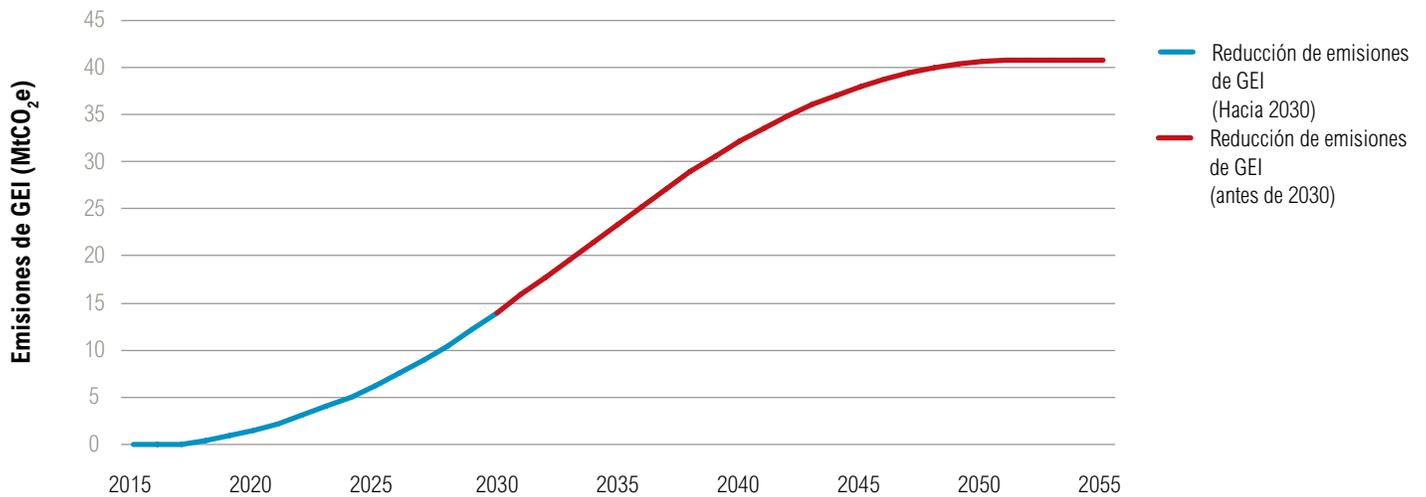
### 5.3. Políticas que muestran una reducción significativa de GEI posterior a 2030

El Energy Policy Simulator sólo hace previsiones hasta el 2030, pero algunas políticas muestran un potencial significativo de reducción después de ese año y, por lo tanto, también se incluyen en los paquetes de políticas no condicionadas y condicionadas de México. Esto es especialmente cierto para los estándares de eficiencia energética de vehículos y las de eficiencia energética de los componentes de construcción.

Para ilustrar esto, podemos examinar los estándares de eficiencia energética de vehículos. Debido al tiempo que tarda en cambiar la flota, y el hecho de que la política se aplica sobre una base teóricamente lineal en

el modelo (por lo que cubre el 100% de los vehículos en 2030), gran parte de la reducción de GEI para de eficiencia energética de vehículos se obtiene después de 2030, como se muestra en la Figura 5. La reducción del estándar de economía de combustible para vehículos ligeros muestra un crecimiento logístico. Los aumentos son graduales al principio, cuando el estándar comienza a ser aplicado. El crecimiento se acelera hacia 2030, donde alcanza un punto de inflexión, como el estándar continúa aumentando rigurosamente. A partir de entonces, el crecimiento se ralentiza, ya que el estándar se mantiene fijo y la flota se reemplaza gradualmente, primero reemplazando los vehículos más antiguos (y menos eficientes), luego reemplazando los vehículos más nuevos. Para 2055, esencialmente todos los vehículos en uso fueron comprados después de que el estándar alcanzó su fuerza completa en 2030 (este gráfico se produjo utilizando un corrida especial donde se modeló un escenario hacia 2055, y muestra el aumento de la reducción de GEI de 2030, fijado durante ese período).

Figura 5 | Los estándares de eficiencia energética de los vehículos de carga ligera hacia 2050 ilustran el retraso causado por el cambio de flota



#### 5.4. Costos del paquete de políticas

¿Qué medimos por "costo" y "ahorro" de un paquete de políticas?

Además de los efectos que tendrá un paquete de políticas sobre las emisiones de contaminantes, a menudo los responsables de las políticas están preocupados por los costos financieros que resultarán de implementar las políticas. El costo de un paquete de políticas puede ser examinado de varias maneras, dependiendo de la audiencia y el propósito. Idealmente, para comprender los impactos económicos netos potenciales de emprender un paquete de políticas determinado, debe llevarse a cabo un análisis de costo-beneficio completo para examinar los costos y beneficios monetarios y no monetarios entre diversos actores, incluyendo, por ejemplo, los impactos sobre la salud o el empleo. Grupos específicos de actores pueden estar interesados en los beneficios o costos netos específicos que pueden acarrearles; mientras que los que necesitarían implementar las acciones en el paquete de políticas estarán interesados en los costos financieros y los retornos de la inversión, y el tiempo en el que estos ocurrirán.

El modelo utilizado en este análisis calcula los cambios en el flujo de efectivo, que representan las transferencias directas (de primer orden) de dinero de una entidad a otra como resultado del paquete de políticas activas<sup>19</sup>. Estos pueden ser útiles para comprender quién se

beneficia y quién tiene que pagar por una acción. El total de todas las sumas de transferencias da cero, así la suma de los cambios de flujo de caja no es una métrica útil para saber el costo de una política.

El Modelo Energy Policy Simulator proporciona una métrica para calcular el costo de una política en forma de "los cambios totales en capital, combustible, gastos de operaciones y mantenimiento". Excluimos todos los cambios en el gasto que no se refieren al capital, combustible u operaciones y mantenimiento (por ejemplo, salarios y gastos relacionados). De estos, el tipo más importante de gasto relacionado con la acción climática que se excluye por esta definición es el pago de subsidios. También se excluyen otros dos tipos menores de gastos: los pagos de impuestos sobre el carbono en los procesos de emisiones y el pago de reembolsos del impuesto sobre el carbono (una reducción de los impuestos sobre el carbono pagado) para recompensar la retención de CO<sub>2</sub>. Otra métrica del Energy Policy Simulator, el cambio total en los gastos, incluye todos los costos, incluso los pagos por transferencias como los subsidios.

La métrica de costo que reportamos examina un subconjunto de cambios de flujo de efectivo de primer orden (directos) causados por el paquete de políticas. El modelo no intenta estimar los impactos de orden superior, por ejemplo, cómo el gobierno podría gastar una mayor recaudación de impuestos y qué significaría eso para la

economía. En nuestro análisis, seguimos el supuesto de que algunas políticas como el impuesto sobre el carbono y los impuestos son neutras en términos de ingresos (es decir, se utilizan para compensar las reducciones de otros impuestos). Por lo tanto, suponemos que el gobierno no utiliza el impuesto sobre el carbono para aumentar sus ingresos, sino para cambiar el comportamiento de las personas. La neutralidad en los desembolsos fiscales ayuda a eliminar los impuestos sobre las cosas que la sociedad quiere fomentar (por ejemplo, empleo o ingresos) e incrementa los impuestos sobre las cosas que desea desalentar (por ejemplo, las emisiones de GEI). Un impuesto sobre el carbono puede ayudar a reducir los impuestos sobre la nómina, los ingresos personales o sobre la renta de las empresas y podría proporcionar una reforma tributaria más amplia (Kaufman, Obeiter and Krause, 2016).

### Paquete de políticas: Los costos y ahorros evaluados por el modelo

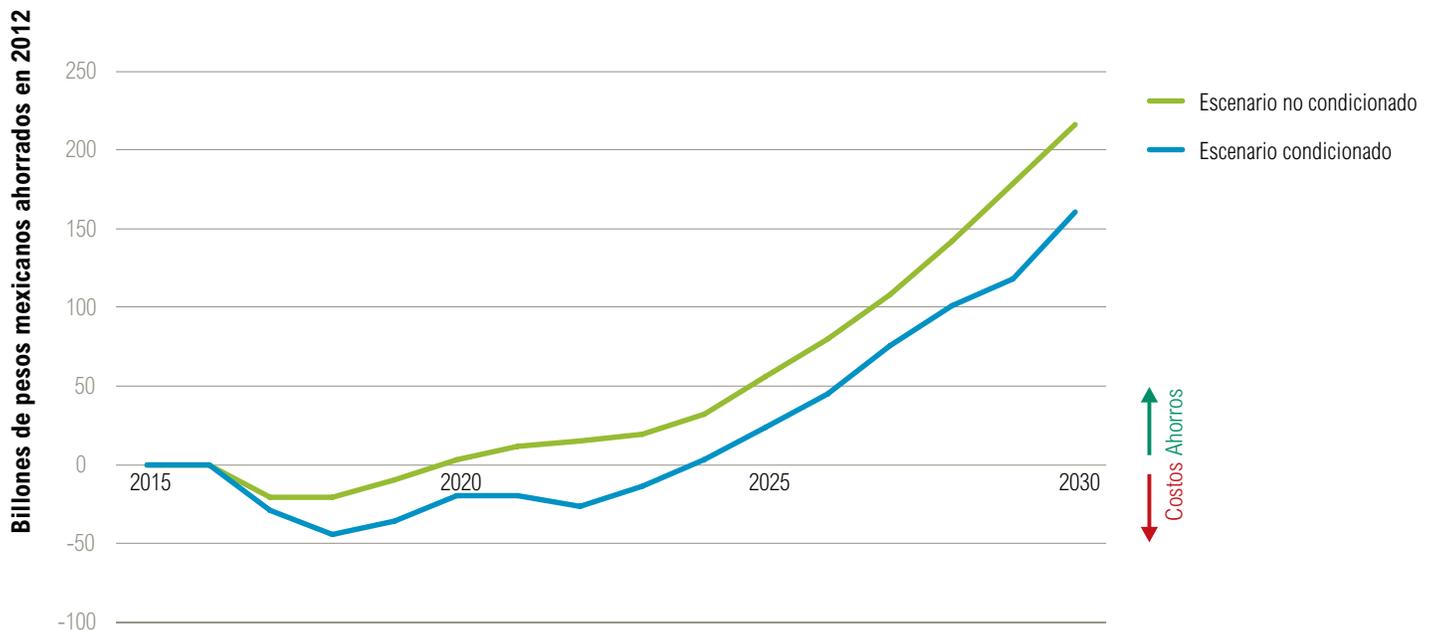
Para los propósitos de este informe, utilizamos los cambios totales en los gastos de capital, combustible, operaciones y mantenimiento como nuestra métrica de costos porque el cambio total en los desembolsos incluye

algunos flujos de efectivo que son, más que costos, pagos de transferencia. La Figura 6 muestra esta métrica para el escenario no condicionado y condicionado usando la hipótesis del impuesto sobre el carbono neutral en función de los ingresos. En general, los costos son más altos en los primeros años de la ejecución del modelo, dado que se actualizan los equipos y se cambian las decisiones de compra hacia opciones más eficientes (y generalmente más intensivas en capital). El ahorro de combustible en este punto es mínimo, porque sólo una pequeña porción de todo el stock de capital ha sido reemplazada.

En años posteriores del modelo, los costos disminuyen y se convierten en ahorros netos. Este es el punto en el que el ahorro de combustible acumulado de los equipos mejorados en la economía supera a las mayores inversiones de capital en curso.

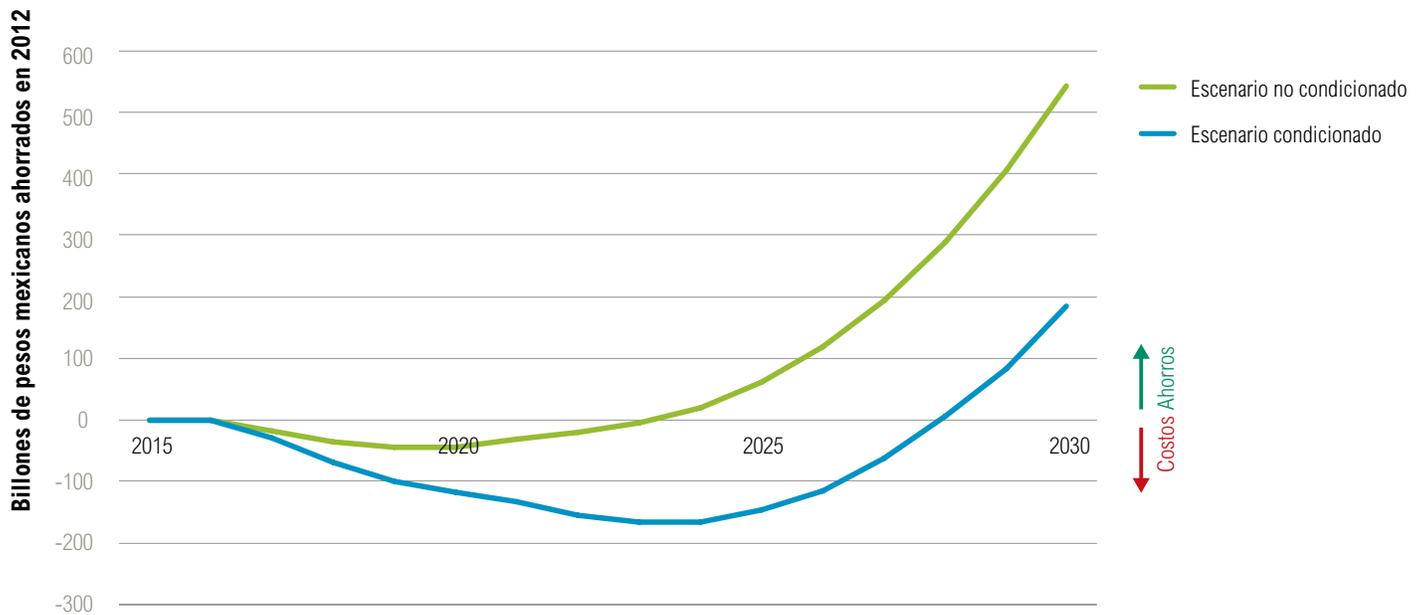
Los encargados de formular políticas muchas veces desean tomar decisiones políticas considerando los efectos acumulativos de las políticas a lo largo del tiempo, con los flujos de efectivo futuros debidamente descontados. Esto es similar a la forma en que un inversionista consideraría un prospecto al tomar una decisión de inversión. La Figura 7 muestra los costos y ahorros limitados a los paquetes de

Figure 6 | **Costos y ahorros anuales de paquetes de políticas del escenario no condicionado y condicionado**



Nota: Se asume que el impuesto al carbono es neutro respecto a los ingresos.

Figura 7 | **Costos y ahorros acumulados de paquetes de políticas de escenario no condicionado y condicionado**



Nota: Se asume que el impuesto al carbono es neutro respecto a los ingresos.

políticas elegidos, acumulados a través del tiempo, usando una tasa de descuento del 3%. Elegimos una tasa de descuento del 3% porque es la preferida por el gobierno de los Estados Unidos en sus cálculos de Costo Social del Carbono<sup>20</sup>. Además, en los Estados Unidos, muchas agencias usan tasas de descuento tradicionalmente constantes de 3% o 7% en sus análisis de costo-beneficio. Estudios recientes (Greenstone, Kopitsy y Wolverton, 2013) han recomendado el uso de tres tasas de descuento constantes: 2.5 %, 3 % y 5% para los análisis relacionados con el cambio climático. Sin embargo, existe un debate en curso sobre cómo la incertidumbre que rodea al cambio climático puede requerir el uso de una tasa de descuento no constante y decreciente.<sup>21</sup>

Como se muestra en la Figura 7, nuestra modelación concluye que el paquete de política del escenario no condicionado paga por sí mismo (es decir, es financieramente autosuficiente) en 2023 y el paquete de políticas del escenario condicionado paga por sí mismo en 2028 bajo estos supuestos. En el año final del modelo, es decir 2030, el paquete de políticas del escenario no condicionado ha logrado más de 500 mil millones de pesos de ahorro neto (alrededor del 2% del PIB 2015), y el paquete de políticas del escenario condicionado ha alcanzado cerca de 200 mil millones de pesos

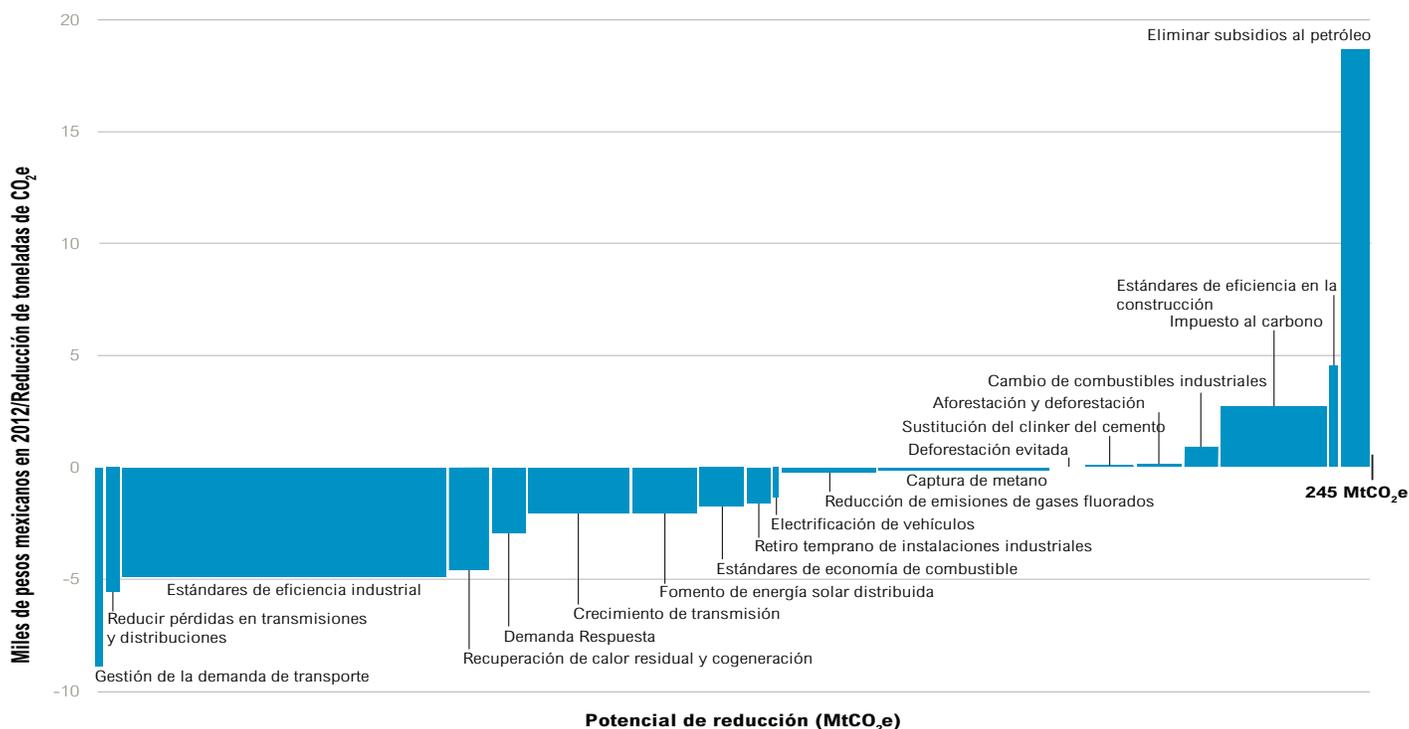
(aproximadamente 0.8% del PIB de 2015) de ahorros netos en los gastos directos. Más allá de 2030, los ahorros seguirían acumulándose.

Como se mencionó anteriormente, esta métrica de costos solamente captura los costos y beneficios seleccionados (en este caso, sólo los ahorros en costos a través del cambio total en los gastos de capital, combustible, así como en gastos de operaciones y mantenimiento). Esta métrica no captura muchos otros beneficios, como aquellos esperados por reducir los riesgos de los impactos climáticos, tales como menores costos de los servicios de salud y reducción de mortalidad gracias a la reducción de emisiones de partículas. Cuando estos otros beneficios son tomados en consideración, es probable que los paquetes de políticas puedan mostrar beneficios netos mucho antes.

### Costo-efectividad de las políticas individuales

Anteriormente, consideramos la rentabilidad de los paquetes de políticas en su conjunto. También es posible analizar la rentabilidad de políticas específicas que conforman los paquetes de políticas. Para ello, comenzamos con el paquete completo de políticas y desactivamos una de las políticas a la vez, registrando el cambio en las emisiones y en los costos/ahorros.

Figura 8 | Curva de costos para el paquete de políticas del escenario no condicionado



Nota: Las políticas que aparecen debajo del eje X (0) tienen ahorros netos, mientras que las políticas que aparecen por encima del eje X tienen costos netos. El ancho de la caja indica la cantidad de reducción de CO<sub>2</sub>e.

Esto nos permite evaluar los efectos de cada política individualmente, proporcionando información sobre qué aspectos de nuestros paquetes de políticas logran la reducción más costo-efectiva.

Los resultados se pueden mostrar como una curva de costos en la que cada política se representa como un columna. La anchura de cada columna (a lo largo del eje X) representa su reducción de CO<sub>2</sub>e. La altura de cada columna (a lo largo del eje Y) representa su costo-efectividad en pesos por tonelada de CO<sub>2</sub>e disminuida. Las políticas que aparecen debajo del eje X (0) tienen ahorros netos, mientras que las políticas que aparecen por encima del eje X tienen costos netos. La Figura 8 muestra la curva de costos para el paquete de políticas del escenario no condicionado en el año 2030.

La política que alcanza la mayor reducción de CO<sub>2</sub>e es la mejora de los estándares de eficiencia industrial. Esta política se fija en un parámetro muy agresivo (30% de reducción en el uso de energía sobre las mejoras de línea base), por lo que logra importantes reducciones de carbono. Las políticas (como la electrificación de vehículos y las normas de ahorro de combustible de los

vehículos) no sólo son relativamente costo-efectivas, sino que también generan altos niveles de cobeneficios. Los ahorros de combustible superan los costos de capital en equipamiento en el año 2030, haciéndolos una gran fuente de ahorro de gastos.

La política con el mayor ahorro de costos es la gestión de la demanda de transporte, en parte debido al tamaño de la población beneficiada. El cambio modal causado por esta política conduce a una reducción neta en el consumo de combustible, porque los modos receptores (en particular los autobuses de pasajeros) son más eficientes en un parámetro de pasajero-por-kilómetro que los coches individuales. Además, algunos viajes se desplazan a modos no motorizados, como caminar y andar en bicicleta, que no implican costos de combustible. Hay que tener en cuenta que el modelo calcula sólo los cambios en la cantidad gastada en combustible y vehículos, no en infraestructura como autopistas o líneas de metro. Por lo tanto, no se incluyen los costos de comprar más infraestructura de tránsito público, ni de construir ciclovías y senderos para caminar. Sin embargo, tampoco se incluyen los costos de construcción o expansión de autopistas y otras carreteras, en ausencia del paquete de

gestión de la demanda de transporte. Cuando se tomaron en cuenta los dos tipos de inversiones en infraestructura, no está claro si el paquete de gestión de la demanda de transporte aumentaría o disminuiría los costos totales de infraestructura.

Estudios han mostrado que un aumento de la inversión en infraestructura, si se realiza de la manera adecuada, puede resultar en mayor crecimiento económico (IMF 2014). Además, el desarrollo de una infraestructura más verde tendría impactos ambientales benéficos para la población mexicana.

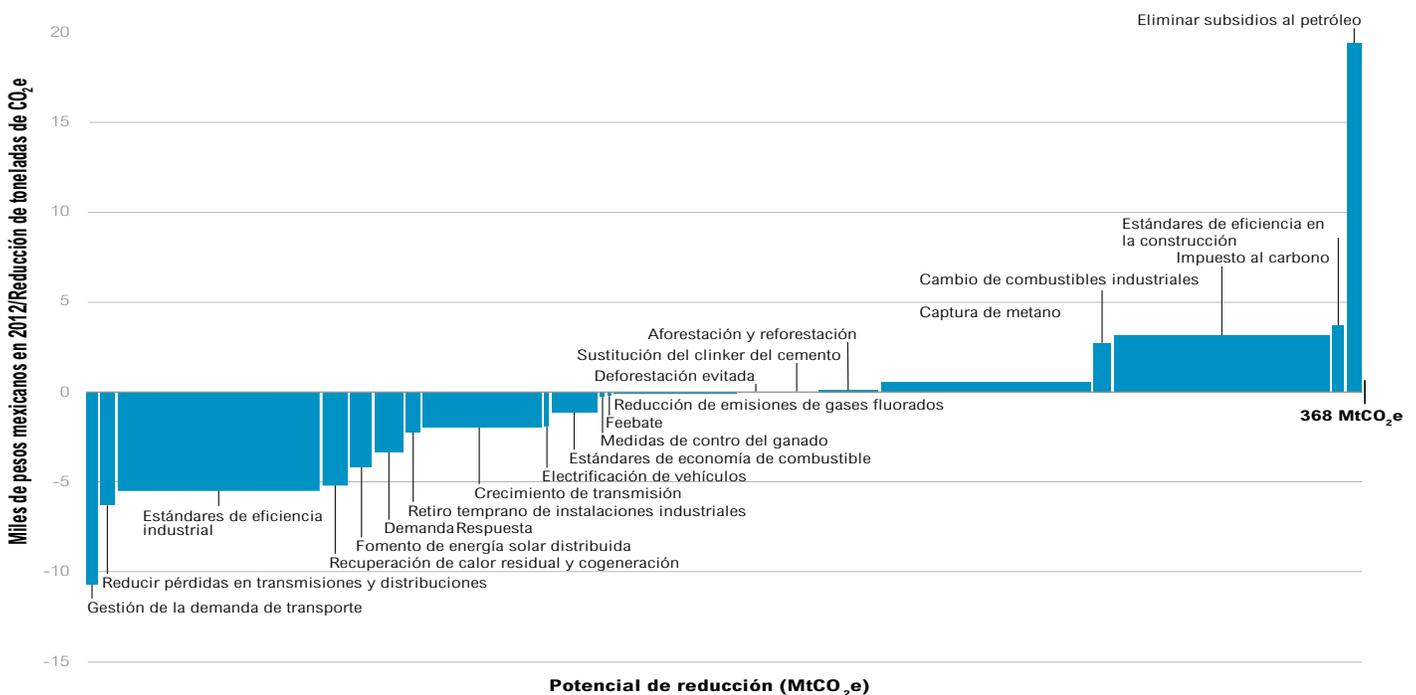
El impuesto al carbono representa la política con la segunda reducción más alta (en US\$15/tCO<sub>2</sub>e en el paquete de políticas del escenario no condicionado y US\$55/tCO<sub>2</sub>e en el paquete de políticas del escenario condicionado). A menudo se piensa que los impuestos sobre el carbono son una manera eficiente de monetizar los costos de externalidad y distribuirlos en la sociedad para minimizar la carga económica. Un impuesto sobre el carbono es una política poderosa y relativamente costo-efectiva. Hay algunas preocupaciones sobre las potenciales pérdidas de competitividad cuando se eleva un impuesto sobre el carbono. Sin embargo, los estudios (Landa-Rivera, et al., 2016) muestran que para México esta pérdida puede ser pequeña y dependerá de supuestos

muy restrictivos como los altos precios de las energías renovables y la falta de compromiso de la comunidad internacional en materia de fijación del precio del carbono.

Los estándares de eficiencia para la construcción parecen tener costos positivos, en parte porque los edificios y sus componentes generalmente tienen una larga vida útil, y en el modelo la política llega hasta 2030, que es cuando la mayoría de las mejoras aún no se han realizado. Además, la elasticidad del precio de los componentes de la construcción con respecto a la eficiencia tiende a ser alta, dando como resultado periodos de recuperación más largos que con algunos otros tipos de equipo: asumimos que esto se aplica tanto a edificios reacondicionados como a edificios nuevos. Sin embargo, las normas de eficiencia de construcción son una política valiosa y útil, en parte porque proporcionarán incentivos para que los desarrolladores inviertan en eficiencia, aunque no sean beneficiados directamente porque los inquilinos son quienes pagan las facturas de electricidad. Por lo tanto, esta es una de las pocas maneras de evitar el problema de incentivos divididos, que es grave en el sector de la construcción.<sup>22</sup>

La curva de costos para el paquete de políticas del escenario condicionado se muestra en la Figura 9.

Figura 9 | **Curva de costos para el paquete de políticas de escenario condicionado**



Nota: las políticas que aparecen debajo del eje X (0) tienen ahorros netos, mientras que las políticas que aparecen por encima del eje X tienen costos netos. El ancho de la caja indica la cantidad de reducción de CO<sub>2</sub>e.

Las reducciones totales de emisiones en el paquete de políticas del escenario condicionado son 387 MtCO<sub>2</sub>e, 54 % más que la reducción de 251 MtCO<sub>2</sub>e en el paquete de políticas del escenario no condicionado. El impuesto sobre el carbono, las normas de eficiencia industrial y la captura de metano siguen siendo las tres políticas más importantes en términos de reducción. Aunque hay algunas pequeñas diferencias (como un aumento en el costo de la política de captura de metano), las políticas generalmente tienen el mismo orden costo-efectividad en sus niveles más agresivos en paquetes de políticas del escenario condicionado que en los niveles utilizados en el escenario no condicionado.

### 5.5. Cobeneficios logrados a través de la implementación de los paquetes de políticas del escenario condicionado y no condicionado de México

La implementación de los paquetes de políticas del escenario no condicionado y condicionado de México también puede aportar cobeneficios significativos. Esto se discute más adelante en esta sección, desde la perspectiva de la salud y el bienestar de la población de México.

#### Beneficios para la salud asociados con la toma de medidas climáticas

Los contaminantes principales con implicaciones para la salud pública son: óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), compuestos orgánicos volátiles (COV), monóxido de carbono (CO) y partículas (PM). Las partículas con un diámetro inferior a 10 micrómetros

(PM<sub>10</sub>) presentan un riesgo especial para la salud, ya que estas partículas pueden acumularse en el sistema respiratorio. Aún más peligrosas son las partículas finas de menos de 2.5 micrómetros de diámetro (PM<sub>2.5</sub>) que se cree que representan los mayores riesgos para la salud porque pueden incrustarse profundamente en los pulmones debido a su pequeño tamaño. Para proporcionar alguna perspectiva sobre el tamaño de la materia en partículas, el cabello humano promedio es de aproximadamente 70 micrómetros de diámetro, lo que lo hace 30 veces mayor que la partícula fina más grande (EPA 2016).

Se han establecido límites máximos permisibles de contaminación por partículas para varios países, incluido México. La Tabla 4 muestra los estándares reguladores de la Organización Mundial de la Salud y de México (NOM-025-SSA1-2014) respecto a la máxima concentración de partículas contaminantes permitida y la exposición temporal a ellas. Las normas mexicanas tienen niveles de exposición más altos permitidos para períodos de 24 horas y anuales tanto en PM<sub>10</sub> como PM<sub>2.5</sub>. Si bien las normas de México son menos estrictas que las de la Organización Mundial de la Salud, son más estrictas que antes.<sup>23</sup>

La exposición a corto plazo<sup>24</sup> a las emisiones de PM<sub>2.5</sub> plantea riesgos para la salud tales como mortalidad prematura, aumentos en las admisiones hospitalarias, enfermedades cardíacas y pulmonares, aumentos en los síntomas de las vías respiratorias inferiores, reducción de la función pulmonar y cambios en el ritmo cardíaco. Además, la exposición a largo plazo a partículas "aumenta la mortalidad prematura total por causas cardiovasculares y respiratorias, el cáncer de pulmón en

Tabla 4 | **Emisiones y recomendaciones de partículas de la Organización Mundial de la Salud y normas regulatorias mexicanas para la protección de la salud**

AGENTE CONTAMINANTE	CONCENTRACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (TIEMPO)	CONCENTRACIÓN DE LAS NORMAS REGULATORIAS MEXICANAS (TIEMPO)
PM <sub>10</sub>	50 µg/m <sup>3</sup> (24-hora promedio) 20 µg/m <sup>3</sup> (promedio anual)	75 µg/m <sup>3</sup> (24- hora promedio) 40 µg/m <sup>3</sup> (promedio anual)
PM <sub>2.5</sub>	25 µg/m <sup>3</sup> (24- hora promedio) 10 µg/m <sup>3</sup> (promedio anual)	45 µg/m <sup>3</sup> (24- hora promedio) 12 µg/m <sup>3</sup> (promedio anual)

Fuente: (OMS 2000), NOM-025-SSA1-2014.

Nota: PM<sub>10</sub> = Partículas de menos de 10 micrómetros de diámetro. PM<sub>2.5</sub> = partículas de menos de 2.5 micrómetros de diámetro µg = microgramos.

adultos y las causas respiratorias en niños" (Rojas 2014). Estudios epidemiológicos robustos sobre la salud y la contaminación atmosférica indican que, reduciendo la concentración de  $PM_{2.5}$  en el aire, se reducen las muertes causadas por al menos tres enfermedades específicas: enfermedades cardiovasculares, cáncer de pulmón y enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (INE 2011).

Las emisiones de partículas también incluyen carbono negro y orgánico, que son contaminantes de corta duración, así como subconjuntos parciales de las emisiones de  $PM_{2.5}$ . El carbono negro, formado por la combustión incompleta de combustibles fósiles, biocombustibles y biomasa, es un componente importante del hollín. Aunque la investigación no es concluyente, algunos estudios muestran que el carbono negro es particularmente perjudicial para la salud porque representa una mezcla de partículas carcinógenas, lo suficientemente pequeñas como para entrar en el torrente sanguíneo y afectar a ciertos órganos del cuerpo. El carbono orgánico, también un componente de hollín, pero en menor proporción, es una mezcla compleja de muchos grupos de compuestos originarios de fuentes primarias y procesos de formación secundarios; sus principales fuentes de emisiones antropogénicas son la biomasa y la combustión de combustibles fósiles.

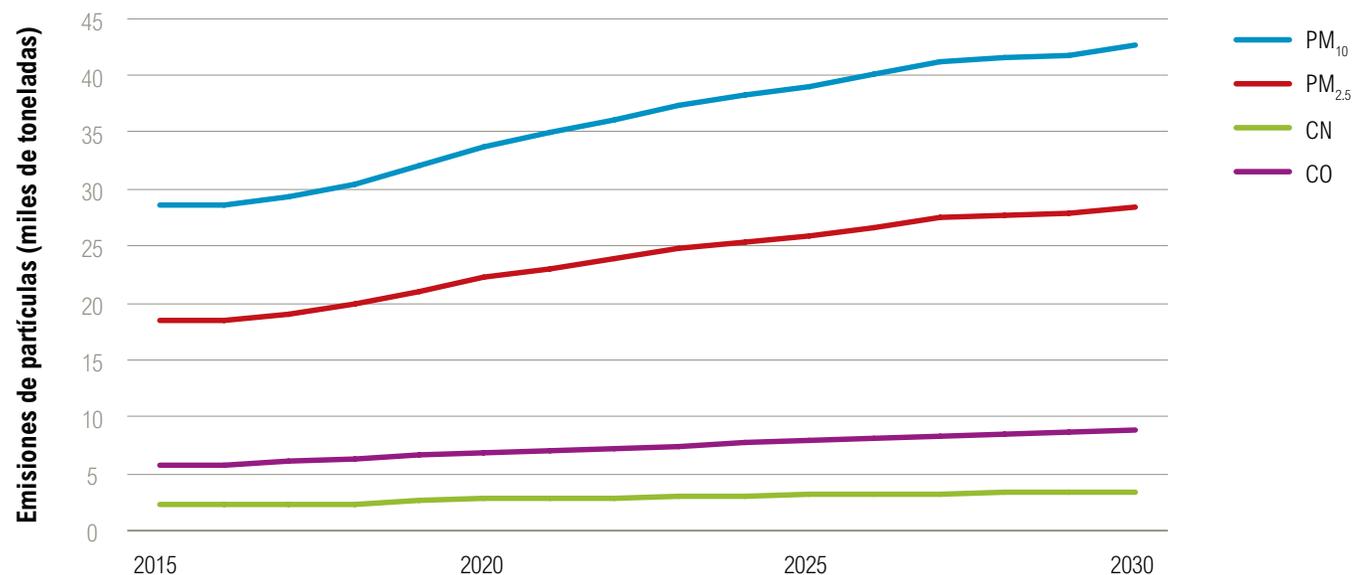
Beneficios para la salud asociados con los paquetes de políticas para el escenario no condicionado y condicionado de México

De acuerdo con los resultados del modelo Energy Policy Simulator, en 2015 se emitieron 28,700 toneladas de  $PM_{10}$ . Además, ese mismo año se emitieron 18,500 toneladas de emisiones  $PM_{2.5}$ , 2,300 toneladas de carbono negro y 5,700 toneladas de carbono orgánico.

La Figura 10 muestra las emisiones de partículas de México en el escenario de línea de base, revelando que las emisiones de  $PM_{10}$  podrían aumentar hasta un 49% entre 2015 y 2030, mientras que las  $PM_{2.5}$  podrían aumentar alrededor de 53%. En el mismo período, el aumento de las emisiones de carbono negro y orgánico podría ser de hasta 47% y 54%, respectivamente. Esto aumentaría la exposición de la población mexicana a las emisiones de partículas, lo cual tendría un efecto directo sobre la salud (aumentando también los costos económicos y sociales asociados a la atención médica).

La Figura 11 muestra que, con la implementación del paquete de políticas propuesto para el escenario no condicionado, las emisiones de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  podrían disminuir en 25% y 13% en 2030, respectivamente (en relación con los niveles de 2015). Por un lado, en

Figura 10 | Emisiones de partículas en el escenario de línea de base



Nota:  $PM_{10}$  = Partículas de menos de 10 micrómetros.  $PM_{2.5}$  = material particulado inferior a 2.5 micrómetros. BC = carbono negro. OC = carbono orgánico..

comparación con el escenario de línea de base, el paquete de políticas del escenario no condicionado reduciría las emisiones de  $PM_{10}$  en un 50% y las emisiones  $PM_{2.5}$  en un 43%. Por otro lado, se prevé que las emisiones de carbono negro y orgánico aumenten durante ese período, pero a un ritmo mucho menor que en el escenario línea de base: 6% y 17% en 2030, respectivamente (en relación con los niveles de 2015). Sin embargo, en comparación con el escenario de línea de base, estas emisiones disminuirían efectivamente en un 27% y un 23%, respectivamente para 2030.

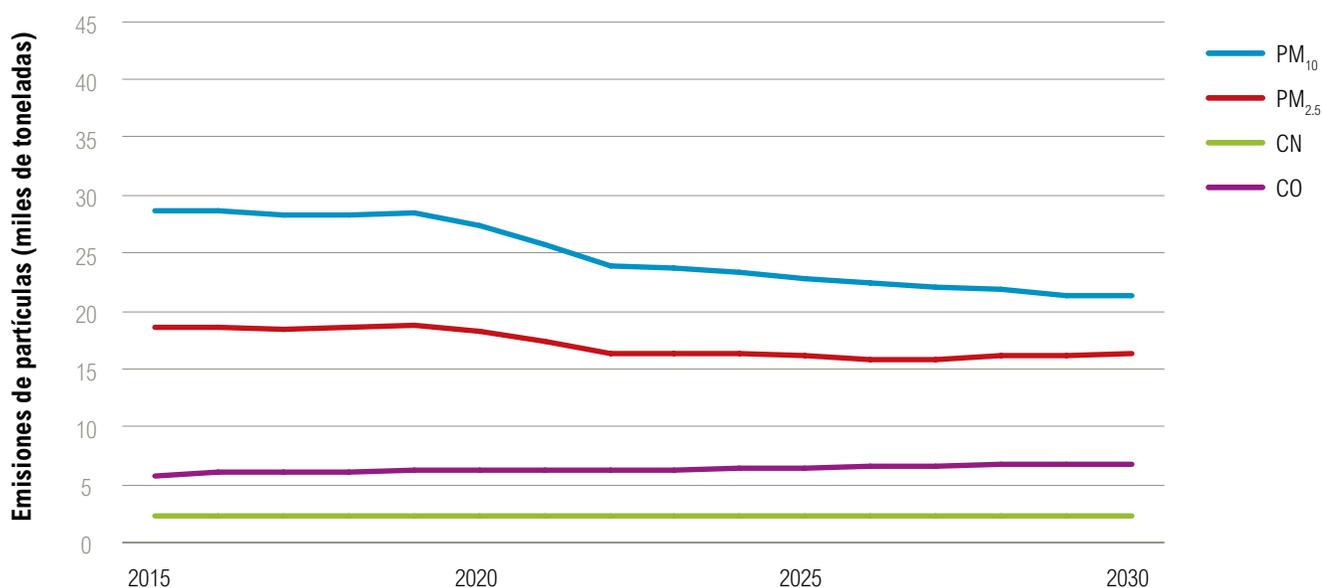
Además, si se aplican las políticas propuestas en este documento de trabajo para el paquete de políticas del escenario condicionado, la reducción de la contaminación por partículas sería aún mayor. La Figura 12 muestra que las emisiones de  $PM_{10}$  disminuirían un 31% y las  $PM_{2.5}$  un 18% para 2030 (en relación con los niveles de 2015). Estos niveles representan una fracción de 53% y 47% del escenario de línea de base, respectivamente, lo que se traduce en grandes mejoras en los efectos sobre la salud.

En el paquete de políticas del escenario condicionado, las emisiones de carbono negro disminuirían un 1.5% entre 2015 y 2030, mientras que la contaminación por carbono orgánico aumentaría un 11% en el mismo período, una tasa menor que en los escenarios no condicionado y de línea de base. En comparación con el escenario de línea de

base, estos niveles implican reducciones totales de carbono negro y orgánico de 33% y 28%, respectivamente. Algunas emisiones de contaminantes suben entre 2015 y 2030 debido al aumento del uso de combustible durante este período.

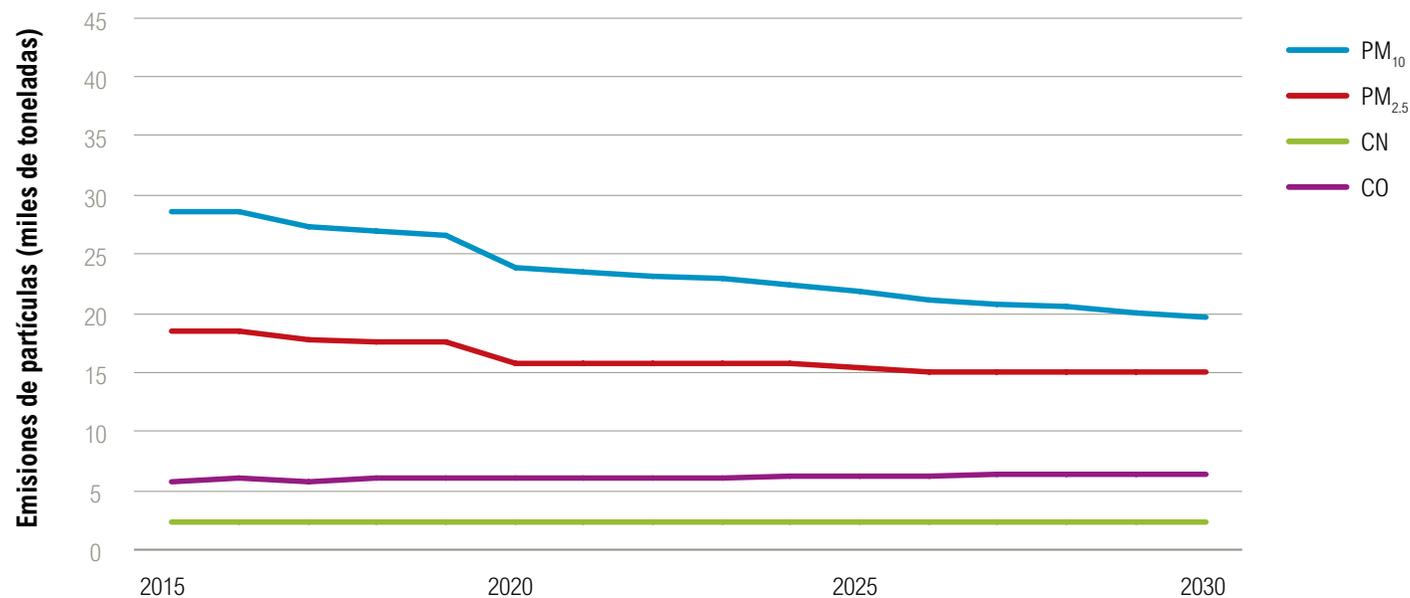
Estas reducciones de la contaminación por partículas pueden traducirse en términos de vidas humanas ahorradas al año, calculadas utilizando el beneficio económico de los impactos evitados en la salud y el valor de una vida estadística. Los resultados muestran que durante el período 2015-2030, se podrían salvar 15,228 vidas humanas con el paquete de políticas del escenario no condicionado, como se muestra en la Figura 13. Además, si las políticas para el paquete de políticas del escenario condicionado se implementan como se sugiere, 1,072 vidas adicionales se salvarían durante ese período, alcanzando un total de 16,300 vidas salvadas para el 2030, casi nueve veces el número de personas que murieron prematuramente en el área metropolitana de la Ciudad de México debido a la contaminación del aire en 2015 (CEMDA 2016).

Figura 11 | **Emisiones de partículas en el paquete de políticas del escenario no condicionado**



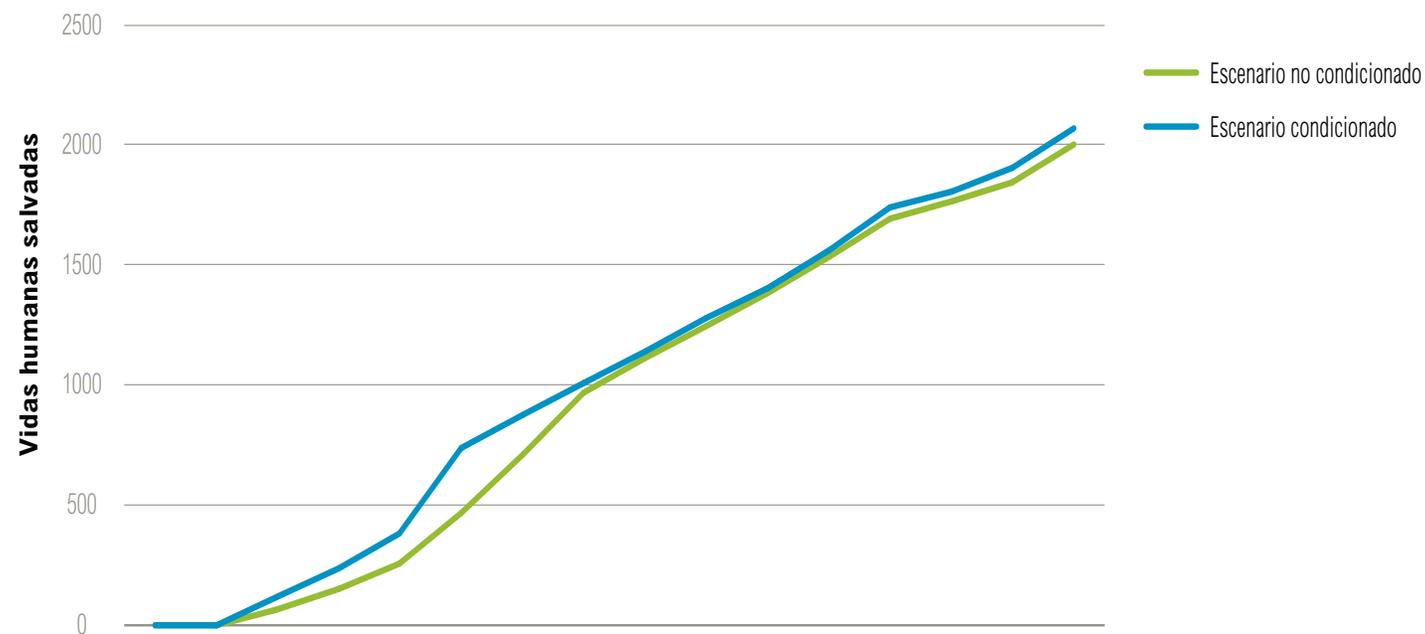
Nota:  $PM_{10}$  = Partículas de menos de 10 micrómetros.  $PM_{2.5}$  = material particulado inferior a 2.5 micrómetros. BC = carbono negro. OC = carbono orgánico..

Figura 12 | **Emissiones de partículas en el paquete de políticas del escenario condicionado**



Nota: PM<sub>10</sub> = Partículas de menos de 10 micrómetros. PM<sub>2.5</sub> = material particulado inferior a 2.5 micrómetros. BC = carbono negro. OC = carbono orgánico

Figura 13 | **Vidas humanas salvadas por la reducción de la contaminación por partículas, 2015–2030**



Nota: Basado en los índices de emisiones de contaminantes en los Estados Unidos y probablemente subestimando el número de vidas salvadas.

## 6. RECOMENDACIONES

Hemos identificado y evaluado las opciones de políticas disponibles para México para apoyar la implementación de sus metas de mitigación de GEI de Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional (INDC), centrándonos principalmente en soluciones de política técnicamente viables que proporcionen un alto potencial de reducción, con consideración conjunta de costo-efectividad y viabilidad política, así como cobeneficios de salud. Estas opciones se identificaron mediante pruebas a través del Modelo Energy Policy Simulator y comentarios de expertos. En este documento de trabajo, ofrecemos una guía para cumplir con los objetivos de las INDC de México. Reconocemos que éste es solo un primer paso hacia el logro de tales metas.

Nuestro análisis muestra que México tiene la oportunidad de alcanzar sus metas de INDC y, al mismo tiempo, ahorrar por lo menos 200 mil millones de pesos (alrededor de US\$11,000) y salvar 15,000 vidas hacia 2030. Para obtener estos beneficios, proponemos un plan de acción de ocho puntos:

- Mejorar la eficiencia de combustibles y promover el cambio a combustibles limpios en las actividades industriales
- Fortalecer las acciones para reducir emisiones de gases diferentes al CO<sub>2</sub>
- Reducir las distorsiones en la economía al introducir un precio del carbono y la reducción progresiva de los subsidios a combustibles fósiles
- Incrementar la capacidad y la eficiencia en el sector eléctrico (en transmisión y distribución)
- Promover la sinergia con metas de adaptación (deforestación y reforestación) y otras acciones sectoriales (agricultura)
- Establecer la transición a opciones de transporte limpias y bien diseñadas
- Incrementar la eficiencia de energía en edificios comerciales y residenciales
- Desarrollar una estrategia integral a largo plazo para alcanzar cero emisiones netas de GEI en línea con las metas a largo plazo del Acuerdo de París

I. Mejorar la eficiencia de combustibles y promover el cambio a combustibles limpios en las actividades industriales

En México, las actividades industriales (incluyendo el petróleo y el gas)<sup>25</sup> brindan oportunidades significativas para reducir las emisiones a través de la mejora de la eficiencia de procesos y el cambio a combustibles menos contaminantes y/o más limpios. En nuestro análisis, las políticas combinadas para este sector representan una reducción del 36% del total de emisiones del paquete de políticas del escenario no condicionado y 22 % en el paquete de políticas del escenario condicionado. Colectivamente, estas actividades tienen el mayor potencial para alcanzar los objetivos de INDC de México.

En el ámbito de la mejora de la eficiencia (en particular en el uso de la energía), nuestro análisis muestra que cuatro políticas son particularmente prometedoras: estándares de eficiencia energética de la industria, sustitución del clinker de cemento, recuperación y cogeneración de calor residual y retiro temprano de instalaciones industriales ineficientes. Estas medidas no sólo tienen un fuerte apoyo político, sino también un alto potencial de participación del sector privado. México está mostrando importantes avances en este campo, por ejemplo, la mejora de las normas de eficiencia industrial es uno de los temas clave destacados en la Declaración de la Cumbre de Líderes de Norteamérica. La declaración promueve la alineación y mejora de las normas de eficiencia, por ejemplo, mediante la adopción de la norma voluntaria ISO 50001 de rendimiento energético voluntario, y se compromete a fijar el 2017 como fecha objetivo común para la adopción de ISO 50001. Sin embargo, el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía para el 2014-2018 establece un objetivo relativamente modesto para mantener al menos la tasa de intensidad energética a niveles de 2012; por lo tanto, un nuevo objetivo nacional sobre la eficiencia energética, que debería estar listo a finales de 2016, jugaría un papel importante en la mejora del rendimiento. Los Secretarías de Economía y Energía (SE y SENER) deben alinear la Norma Oficial Mexicana (NOM) con los estándares de eficiencia industrial destacados en la declaración de la Cumbre de Líderes de Norteamérica.

Adicionalmente, los Secretarios de Economía y Energía deben mejorar la eficiencia energética industrial promoviendo el retiro temprano de instalaciones ineficientes (por ejemplo, de las instalaciones de

Petróleos Mexicanos (PEMEX) y asegurando que las Normas Oficiales Mexicanas se desarrollen más en las áreas de equipos, dispositivos y sistemas de eficiencia energética, y otros, promovidos a través de los tres niveles de gobierno.

El trabajo conjunto con el sector privado será crucial en las políticas relacionadas con el sector del cemento, así como en la recuperación y cogeneración de calor residual. Las sustituciones de clinker de cemento ya están a la vanguardia de los planes existentes que han sido presentados por los representantes de la industria y el gobierno, en forma de una acción de mitigación nacionalmente apropiada (NAMA, por sus siglas en inglés). La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Cámara Nacional de Cemento de México están implementando una NAMA en el sector del cemento para reducir las emisiones de GEI mediante el aumento de la eficiencia energética y la sustitución de combustibles fósiles por combustibles alternativos. Si la implementación de la NAMA tiene éxito, la industria del cemento espera reducir las emisiones de GEI un 9% por debajo de las emisiones de la línea de base del sector del cemento para 2020 y 15% para 2030 (Asociación Internacional de Mitigación y MRV 2013). Es importante señalar que la NAMA se encuentra todavía en fase de diseño y que aún no hay propuestas para ampliar esta acción. Sin embargo, la NAMA de México está respaldada por el mayor productor de cemento de México (y uno de los 10 mayores productores del mundo), CEMEX, que reconoce el desafío que plantea el cambio climático y la necesidad de transición de una economía baja en carbono.<sup>26</sup>

En lo que respecta a la cogeneración, el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional estima que para atender el crecimiento esperado de la demanda de electricidad en México para el período 2015-2029, se necesitarán 60 GW de capacidad adicional, con una inversión de 653 mil millones de pesos. Se espera que el 12% de esta capacidad de energía adicional provenga de sistemas de cogeneración eficientes. Las reglas incluidas en la reciente reforma energética de México incentivan el desarrollo de fuentes de energía limpia permitiendo a las empresas privadas que tienen proyectos de cogeneración producir energía y conectarse a la red. Este incentivo debe desarrollarse aún más a través de la Secretaría de Energía (SENER), la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la Secretaría de Hacienda y Crédito

Público (SHCP) brindando apoyo e información adicional a la industria. Esto podría incluir, por ejemplo, destacar las disposiciones de la Ley del Impuesto sobre la Renta de México que proporcionan un incentivo de deducción del 100 % para los contribuyentes que realizan inversiones en sistemas de cogeneración.

El cambio de combustible ofrece una oportunidad adicional para reducir las emisiones y es potencialmente un ahorro de costos. El cambio de gas natural a electricidad es particularmente importante a la luz de los objetivos del Acuerdo de París, que subrayan la necesidad de alcanzar emisiones netas en cero a nivel mundial alrededor de mediados de siglo (Tovilla and Buira 2015). Esta política debe aprovechar los planes elaborados bajo la Cumbre de Líderes de Norteamérica. Como se señala en la sección 5.6, esto puede ser posible porque la energía renovable/limpia representa alrededor del 70% de la capacidad instalada futura en 2030 en el paquete de políticas del escenario no condicionado y 85% en el paquete de políticas del escenario condicionado.

## II. Fortalecer las acciones para reducir emisiones de gases diferentes al CO<sub>2</sub>

Las emisiones de GEI que no son CO<sub>2</sub> contribuyen significativamente al cambio climático. Estos GEI tienen una mayor capacidad de atrapar calor (expresado como potencial de calentamiento global, PCG), y muchos tienen mayores impactos a corto plazo que el CO<sub>2</sub>. En 2013, las emisiones distintas al CO<sub>2</sub> representaron el 24% del inventario nacional de GEI de México (INECC y SEMARNAT 2015), destacando la importancia de tomar medidas para reducir estas emisiones. La mitigación de las emisiones que no sean de CO<sub>2</sub> también puede aportar beneficios para el desarrollo. Por ejemplo, una variedad de enfoques para mitigar las emisiones de CH<sub>4</sub> de los sistemas de rellenos sanitarios y de aguas residuales puede contribuir a la creación de empleo, beneficios para la salud y el ahorro de costos debido a la menor necesidad de vertederos y mejoras en los rendimientos de los cultivos (Santucci et al. 2015)

En México, dos políticas importantes que, si se implementan plenamente, serán efectivas para enfrentar estas emisiones son: (1) captura de metano y (2) evitar la ventilación de gases de subproducto con alto potencial de calentamiento global.

México reconoce la importancia de reducir las emisiones de metano y tiene un historial de establecer objetivos cuantitativos de reducción del metano. En 2014, el gobierno estableció un objetivo para reducir las emisiones de metano de las plantas de tratamiento de aguas residuales, vertederos, petróleo y gas del país y el sector agrícola como parte de su Programa para la Transición de Energía 2014-2018.<sup>27</sup> El logro de este objetivo requiere la coordinación entre varios departamentos gubernamentales como la Secretaría de Energía, la SEMARNAT, la Comisión Nacional del Agua y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. En junio de 2016, México se comprometió a reducir las emisiones de metano del sector de petróleo y gas en 40-45 % para 2025, en relación con los niveles de 2005 (White House: Office of the Press Secretary, 2016). Este objetivo contará con el apoyo de la participación de México en mecanismos como la Coalición de Clima y Aire Limpio y la Asociación de metano de petróleo y gas.<sup>28</sup>

Con la voluntad política de fortalecer la acción contra las emisiones de metano, recomendamos que el gobierno mexicano reduzca aún más las fugas de metano y la ventilación de gas en los procesos de exploración, producción, procesamiento y distribución de petróleo y gas natural, encargando la detección y reparación de fugas y proporcionando orientación específica para el manejo de la combustión y ventilación de los volúmenes de metano bajo la resolución CNH.06.001/09<sup>29</sup> de la Comisión Nacional de Hidrocarburos, junto con sanciones si estos volúmenes son excedidos. México, a través de la SEMARNAT y la Comisión Nacional de Hidrocarburos, también debe implementar proyectos de captura y utilización de metano en los sitios de eliminación de residuos sólidos y plantas de tratamiento de aguas residuales. La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación podría promover tecnologías de reducción del metano en el sector agrícola, siguiendo el ejemplo del programa AgSTAR<sup>30</sup> de los Estados Unidos, que promueve el uso de sistemas de recuperación de biogás para reducir las emisiones de metano de los desechos. México también puede seguir el enfoque general de los Estados Unidos, que en los últimos años ha tomado varias medidas para abordar proactivamente las emisiones de metano. Por ejemplo, las emisiones de metano son un pilar clave del Plan de Acción para el Clima de Estados Unidos y el país también tiene normas de emisiones de metano para equipos nuevos y modificados utilizados en el desarrollo de gas natural y petróleo.

Otra política fuerte para reducir las emisiones de GEI diferentes al CO<sub>2</sub> en México es evitar la ventilación de gases de subproducto con altos PCG. Algunos de los gases PCG más altos son hidrofluorocarbonos (HFC). Su uso está aumentando como resultado de la eliminación de sus predecesores que agotan el ozono bajo el Protocolo de Montreal: clorofluorocarbonos (CFC) e hidroclorofluorocarbonos (HCFC). En julio de 2015, México, Canadá y los Estados Unidos presentaron una propuesta de enmienda al Protocolo de Montreal para reducir las emisiones de HFC. Esto fue reforzado por la Declaración de la Cumbre de Líderes de Norteamérica, en la que Canadá, Estados Unidos y México afirmaron sus compromisos de adoptar una enmienda ambiciosa y completa para la eliminación de los HFC en el Protocolo de Montreal en 2016 y reducir el uso de HFC. Como parte de esta declaración, México declaró su intención de "iniciar nuevas acciones para autorizar el uso de alternativas de HFC de bajo potencial de calentamiento global aprobadas por SNAP, así como promover su uso como alternativas al alto potencial de calentamiento global HFC y eliminar las barreras al despliegue".

Para continuar tomando medidas sobre los HFC, sugerimos que SEMARNAT y el Fideicomiso para la Eficiencia Energética contengan y destruyan los HFC bajo un nuevo programa de sustitución de refrigerantes, o desarrollen un nuevo programa con objetivos similares bajo el Plan de Acción para América del Norte sobre Clima, Energía Limpia y Medio Ambiente.

III. Reducir las distorsiones en la economía al introducir un precio del carbono y la reducción progresiva de los subsidios a combustibles fósiles

Para evitar un aumento de los efectos negativos del cambio climático, los gobiernos deben eliminar las distorsiones en la economía resultantes de no incluir el efecto del uso de combustibles fósiles en el medio ambiente. Por lo tanto, los gobiernos deben hacer que las emisiones sean progresivamente más costosas al cobrar un precio explícito por el contenido de carbono de los diferentes combustibles utilizados en sus economías. En México, dos políticas prometedoras a este respecto son la fijación de los precios del carbono (mediante los impuestos sobre el carbono y el comercio de los derechos de emisión) y la reducción de los subsidios a los combustibles fósiles. Los precios del carbono proporcionan los incentivos para transformar la economía en una economía baja en carbono. Como explican Kaufman, Obeiter y Krause

(2016), un alto precio del carbono inducirá al sector de la electricidad a abandonar los combustibles con alto contenido de carbono y, de manera más gradual, al sector del transporte a cambiar hacia alternativas costo-efectivas. Además, puede proporcionar incentivos suficientes para reducir las emisiones en otros sectores de la economía, dirigiendo las inversiones a alternativas más costo-efectivas y de bajo carbono. En México, el precio del carbono es un instrumento reciente que se ha aplicado de manera bastante modesta. La reforma fiscal de 2013 introdujo un impuesto especial sobre los combustibles fósiles por sus posibles emisiones de CO<sub>2</sub> y, después de deliberar en el gobierno, el impuesto fue fijado en un nivel de alrededor de US\$3.5 por tonelada de CO<sub>2</sub>e. La tasa impositiva fue limitada al 3% del precio de venta del combustible y se espera que recaude aproximadamente \$1,000 millones de dólares al año.

En términos de comercio de emisiones, recientemente la SEMARNAT y la Bolsa Mexicana de Valores firmaron un acuerdo para la aprobación de un sistema piloto para el comercio de permisos de GEI. Este sistema piloto comenzará en 2017 con la evaluación y definición de límites y asignaciones de emisiones para varias industrias de uso intensivo de energía. Se prevé que el sistema estará operando plenamente en 2018 (Santiago 2016).

Nuestro análisis muestra que un impuesto sobre el carbono es un instrumento clave para alcanzar los objetivos de las INDC. Este impuesto es responsable de alrededor del 12% de la reducción de emisiones en el escenario no condicionado (a una tasa de US\$15 por tCO<sub>2</sub>e) y casi un 19% en el escenario condicionado (a una tasa de US \$ 55 por tCO<sub>2</sub>e). Por lo tanto, la SEMARNAT, las Secretarías de Energía y de Hacienda y Crédito Público deben brindar apoyo para intensificar los esfuerzos hacia un impuesto al carbono efectivo en México. La implementación de esta política se complica por las barreras políticas y sociales y la incertidumbre sobre sus impactos económicos en diferentes sectores.

México está explorando la posibilidad de vincularse con el emergente mercado norteamericano de carbono (California, Quebec, Ontario). Ha firmado un memorando de entendimiento con California para explorar posibles vínculos. La Secretaría de Hacienda y Crédito Público, la SEMARNAT y la Secretaría de Relaciones Exteriores podrían dejar opciones abiertas para futuras alianzas, por ejemplo, un esquema más amplio de máximos de comercio en América del Norte. Además, el país podría beneficiarse

de las acciones propuestas en la Cumbre de Líderes de Norteamérica, en la cual los países norteamericanos alentarían a los gobiernos subnacionales a compartir las lecciones aprendidas sobre el diseño de sistemas efectivos de fijación de precios del carbono y políticas y medidas de apoyo. Proponemos que la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y la SEMARNAT exploren la colaboración y experiencia de Estados Unidos y Canadá y pongan a disposición fondos para investigación adicional para explorar las implicaciones económicas de un impuesto sobre el carbono.

En el caso de los subsidios a los combustibles fósiles, la reforma energética ofrece una oportunidad clave al introducir la competencia de mercado en el sector, que requerirá que el precio del combustible dependa de las condiciones del mercado y no de la fijación de precios por parte del gobierno. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el G20 y la Agencia Internacional de la Energía están lanzando iniciativas para que los gobiernos, México incluido, retiren todos los subsidios a la energía tanto en consumo como en producción. En 2014, los subsidios a los combustibles fósiles en México representaron un gasto de US\$42 per cápita (IEA 2015). La diferencia entre los precios de los combustibles domésticos y los internacionales se cobra como un impuesto, que se convierte en un subsidio cuando los precios internacionales son más altos que los domésticos. En la actualidad, los altos precios internos al consumidor de combustible se utilizan para reemplazar las pérdidas de ingresos públicos debido a los bajos precios internacionales del petróleo. Mientras el gobierno federal dependa de este inusual ingreso, no hay incentivos económicos para cambiar esta política. Sin embargo, el aumento en el número de competidores en el mercado presionará al gobierno mexicano para liberalizar el precio del combustible.

La Secretaría de Hacienda y Crédito Público, la de Economía y la de Energía deben basarse en los recientes progresos para desarrollar un plan para eliminar los subsidios restantes a la producción y uso de combustibles fósiles en México, a la vez que garantizan protección para los pobres.

#### IV. Incrementar la capacidad y la eficiencia en el sector eléctrico (en transmisión y distribución)

El sector eléctrico de México tiene un potencial importante para ayudar al país a alcanzar sus

compromisos con la INDC. Nuestro análisis muestra que el potencial de reducción de emisiones en este sector es aproximadamente el 14% del total requerido para alcanzar el objetivo no condicionado y condicionado. Este potencial se deriva, en particular, del aumento de las líneas de transmisión y de las mejoras en la distribución, del aumento de la energía procedente de la energía solar distribuida y de las acciones de respuesta a la demanda. Estas medidas son costo-efectivas y efectivas en la reducción de emisiones.

México tiene planes para aumentar su capacidad de transmisión y reducir pérdidas en transmisión y capacidad. La opinión de expertos sugiere que las pérdidas pueden reducirse moderadamente y que hay planes para duplicar la capacidad de transmisión en 20 años. Las subastas de energía limpia lanzadas por la Secretaría de Energía en abril de 2015 y la Ley de Transición Energética brindan un fuerte apoyo legislativo y financiero a estas políticas, ya que se necesita una gran inversión para construir subestaciones y mejorar las líneas de distribución y transmisión. Las barreras sociales relacionadas con el uso de la tierra deben ser abordadas y consideradas adecuadamente como lo estipula la Ley de la Industria Eléctrica. Por ejemplo, en caso de que las líneas de transmisión puedan atravesar tierras indígenas, creando posibles conflictos. Proponemos aumentar la colaboración entre la Secretaría de Energía, la Comisión Federal de Electricidad, la Comisión Reguladora de Energía, el Centro de Control de Energía y la Comisión Federal de Mejora Regulatoria para evitar conflictos de tierras y asegurar que los procesos de subasta sean competitivos.

México tiene uno de los mercados solares más prometedores de América Latina, pero su desarrollo se ha visto obstaculizado por las barreras regulatorias, la caída del tipo de cambio del peso/dólar y especialmente el alto impuesto a las importaciones (15%) de los paneles solares. Sin embargo, estudios recientes de Green Technology Media (GTM 2016) muestran que el mercado podría mejorar mediante el aumento de las tarifas para la energía solar residencial. Por lo tanto, recomendamos que la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, la Secretaría de Energía, la Comisión Federal de Electricidad, el Centro de Control de Energía y la Comisión Federal de Mejora Regulatoria trabajen conjuntamente para proporcionar incentivos económicos adicionales, como remover los impuestos sobre los paneles solares, para satisfacer la demanda de energía solar fotovoltaica distribuida.

La respuesta a la demanda opera invitando a los clientes de servicios públicos -normalmente grandes usuarios comerciales o industriales- a reducir cargas temporalmente, reduciendo así la demanda máxima del sistema en periodos pico. El esquema de demanda-respuesta también se puede utilizar para proporcionar "regulación positiva", lo que significa que las cargas pueden entrar en acción durante tiempos de exceso de suministro de electricidad. Por lo general, los generadores de energía realizan contratos con grandes clientes con tasas por carga interrumpibles, junto con los pagos por reducción de la carga. Durante un evento de carga pico, las empresas de servicios públicos pueden contactar a los clientes dentro del esquema de demanda-respuesta y pedirles que reduzcan la carga o, alternativamente, pueden desactivar vía remota los sistemas que reducirán la demanda. Si el esquema se distribuye en múltiples clientes grandes -o de muchos clientes más pequeños-, éste puede reducir el pico de la demanda, mitigar la necesidad de nueva capacidad y construir un sistema de energía más flexible. Debido a que el costo de pagar a los clientes de servicios públicos para reducir la carga en ciertas horas es significativamente menor que el costo marginal de construir y operar una nueva planta, el esquema de demanda-respuesta puede satisfacer a menudo los requerimientos de demanda a un costo mucho menor que la expansión de la capacidad. No identificamos ningún estudio sobre el potencial de este tipo de esquema en México, por lo que recomendamos a la comisión gubernamental realizar tal estudio, como un paso preliminar hacia la implementación de un programa de respuesta a la demanda.

## V. Promover la sinergia con metas de adaptación (deforestación y reforestación) y otras acciones sectoriales (agricultura)

México se beneficiaría de aumentar la interacción y las sinergias de sus objetivos de mitigación y adaptación, particularmente aquellos relacionados con el sector forestal, donde se puede lograr una importante reducción de emisiones a través de evitar la deforestación y aumentar las actividades de reforestación. La reciente Declaración de la Cumbre de Líderes de Norteamérica promueve el intercambio de mejores prácticas y soluciones técnicas para mejorar la eficacia de la rendición de cuentas, incluso para el sector de la tierra y los enfoques relacionados con el mercado de carbono. Además, busca mejorar

la conservación y restauración de los humedales, lo que aumenta la mitigación (carbono azul<sup>31</sup>), preserva los servicios de los ecosistemas costeros y reduce los impactos potenciales de eventos climáticos severos más frecuentes o intensos bajo las proyecciones del cambio climático. El principal problema en este sector es la falta de coordinación y las aparentes políticas contradictorias entre, e incluso dentro de, las agencias gubernamentales. Por ejemplo, la Comisión Nacional Forestal quiere incentivar la explotación forestal como herramienta de desarrollo y conservación, pero privilegia los esquemas de conservación pasiva. Además, si bien existe un objetivo formal en las INDC de "alcanzar una tasa de 0% de deforestación para el año 2030", no hay claridad sobre qué acciones son adicionales a lo que ya está incluido en el escenario línea de base del gobierno. Recomendamos que la SEMARNAT, el Instituto de Medio Ambiente y Cambio Climático, la Comisión Nacional Forestal y la Comisión Intersecretarial sobre el Cambio Climático trabajen para armonizar las diferentes leyes y planes<sup>32</sup> para establecer objetivos claros y mensurables para el sector.

El sector agrícola es también crucial para lograr las reducciones requeridas en las INDC, especialmente el nivel necesario para alcanzar el objetivo condicionado. Nuestro análisis muestra que la reducción de las medidas ganaderas es una política potencialmente rentable que puede aplicarse con este fin. En particular, alentamos a México a fortalecer sus acciones en torno al manejo mejorado del estiércol, lo cual es factible y comercialmente viable. México podría beneficiarse de su participación en la Iniciativa Mundial sobre el Metano,<sup>33</sup> donde participa activamente en la identificación de acciones (especialmente en los sectores ganadero y agroindustrial) con el potencial de reducción de metano más rentable, así como las oportunidades del mercado en los países en desarrollo (Iniciativa Global de Metano 2015). La iniciativa reconoce que, para México, los subsectores agropecuarios y agroindustriales tienen un potencial sustancial para la reducción de emisiones de metano o la captura de metano. Sin embargo, las barreras que pueden obstaculizar la introducción de estas acciones son sociales (resistencia a cambiar técnicas tradicionales de manejo del ganado), financieras (altos costos iniciales de capital para implementar acciones, por ejemplo, para comprar biodigestores) y de falta de capacidad (MCE2-INECC 2013) Para superar estas barreras, las actividades necesitan el apoyo de diversos ministerios como el Desarrollo Rural Pesca y Alimentación, SEMARNAT, y la Secretaría de Energía, y recomendamos que México

implemente y explore aún más su membresía de la Iniciativa de Metano Global para lograr el verdadero potencial en la reducción de emisiones de estas fuentes.

## VI. Establecer la transición a opciones de transporte limpias y bien diseñadas

Las políticas en el sector del transporte pueden ayudar a México a lograr sus metas de INDC mientras proporcionan cobeneficios (ver sección 5.5) y oportunidades para contribuir a la descarbonización a largo plazo. Nuestro análisis sugiere que la agenda de política de transporte de México debe enfocarse en una flota electrificada y/o limpia, en la administración de la demanda de transporte y en mejorar la economía de combustible a través de medidas tales como estándares de economía de combustible y tarifas. Las emisiones de transporte deben considerarse junto con la necesidad de abordar la contaminación del aire. Recientes acciones del área metropolitana de la Ciudad de México, que aceleró el desembolso de más de 11 mil millones de pesos (US\$595.9 millones) para proyectos de infraestructura y modernización de unidades de transporte público, junto con la Zona Metropolitana de Guadalajara, que tomó medidas agresivas para mejorar la calidad del aire y reducir el uso de vehículos privados, han mejorado las perspectivas para el tipo de políticas analizadas en nuestros escenarios.

Con respecto a la economía en los combustibles, México puede beneficiarse de su asociación con Canadá y Estados Unidos bajo la Cumbre de Líderes de Norteamérica, cuya declaración trilateral propone "fortalecer y alinear las normas de eficiencia en los tres países" para comprometerse a "reducir los gases de efecto invernadero (GEI) de los vehículos ligeros y pesados de carga, alineando la eficiencia de combustible o las normas de emisión de gases de efecto invernadero a 2025 y 2027, respectivamente" en los tres países. Esto puede proporcionar incentivos a la Comisión Nacional de Usos Eficientes de Energía, al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, a la Secretaría de Energía y a la SEMARNAT para superar los obstáculos políticos y plantear normas más estrictas de acuerdo con la Ley General de Cambio Climático.<sup>34</sup> Asimismo, la crisis de contaminación atmosférica y la declaración de la Cumbre de Líderes de Norteamérica pueden facilitar la compensación de compradores de vehículos eficientes y mejorar los incentivos políticos para que los gobiernos locales y nacionales se vuelvan más activos en las

estrategias y políticas que reducen las emisiones. Esto es especialmente cierto para el *feebate* de vehículos ligeros propuesto en el paquete de políticas del escenario condicionado, que requiere la coordinación del Instituto de Ecología y Cambio Climático y gobiernos estatales debido a sus obstáculos políticos y técnicos.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes y el Programa Federal de Apoyo al Transporte Masivo deberían concentrar sus esfuerzos en una flota de pasajeros y de carga electrificada y/o limpia, en la gestión de la demanda del transporte y en la mejora de la eficiencia del combustible a través de normas más estrictas para vehículos ligeros, vehículos pesados y *feebates*.<sup>35</sup> Las Secretarías de Economía, Energía y Comunicaciones y Transporte armonizarían la economía de combustible y las normas relacionadas con las emisiones con los Estados Unidos y Canadá para los vehículos de pasajeros y de carga.

Mientras que soluciones como los estándares de economía de combustible y los *feebates* pueden ser parte de la solución durante la transición a un sector de transporte de baja emisión de carbono, México finalmente necesitará electrificar su flota de vehículos y reducir su dependencia del transporte ocupado por una sola persona (Tovilla and Buirra 2015).

En octubre de 2015, en México sólo había 200 vehículos eléctricos ligeros, que representaban el 0.0007% de la flota nacional de vehículos ligeros privados (Alavez 2015), comparado con más de 200,000 vehículos (0.1% del total de vehículos) en los Estados Unidos.<sup>36</sup> Una de las principales barreras para aumentar el uso de vehículos eléctricos es su alto precio, lo que los hace inasequibles para la mayoría de los hogares mexicanos. Sin embargo, se espera que los costos disminuyan rápidamente (Bloomberg New Energy Finance 2016). Entretanto, el gobierno mexicano ha tomado medidas para acelerar su adopción, incluyendo una exención del Impuesto sobre automóviles nuevos, del impuesto a la tenencia de vehículos en la mayoría de los estados y de la verificación vehicular ambiental; apoyos de la Comisión Federal de Electricidad para instalar nuevos medidores domésticos que no afecten la factura de electricidad del hogar debido al esquema de subsidios para el bajo consumo de electricidad; y la instalación de estaciones de carga eléctrica, con un crecimiento previsto del 66% en 2016 (Obras Web 2016). Al igual que para los estándares de economía de combustible, la declaración de la Cumbre

de Líderes de Norteamérica también propone una gama de colaboración en vehículos limpios y eléctricos, incluyendo: acelerar la utilización de vehículos limpios en las flotas gubernamentales; trabajar en colaboración con la industria para fomentar la adopción de vehículos limpios mediante la identificación de iniciativas para apoyar la elección de los consumidores; y alentar las inversiones públicas y privadas en infraestructura para establecer corredores norteamericanos de reabastecimiento de combustible para vehículos limpios.

En cuanto a la gestión de la demanda de transporte, las autoridades de todos los niveles de gobierno deben fortalecer y mejorar la planificación local, asimismo las autoridades metropolitanas deben ampliar la colaboración entre la Secretaría de Energía y la industria automotriz. También se necesita una mayor colaboración y financiamiento para elaborar adecuadamente el Plan Integral de Movilidad Urbana Sostenible y el desarrollo así como la implementación de la Estrategia Nacional de Movilidad Urbana de la Secretaría de Desarrollo Rural, Territorial y Urbano con asignación de recursos apropiada; el Fondo Nacional de Infraestructura, la Secretaría de Desarrollo Rural, Territorial y Urbano, la Comisión Nacional de la Vivienda y el sector privado deben fomentar la creación de nuevas empresas de movilidad urbana para las empresas, los gobiernos estatales y las instituciones de gobierno metropolitano. Para implementar esta política, los gobiernos federal y local deben: (1) aumentar la coordinación metropolitana, (2) reformar las ordenanzas de uso de la tierra, (3) cambiar las reglas de operación de los fondos federales para la movilidad urbana y la vivienda, y (4) cambiar las reglas de funcionamiento de los fondos federales para garantizar que la mayoría de los recursos estén enfocados a la movilidad sostenible, especialmente al transporte público y no motorizado con apoyo a los órganos de gobierno metropolitano. Las medidas de gestión de la demanda de transporte proporcionan importantes cobeneficios (ver sección 5.5), particularmente en los sistemas BRT en ciudades como la Ciudad de México, León y Guadalajara. Actualmente, se proyecta escalar y replicar en 36 proyectos BRT en todo el país, dentro del sistema de transporte integrado (PROTRAM 2016).

## VII. Incrementar la eficiencia de energía en edificios comerciales y residenciales

Aunque las emisiones del sector de la construcción no son tan altas en México, este sector representa una

oportunidad para ayudar a lograr los objetivos de las INDC, ya que existe una fuerte voluntad política para mejorar los estándares de sistemas de enfriamiento y ventilación, recubrimiento del edificio e iluminación. Sin embargo, estas medidas, aunque costo-efectivas y fáciles de implementar en sentido ascendente, tomarían un tiempo razonablemente largo para convertirse en un ahorro de costos. Actualmente el tema de la eficiencia energética está incluido en muchos debates y planes de política en México. Por ejemplo, la eficiencia energética en los edificios es un área prioritaria del proyecto Misión Innovación (Misión Innovación 2016), que puede ampliarse mediante la colaboración internacional bilateral y multilateral, como el programa de Energía Sostenible para Todos (SE4ALL) lanzado por las Naciones Unidas.<sup>37</sup> Los principales desafíos con estas políticas son la difusión de las normas oficiales y los procesos de verificación e instituciones que vigilan el cumplimiento, así como algunos esfuerzos de cabildeo para promulgar normas oficiales menos ambiciosas. Recomendamos que la Comisión Nacional de Usos Eficientes de Energía, la Secretaría de Energía y los desarrolladores de componentes y edificios privados trabajen juntos para fortalecer la viabilidad de estas medidas y destacar los logros económicos de tener mejores estándares de eficiencia en el sector. Por ejemplo, mediante el fortalecimiento de la voluntad política en torno al Artículo 18 de la Ley de Transición Energética y el Artículo 1 del "Acuerdo delegado del Director General de la Comisión Nacional para la Conservación de la Energía", que autoriza al Director de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía emitir reglamentos dentro de su competencia y presidir el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos, respectivamente.

Las Secretarías de Economía y Relaciones Exteriores deberían ampliar el aprendizaje internacional y el desarrollo de capacidades en el marco de programas bilaterales y multilaterales de eficiencia energética, como Misión Innovación y Energía Sustentable para Todos.

#### VIII. Desarrollar una estrategia integral a largo plazo para alcanzar cero emisiones netas de GEI en línea con las metas a largo plazo del Acuerdo de París

A medida que México desarrolla sus planes para implementar sus metas de INDC, debe considerar el riesgo de que algunas vías hacia el cumplimiento de la meta no condicionada -e incluso de la meta condicionada- puedan impedir una mayor reducción de las emisiones posteriores

a 2030, lo que dificultaría el logro de las emisiones netas cero en el plazo implícito por el Acuerdo de París. Para tener una probabilidad media (superior al 50%) de limitar el calentamiento a 1.5 °C, las emisiones globales de dióxido de carbono deben alcanzar un nivel neto cero para 2045-2050, y las emisiones mundiales totales de GEI deben alcanzar el nivel neto cero para 2060-2080 (PNUMA 2015b). Para una probabilidad alta (superior al 66%) de limitar el calentamiento a 2 °C, los mismos hitos deben cumplirse no más de 15-20 años después.

La generación de energía por gas natural y los vehículos de combustibles fósiles son de particular importancia para México, ya que estos son especialmente vulnerables a estancarse en la reducción de emisiones (Erickson, et al. 2015). Si bien nuestro paquete de políticas en el escenario condicionado implica una inversión significativamente menor en ambas tecnologías que en nuestro escenario no condicionado (lo que a su vez implica una menor inversión que en el escenario de línea de base) ambos paquetes de políticas se basan en dichas tecnologías en cierta medida hasta 2030. Las expectativas de vida asumidas en el modelo Energy Policy Simulator -45 años para el gas natural de generación fuera de pico, 22 años para los vehículos ligeros y 29 años para los vehículos pesados- México tendría que retirar dichas tecnologías antes de que terminara su vida útil o compensar las emisiones de esas tecnologías con emisiones negativas para alcanzar las emisiones netas en un cronograma compatible con los objetivos de temperatura del Acuerdo de París. A nivel mundial, la Agencia Internacional de la Energía ha descubierto que la inversión continua a corto plazo en tecnologías convencionales en lugar de alternativas con bajas emisiones de carbono aumentaría los costos de inversión cuatro veces a largo plazo (IEA 2013).

Así, el gobierno mexicano –con la Comisión Intersecretarial sobre el Cambio Climático y la SEMARNAT tomando la iniciativa- debería dar prioridad al desarrollo de una estrategia integral a largo plazo para alinear sus trayectorias de emisiones con los objetivos del Acuerdo de París. Tal estrategia puede requerir en última instancia acciones de fortalecimiento en ciertas áreas relacionadas con los paquetes de políticas discutidos en este informe, por ejemplo, la eliminación progresiva de la infraestructura alimentada con combustibles fósiles, una electrificación más rápida del parque de vehículos y la mejora de la gestión de la demanda de transporte. Para desarrollar su estrategia a largo plazo, recomendamos que el gobierno revise su objetivo actual de reducir las

emisiones de GEI un 50% de 2000 para 2050 a la luz de los objetivos del Acuerdo de París (en particular, el de limitar el aumento de la temperatura global a 1.5 °C), desarrollar hitos sectoriales para implementar la meta de 2050, realizar un análisis completo del riesgo de dependencia de la infraestructura clave y refinar sus planes para alcanzar sus metas de INDC de manera que asegure la coherencia con estos hitos en una manera costo-eficiente. El Instituto de Ecología y Cambio Climático debería emprender el análisis del riesgo de dependencia al carbono para las infraestructuras clave,

incluyendo en particular la generación de energía a base de carbón y gas natural y los vehículos de combustibles fósiles. La SEMARNAT podría desarrollar vías sectoriales e hitos asociados para implementar la meta (potencialmente revisada).

La implementación de este plan de ocho puntos tiene el potencial de poner a México en un camino hacia el logro de sus metas de INDC, al tiempo que mejora la competitividad económica, la seguridad energética, la salud y el bienestar de su gente.

## ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

<b>CANACEM</b>	Cámara Nacional del Cemento	<b>SAGARPA</b>	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
<b>CENACE</b>	Centro Nacional de Control de Energía	<b>SCT</b>	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
<b>CN</b>	Carbono Negro	<b>SE</b>	Secretaría de Economía
<b>CFE</b>	Comisión Federal de Electricidad	<b>SEMARNAT</b>	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
<b>CICC</b>	Comisión Intersecretarial sobre el Cambio Climático	<b>SENER</b>	Secretaría de Energía
<b>CNH</b>	Comisión Nacional de Hidrocarburos	<b>SHCP</b>	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
<b>CO</b>	Monóxido de Carbono	<b>SLCP</b>	Contaminante de vida corta
<b>CO2e</b>	Equivalente de Dióxido de Carbono	<b>SOx</b>	Óxidos de Azufre
<b>CONANP</b>	Comisión Nacional de Áreas Protegidas	<b>SRE</b>	Secretaría de Relaciones Exteriores
<b>COFEMER</b>	Comisión Federal de Mejoras Regulatorias	<b>UNFCCC</b>	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
<b>CONUEE</b>	Comisión Nacional para el Uso Eficientes de Energía	<b>VOCs</b>	Compuestos Orgánicos Volátiles
<b>CRE</b>	Comisión Reguladora de la Energía		
<b>EPS</b>	Energy Policy Simulator		
<b>FIDE</b>	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica		
<b>GEI</b>	Gases de Efecto Invernadero		
<b>HDV</b>	Vehículo pesado		
<b>HFCs</b>	Hidrofluorocarbonos		
<b>INDC</b>	Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional		
<b>INECC</b>	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático		
<b>I&amp;D</b>	Investigación y Desarrollo		
<b>LDV</b>	Vehículo ligero		
<b>LGCC</b>	Ley General sobre el Cambio Climático		
<b>LULUCF</b>	Uso de la tierra, Cambio de Uso de la tierra y Silvicultura		
<b>NAMA</b>	Acciones Nacionalmente Apropriadas de Mitigación		
<b>NOM</b>	Norma Oficial Mexicana		
<b>NOx</b>	Óxido de Nitrógeno		
<b>OC</b>	Carbón Orgánico		
<b>PEMEX</b>	Petróleos Mexicanos, (Compañía estatal de petróleo)		
<b>PIB</b>	Producto Interno Bruto		
<b>PM</b>	Materia Particulada		
<b>PCG</b>	Potencial de Calentamiento Global		
<b>PROTRAM</b>	Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo		

## REFERENCIAS

- Alavez, Mario. 2015. "Sin despegar venta de autos eléctricos en México." 24 Horas. October 29. <http://www.24-horas.mx/sin-despegar-venta-de-autos-electricos-en-mexico/>.
- Bloomberg New Energy Finance. 2016. "Electric Vehicles to Be 35% of Global New Car Sales by 2040." London, April.
- Bloomberg. 2016. "Wind and Solar Are Crushing Fossil Fuels." <http://www.bloomberg.com/news/articles/2016-04-06/wind-and-solar-are-crushing-fossil-fuels>.
- Borja-Vega, C., and A de la Fuente. 2013. "Municipal Vulnerability to Climate Change and Climate-Related Events in Mexico." The World Bank, Social Development Department, Sustainable Development Network. [http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2013/04/22/000158349\\_20130422154749/Rendered/PDF/wps6417.pdf](http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2013/04/22/000158349_20130422154749/Rendered/PDF/wps6417.pdf).
- Carle, Jill. 2015. "Climate Change Seen as Top Global Threat." Pew Research Center Global Attitudes & Trends. July, 2015. <http://www.pewglobal.org/2015/07/14/climate-change-seen-as-top-global-threat/>.
- CCAC (Climate and Clean Air Coalition) . 2016. "The CCAC Oil & Gas Methane Partnership." <http://www.ccacoalition.org/en/content/ccac-oil-gas-methane-partnership>.
- CEMDA (The Mexican Center for Environmental Law). 2016. "Los derechos humanos y la calidad del aire en México." <http://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2016/05/Los-Derechos-Humanos-y-la-calidad-dei-aire-en-Me%CC%81xico.pdf>.
- CONUEE (National Commission for the Efficient Use of Energy). 2016. "Análisis de la evolución del consumo eléctrico del sector residencial entre 1982 y 2014 e impactos de ahorro de energía por políticas públicas." Mexico City: Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía.
- DOF (Official Journal of the Federation). 2014. "Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018." [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5342492&fe](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342492&fe).
- Dubash, N., D. Raghunandan, G. Sant, and A. Sreenivas. 2013. Indian Climate Change Policy: Exploring a Co-Benefits Based Approach. Economic & Political Weekly, Volume XLVIII no 22.
- EFE. 2016. "Gov't Seeks to Improve Fight against Pollution in Central Mexico." Fox News Latino. July 12. Accessed July, 19, 2016. <http://latino.foxnews.com/latino/news/2016/07/12/govt-seeks-to-improve-fight-against-pollution-in-central-mexico/>.
- Energy Innovation. 2015. "How To Take Control of America's Energy Future." <http://energyinnovation.org/wp-content/uploads/2015/11/EnergyInnovation-PolicySolutions.pdf>.
- EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 2016. "Particulate Matter (PM) Basics." US Environmental Protection Agency. July 1. <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>.
- Erickson, Peter, Sivan Kartha, Michael Lazarus, and Kevin Tempest. 2015. "Assessing Carbon Lock-in." Environmental Research Letters 10 (8): 084023.
- European Environment Agency. 2013. "Black Carbon: Better Monitoring Needed to Assess Health and Climate Change Impacts." European Environment Agency. <http://www.eea.europa.eu/highlights/black-carbon-better-monitoring-needed>.
- Fransen, Taryn, and Kelly Levin. 2016. "How Countries Can Align Long-Term Climate Strategies with the Paris Agreement." World Resources Institute, Washington, DC.
- Global Commission on the Economy and Climate. 2014. "Better Growth, Better Climate." London: NCE.
- Global Methane Initiative . 2015. "Global Methane Initiative: An Overview." Accessed July 13, 2016. <https://www.globalmethane.org/documents/gmi-factsheet.pdf>.
- Government of Mexico. 2014. "Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el Periodo 2020-2030." [http://www.inecc.gob.mx/descargas/adaptacion/2015\\_indc\\_esp.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/adaptacion/2015_indc_esp.pdf).
- Government of Mexico. 2015. "Intended Nationally Determined Contribution." <http://www4.unfccc.int/Submissions/INDC/Published%20Documents/Mexico/1/MEXICO%20INDC%2003.30.2015.pdf>.
- Government of Mexico. 2016. "Mexico: Existing Domestic Restoration Targets Submitted under the Bonn Challenge." <http://www.bonnchallenge.org/flr-desk/mexico>.
- Greenstone, Michael, Elizabeth Kopitsy, and Ann Wolverton. 2013. "Developing a Social Cost of Carbon for US Regulatory Analysis: A Methodology and Interpretation." Review of Environmental Economics and Policy (volume) 23-46.
- GTM (Green Tech Media). 2016. "Latin America PV Playbook." Accessed July 12, 2016. <http://www.greentechmedia.com/research/report/latin-america-pv-playbook>.
- Hepburn, Cameron. 2007. "Use of Discount Rates in the Estimation of the Costs of Inaction with Respect to Selected Environmental Concerns." OECD, Paris.
- IEA (International Energy Agency) 2013. "Redrawing the Energy-Climate Map: World Energy Outlook Special Report." <https://iea.org/publications/freepublications/publication/weo-special-report-2013-redrawing-the-energy-climate-map.html>.
- IEA. 2015. World Energy Outlook 2015. Paris: International Energy Agency.
- INE (The National Electoral Institute). 2011. "Guía para evaluar los impactos en la salud por la instrumentación de medidas de control de la contaminación atmosférica." Mexico City: INE-SEMARNAT.
- IMF (International Monetary Fund) 2014. Is it time for an infrastructure push? The macroeconomic effects of public investment. In World Economic Outlook, October 2014: Legacies, Clouds, Uncertainties. International Monetary Fund, Washington, DC. 75-114. Available at: <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2014/02/>.
- INECC and SEMARNAT (National Institute of Ecology and Climate Change and the Secretariat of Environment and Natural Resources). 2015. "Primer Informe Bial de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático."

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2012. "Quinta Comunicación Nacional Ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático." México.

International Partnership on Mitigation and MRV. 2013. "Energy Efficiency and Alternative Energy Use in the Cement Sector." <http://mitigationpartnership.net/energy-efficiency-and-alternative-energy-use-cement-sector>.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. "Assessing Transformation Pathways." In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.

Kaufman, N., M. Obeiter, and E. Krause. 2016. "Putting a Price on Carbon: Reducing Emissions." Issue Brief, World Resources Institute, Washington DC.

Kennedy, K., M Obeiter, and N. Kaufman. 2015. "Putting a Price on Carbon: A Handbook for U.S. Policymakers." Working Paper, World Resources Institute, Washington DC. [http://www.wri.org/sites/default/files/carbonpricing\\_april\\_2015.pdf](http://www.wri.org/sites/default/files/carbonpricing_april_2015.pdf).

Landa-Rivera, Gissela, Frédéric Reynès, Ivan Islas-Cortes, François-Xavier Bellocq, and Fabio Grazid. 2016. "Towards a Low Carbon Growth in Mexico: Is a Double Dividend Possible? A Dynamic General Equilibrium Assessment." *Energy Policy* volume 314-327.

Levin, Kelly, David Rich, Dennis Tirpak, Heather McGray, David Waskow, Yamil Bonduki, Michael Comstock, Ian Noble, and Kathleen Mogelgaard. 2015. "Designing and Preparing Intended Nationally Determined Contributions (INDCs)." World Resources Institute and United Nations Development Programme, Washington, DC: World Resources Institute.

MCE2-INECC (Molina Center for Energy and Environment and the National Institute of Ecology and Climate Change). 2013. "Apoyo a la Iniciativa de Planificación Nacional sobre Contaminantes Climáticos de Vida Corta en México." CCAC SNAP Initiative, Mexico City.

Mission Innovation. 2016. "Baseline, Doubling, and Narrative Information Submitted by Mission Innovation Countries and the European Union." Mission Innovation. June 2. <http://mission-innovation.net/wp-content/uploads/2016/06/MI-Country-Plans-and-Priorities.pdf>.

Morales, Yolanda. 2016. "México crece debajo de su potencial." *El Economista*. February 2016. Accessed July 19, 2016. <http://eleconomista.com.mx/finanzas-publicas/2016/02/16/mexico-crece-debajo-su-potencial>.

Morgan, J, K. Levin, J. Song, and J. Osonio. 2015. "Driving Transformative Change: The Role of the Private Sector in Advancing Short-Term and Long-Term Signals in the Paris Climate Agreement." [https://www.wri.org/sites/default/files/15\\_WP\\_Driving\\_Transform\\_Change-v4.pdf](https://www.wri.org/sites/default/files/15_WP_Driving_Transform_Change-v4.pdf).

New Climate Economy. 2014. "Better Growth, Better Climate, The New Climate Economy Report." [http://newclimateeconomy.report/2014/wp-content/uploads/2014/08/NCE-Global-Report\\_web.pdf](http://newclimateeconomy.report/2014/wp-content/uploads/2014/08/NCE-Global-Report_web.pdf).

Obras Web. 2016. "Las electrolineras crecerán 66% en México en 2016." Obras Web. February 22. Accessed May 2016. <http://www.obrasweb.mx/construccion/2016/02/22/las-electrolineras-creceran-66-en-mexico-en-2016>.

PROTRAM (Federal Support Program for Mass Transportation). 2016. "Projects Pipeline." January. Mexico City.

Rogelj, Joeri, Michel den Elzen, Niklas Hoehne, Taryn Fransen, Hanna Fekete, Harald Winkler, Roberto Schaeffer, Fu Sha, Keywan Riahi, and Malte Meinshausen. 2016. "Paris Agreement Climate Proposals Need a Boost to Keep Warming Well Below 2°C." *Nature* 534: 631-639.

Rojas, Leonora. 2014. "Implications of Air Pollution on Health in Mexico City's Metropolitan Area and the Potential Benefits of Applying Control Measures." Centro Mario Molina, Mexico City. [http://centromariomolina.org/english/wp-content/uploads/2014/07/Oportunidades-calidad-del-aire-y-salud-para-ZMVM-final\\_LeonoraRojas\\_eng.pdf](http://centromariomolina.org/english/wp-content/uploads/2014/07/Oportunidades-calidad-del-aire-y-salud-para-ZMVM-final_LeonoraRojas_eng.pdf).

Santiago, Judith. 2016. "México va por mercado de carbono." *El Economista*. August. 2015. <http://eleconomista.com.mx/mercados-estadisticas/2016/08/15/mexico-va-mercado-carbono>.

Santucci, Lorenzo, Ingo Puhl, Abu Hasnat Md. Maqsood Sinha, Iftekar Enayetullah, and William Kojo Agyemang-Bonsu. 2015. "Valuing the Sustainable Development Co-Benefits of Climate Change Mitigation Actions: The Case of the Waste Sector and Recommendations for the Design of Nationally Appropriate Mitigation Actions (NAMAs)". United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, Bangkok.

Secretariat of Energy. 2014. "Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) (Development Program for the National Electricity System)." [http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/54139/PRODESEN\\_FINAL\\_INTEGRADO\\_04\\_agosto\\_Indice\\_OK.pdf](http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/54139/PRODESEN_FINAL_INTEGRADO_04_agosto_Indice_OK.pdf).

Secretariat of Energy. 2015. "Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029." Ciudad de México.

SEMARNAT (Secretariat of Environment and Natural Resources). 2014. "Special Climate Change Program 2014-2018." [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5342492&fecha=28/04/2014](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342492&fecha=28/04/2014).

Tovilla, Jordi, and Daniel Buirra. 2015. "Pathways to Deep Decarbonization in Mexico." IDDRI-SDSN, Paris.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2015a. "Proposed Amendment to the Montreal Protocol Submitted by Canada, Mexico and the United States of America." <http://conf.montreal-protocol.org/meeting/oweg/oweg-36/presession/English/OEWG-36-3E.pdf>.

UNEP. 2015b. "The Emissions Gap Report 2015." Synthesis Report. UNEP, Nairobi.

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2015. "Adoption of the Paris Agreement." <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>.

White House: Office of the Press Secretary. 2016. "North American Climate, Clean Energy, and Environment Partnership Action Plan." <https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2016/06/29/north-american-climate-clean-energy-and-environment-partnership-action>.

WHO (World Health Organization). 2000. "Evaluation and Use of Epidemiological Evidence for Environmental Health Risk Assessment." Guideline Document. WHO, Copenhagen.

## NOTAS FINALES

1. Energy Innovation: Policy and Technology LLC, es una empresa dedicada a la política energética y ambiental que desarrolla investigación y análisis para los responsables de política con el fin de ayudarles a tomar decisiones informadas sobre política energética.
2. En el presente trabajo, seguimos la caracterización de la industria como el colectivo de actividades consideradas dentro del modelo Energy Policy Simulator. Estas actividades incluyen un conjunto más amplio que los de la definición del sector de la industria tradicional (por ejemplo, los Sistemas de Cuentas Nacionales). Consideramos aquellas actividades con emisiones de gases de efecto invernadero por procesos industriales, ya sean públicas o privadas, en los sectores más allá de la industria de la manufactura, tales como la agroindustria, minería, petróleo y gas, así como la gestión de residuos.
3. El programa de los Estados Unidos AgSTAR promueve el uso de sistemas de recuperación de biogás para reducir las emisiones de metano de los residuos ganaderos mediante la identificación de los beneficios del proyecto, riesgos, opciones y oportunidades. <https://www.epa.gov/agstar/what-epa-doing-agstar>
4. Este compromiso se hizo como parte de una meta no condicionada para reducir el 25% de las emisiones de GEI de México y SCLPs (por debajo de la línea de base) en el año 2030. México también incluye un objetivo condicionado en sus INDC: reducir un 40% de las emisiones de GEI de México y SCLPs (por debajo de la línea de base) en 2030.
5. Los elementos centrales de las comunicaciones nacionales incluyen información relevante de las circunstancias nacionales, los inventarios de GEI, una evaluación de la vulnerabilidad y la adaptación, la evaluación de actividades de mitigación, recursos financieros, transferencia de tecnología así como educación, formación y sensibilización del público.
6. De acuerdo con el Plan de Acción de la Asociación Norteamericana para el Clima, las Energías Limpias, y el Medio Ambiente, las energías limpias incluyen tecnologías nucleares, renovables y de captura y almacenamiento de carbono.
7. Esta fue la primera vez que un objetivo de eficiencia energética se estableció por ley. Antes de eso, sólo se había establecido en programas nacionales como el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía y el Programa Sectorial de Energía.
8. El Energy Policy Simulator incluye tanto políticas no energéticas, como las que afectan a la utilización de la tierra y los procesos industriales, como las políticas energéticas.
9. El Energy Policy Simulator fue desarrollado por Energy Innovation LLC, con la ayuda del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) y la Universidad de Stanford. El modelo ha sido revisado por individuos asociados con el Argonne National Laboratory, el National Renewable Energy Laboratory, el Lawrence Berkeley National Laboratory, el Centro Nacional para la Estrategia de Cambio Climático y Cooperación Internacional de China y el Instituto de Investigación de Energía y Clima Interactivo de China. La adaptación del modelo para México se llevó a cabo en forma conjunta por Energy Innovation LLC, el Centro Mario Molina, el World Resources Institute, y CTS EMBARQ México.
10. Documentación adicional sobre el Energy Policy Simulator, que va más allá del alcance de este informe, se puede encontrar en la página web del modelo, en: <http://energypolicy.solutions>.
11. Estos son: Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O), gases fluorados de alto potencial de calentamiento atmosférico (gases-F), partículas con diámetro aerodinámico de 10 micrómetros o menos (PM<sub>10</sub>), material particulado con diámetro de 2.5 micras aerodinámicas o menos (PM<sub>2.5</sub>), Carbono Negro (CN), Carbono Orgánico (CO), Monóxido de Carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COV), Óxidos de Nitrógeno (NOx), y Óxidos de Azufre (SOx).
12. La implementación de algunas políticas tomará más tiempo, otras menos. Por simplicidad, suponemos que todas las políticas se implementan linealmente entre 2017 y 2030.
13. El modelo Energy Policy Simulator ha sido revisado por académicos de la Universidad de Stanford, el Instituto de Tecnología de Massachusetts, la Universidad de Chicago, el Laboratorio Nacional de Argonne, el Laboratorio Nacional de Energía Renovable, y el Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley, entre otros.
14. Téngase en cuenta que reportamos el total de las emisiones de GEI, que incluye las emisiones de los procesos de industriales y agrícolas, residuos y uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. Las emisiones por electricidad pueden parecer bajas, pero el sector eléctrico de México no es intensivo en carbón, que es la fuente de uso intensivo con más emisiones. Además, a menudo los modelos se centran sólo en las emisiones relacionadas con la energía, de las cuales el sector eléctrico representa una parte mayor.
15. La viabilidad tecnológica ya está implícita en el diseño de los datos de insumo del modelo.
16. Estas políticas fueron seleccionados con referencia a (Tovilla y Buira 2015).
17. Hubo, sin embargo, una política que obtuvo una D y sin embargo llegó a la etapa de clasificación final: la electrificación de vehículos. Esto se debe a la reducción significativa de alto potencial a largo plazo y el hecho de que la política puede llegar a ser rentable posterior a 2030.
18. El impuesto sobre el carbono actual en México es menor (alrededor de \$US3.5/tCO<sub>2</sub>e) (Landa-Rivera, et al. 2016)
19. El Energy Policy Simulator también produce estimaciones del costo de los daños climáticos evitados (basado en el costo social del carbono), pero los daños climáticos evitados no tienen en cuenta las métricas de costo de los paquetes de política usadas aquí.
20. Como la Comisión Global sobre Economía y Clima (2014) explica: "El costo social del carbono (SCC) es una medida teórica que trata de valorar el costo social total de los daños de una tonelada adicional de emisiones de gases de efecto invernadero... señala lo que la sociedad debería, en teoría, estar dispuesta a pagar ahora para evitar el daño futuro causado por el incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero".
21. El lector interesado puede profundizar en esta discusión en (Comisión Global sobre Economía y Clima 2014) y (Hepburn 2007)
22. La división de incentivos se produce cuando la parte responsable del pago de las facturas de energía (por lo general el inquilino) no es la misma que la parte responsable de las inversiones de capital (por lo general el propietario). Dado que los beneficios de las mejoras de eficiencia serían para el inquilino, pero el costo de la mejora de capital para generar esos beneficios sería asumido por el propietario, éste puede carecer de los incentivos para hacer las mejoras.

23. <http://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2016/05/Los-Derechos-Humanos-y-la-calidad-dei-aire-en-Me%CC%81xico.pdf>
24. La exposición a corto plazo se refiere a horas y a días, mientras que la exposición a largo plazo implica meses y años.
25. El sector industria del modelo Energy Policy Simulator abarca un conjunto más amplio de actividades que las de la definición del sector de la industria tradicional (por ejemplo, los Sistemas de Cuentas Nacionales). Consideramos aquellas actividades con emisiones de gases de efecto invernadero por procesos industriales, ya sean públicas o privadas, en los sectores más allá de la industria de la manufactura, tales como la agroindustria, minería, petróleo y gas, así como la gestión de residuos.
26. Desde 1990, CEMEX ha estado reemplazando el clinker de cemento con sustitutos tales como escoria de alto horno, cenizas volátiles, y minerales puzolánicos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de sus productos de cemento (el contenido medio de clinker en todos sus productos cementeros ahora se sitúa en el 78.6%, por debajo de 85.5% en 1990).
27. Para reducir 161,724 toneladas de metano al año en 2018 (contra una línea de base 2014, donde 0 toneladas de metano eran mitigadas por año). Esto es equivalente a la reducción de 9% por debajo de la línea de base para el año 2030 (linealmente extrapolando el mismo tipo de reducción para 2030).
28. La CCAC Oil & Gas Methane Partnership proporciona a las empresas un mecanismo para hacer frente a sus emisiones de metano, y demostrar este enfoque sistemático y sus resultados a las partes interesadas. Una empresa que se une voluntariamente a la dicha Asociación se compromete a lo siguiente en sus operaciones participantes: (1) investigar nueve fuentes fundamentales que dan cuenta de la mayor parte de las emisiones de metano en las operaciones ascendentes típicas; (2) evaluar las opciones tecnológicas rentables para hacer frente a las fuentes no controladas; y (3) informar el progreso sobre las investigaciones, evaluaciones y ejecución de los proyectos de una manera transparente que muestre resultados (CCAC 2016).
29. Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH.06.001 / 09) - Criterios de funcionamiento y aplicación para el cálculo de la quema y desfogue de gas natural. [http://www.cnh.gob.mx/\\_docs/QuemaVto/DT\\_QyV.pdf](http://www.cnh.gob.mx/_docs/QuemaVto/DT_QyV.pdf)
30. El programa de los Estados Unidos, AgStar, promueve el uso de sistemas de recuperación de biogás para reducir las emisiones de metano de los residuos ganaderos mediante la identificación de los beneficios del proyecto, riesgos, opciones y oportunidades. <https://www.epa.gov/agstar/what-epa-doing-agstar>
31. El carbono azul es el carbono almacenado y recuperado en los ecosistemas costeros como los manglares, pastos marinos o marismas interoceánicos. Estos valiosos ecosistemas poseen vastas reservas de carbono; recuperan CO<sub>2</sub> atmosférico a través de la producción primaria, y luego lo depositan en sus sedimentos. <http://bluecarbonportal.org/the-new-blue-carbon-homepage-2/about-2/what-is-blue-carbon/>
32. El sector forestal en México cuenta con un marco jurídico relativamente complejo, donde interactúan casi 30 leyes federales y al menos 15 reglamentos nacionales. Las instituciones de gobierno deben realizar al menos las disposiciones compatibles en virtud de la Ley General de Cambio Climático, el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018 (PROMARNAT), el Programa Especial de Cambio climático 2014-2018, el Programa Nacional Forestal (2013-2018), y la Estrategia Nacional REDD+.
33. La Iniciativa Global de Metano es "una iniciativa pública-privada internacional, que impulsa la reducción costo-eficiente de metano a corto plazo y la recuperación y uso como fuente de energía limpia en cuatro sectores: la agricultura, las minas de carbón, residuos sólidos urbanos, el petróleo y el gas y los sistemas de aguas residuales... la Iniciativa reduce las barreras de información, institucionales, y otras barreras de mercado para proyectar el desarrollo a través del desarrollo de herramientas y recursos, la formación y la creación de capacidad, demostración de la tecnología y el apoyo directo a proyectos" (Iniciativa Global de Metano 2015).
34. El artículo 102, V de la Ley General para el Cambio Climático.
35. Un feebate es una cuota en la tecnología ineficiente y una rebaja en los vehículos eficientes.
36. Esto puede explicar el escepticismo expresado durante el proceso de consulta seguido para este informe con respecto a la relación costo-eficiencia y la viabilidad política de las políticas de electrificación de vehículos, cuyo resultado fue que, en nuestro modelo de escenario no condicionado y condicionado, un estimado de sólo el 2% y el 5% de la flota sería electrificada para 2030, respectivamente. Esto podría ser visto como conservador en el contexto mundial; otras proyecciones prevén que la flota mundial será electrificada en más de 25% para 2040 como (Bloomberg New Energy Finance 2016).
37. Por ejemplo, se utilizó el Acelerador de la Eficiencia en la Construcción de WRI para desarrollar el "Código de Conservación de Energía para las Edificaciones de México" por EMBARQ México, la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) y Calidad y Sustentabilidad en la Edificación (CASEDI), con el apoyo de la Embajada Británica en México y su futura aplicación en las ciudades mexicanas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a las siguientes personas por su revisión, comentarios e insumos: Juan Carlos Arredondo, Celina Bonugli, Daniel Buira Clark, Adrián Fernández, Andrés Flores, Fernando González de Aragón, Kristin Igusky, Virginia Leal, Adriana Lobo, Juan Manuel Diosdado Delgado, y Eduardo Olivares. Si bien nuestros colegas fueron muy generosos con su tiempo y aportaciones, este documento de trabajo refleja sólo las opiniones de los autores.

Gracias también a Hyacinth Billings, a Lee Hager, a Mary Paden, a Jenna Park y a Carni Klirs por brindar apoyo administrativo, de edición y de diseño.

Por último, la financiación del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (BMZ) hizo posible este análisis. Agradecemos su apoyo.

## ACERCA DE LOS AUTORES

Juan-Carlos Altamirano es Economista Senior del Economics Center en WRI. Contacto: [jaltamirano@wri.org](mailto:jaltamirano@wri.org)

Erika Ortiz Sánchez es Economista del Centro Mario Molina.

Jeffrey Rissman es Jefe de Modelado en Energy Innovation.

Katherine Ross es Analista de Investigación en el Global Climate Program en WRI.

Taryn Fransen es Asociado Senior y Director de la Open Climate Network en WRI.

Carlos Brown Solá es Economista en WRI México.

Julia Martínez es Directora de Economía Ambiental y Cambio Climático en WRI México.

## ACERCA DE OPEN CLIMATE NETWORK

La Open Climate Network (OCN) reúne a institutos de investigación independientes y grupos de partes interesadas para monitorear el progreso de los países sobre el cambio climático. Buscamos acelerar la transición a un futuro de bajas emisiones y resistente al cambio climático, proporcionando información coherente y creíble que mejore la rendición de cuentas tanto dentro de los países, como entre ellos. [www.openclimatenetwork.org](http://www.openclimatenetwork.org).

Este documento de trabajo forma parte de una iniciativa de la OCN para informar sobre las metas posteriores a 2020 de mitigación de GEI en las INDCs bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. La Secretaría de la OCN, con sede en el World Resources Institute, está gestionando este esfuerzo multinacional. Para obtener más información sobre esta iniciativa, póngase en contacto con [openclimate@wri.org](mailto:openclimate@wri.org)

## ACERCA DE WRI

World Resources Institute es una organización global de investigación que convierte las grandes ideas en acciones conjuntando el medio ambiente, las oportunidades económicas y el bienestar humano.

## ACERCA DE ENERGY INNOVATION: POLICY AND TECHNOLOGY LLC

Energy Innovation: Policy and Technology LLC es una empresa dedicada a la política energética y ambiental. Proveemos investigaciones de alta calidad y análisis originales a los responsables de política para ayudarles a tomar decisiones informadas sobre opciones en materia de energía. La misión de Energy Innovation es la de acelerar el progreso hacia un futuro bajo en carbono a través del apoyo a políticas que reduzcan más efectivamente las emisiones de gases de efecto invernadero. Trabajamos de forma conjunta con otros expertos, ONGs, los medios, y el sector privado para asegurarnos que nuestras acciones complementen su trabajo.

## ACERCA DEL CENTRO MARIO MOLINA

El Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos Sobre Energía y Medio Ambiente (CMM) es una organización sin fines de lucro, establecida en la Ciudad de México en 2004 por el Premio Nobel de Química Dr. Mario Molina. El Centro tiene la misión de contribuir al desarrollo sustentable y la transición energética tomando un enfoque objetivo, independiente y no-partidista. La agenda de CMM cubre una variedad de tópicos los cuales incluyen las siguientes cinco áreas de trabajo: 1) Energía, 2) Cambio climático, 3) Contaminación ambiental y salud pública, 4) Ciudades sustentables, y 5) Educación y disseminación.

El CMM ha sido uno de los institutos de investigación y de opinión líderes en América Latina, y ha contribuido a la formación de conocimiento científico y técnico, la producción de análisis detallados, la generación de consenso entre diferentes actores, así como a la educación e información de la sociedad.



WRI MÉXICO



Copyright 2016 World Resources Institute. This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of the license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>