

# Estrategias integradas en contaminantes climáticos de vida corta para mejorar la calidad del aire y reducir el impacto al cambio climático

Apoyo a la planeación nacional para reducir contaminantes climáticos de vida corta

**SNAP-MÉXICO 2019**

# INSTITUCIONES

- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.
- Organización Panamericana de la Salud.
- Instituto Nacional de Salud Pública.
- Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cooperación Danesa-México.
- Molina Center for Energy and Environment.
- World Resources Institute-México.
- Stockholm Environment Institute-York.

## D.R. © Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

Blvd. Adolfo Ruiz Cortines 4209, Col. Jardines en la Montaña,  
Ciudad de México, C.P. 14210  
[www.gob.mx/inecc](http://www.gob.mx/inecc)

## Climate and Clean Air Coalition (CCAC)

15 rue de Milan  
75441 Paris Cedex 09, France.  
[ccac\\_secretariat@unep.org](mailto:ccac_secretariat@unep.org)  
[www.ccacoalition.org](http://www.ccacoalition.org)

Climate and Clean Air Coalition, National Institute of Ecology and Climate Change,  
Stockholm Environment Institute, SEI-York, United Nations Environment Programme

## Reproducción

Esta publicación puede reproducirse total o parcialmente y en cualquier forma con fines educativos o sin fines de lucro sin un permiso especial del titular de los derechos de autor, siempre que se haga un reconocimiento de la fuente. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, la Coalición de Clima y Aire Limpio y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático agradecerán recibir una copia de cualquier publicación que utilice esta fuente de publicación.

**Citar como:** INECC, CCAC, PNUMD (2019). Estrategias integradas en contaminantes climáticos de vida corta para mejorar la calidad del aire y reducir el impacto al cambio climático. Publicado en Enero 2020.

## Descargo de responsabilidades

El contenido de este informe no refleja necesariamente las opiniones o políticas del PNUMA u organizaciones contributivas. Las designaciones empleadas y la presentación del material no implican las expresiones de ninguna opinión por parte de PNUMA u organizaciones contributivas sobre la condición jurídica de ningún país, territorio, ciudad o a sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites o la designación de su nombre, fronteras o límites. La mención de una entidad comercial o producto en esta publicación no implica aprobación por el PNUMA.



## AGRADECIMIENTOS

Reconocemos y agradecemos a todos aquellos que participaron en la preparación y revisión de cada una de las etapas del documento **“Estrategias Integradas en contaminantes climáticos de vida corta para mejorar la calidad del aire y reducir el impacto al cambio climático”**. Los autores agradecen a Chris Malley, Johan Kuylenstierna, Elsa Lefevre, Marisela Ricardez (May), Charlie Heaps, Helena Valdez por su apoyo y seguimiento durante el desarrollo de la estrategia, a Evelyn Madrid, Gustavo Mañez de la oficina de UNEP-Panamá, a la **Dirección General del INECC**, Amparo Martínez e Ileana Villalobos, a la **Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental**, Víctor Hugo Páramo Figueroa, Sergio Zirath Hernández, Francisco Hernández, a la **Coordinación General de Mitigación del Cambio Climático**, Claudia Octaviano, Itzchel Nieto y Fabiola Ramírez, a la **Coordinación General de Cambio Climático para la Evaluación de las Políticas de Mitigación y Adaptación**, Marco Heredia, a la **Dirección de Asuntos Internacionales del INECC**, Iris Jiménez, Patricia Arendar, Jessica Espindola, y a todas las áreas del INECC que facilitaron el trabajo de la Unidad de Apoyo sobre Contaminantes Climáticos-SNAP-México.

**Coordinación de autores:** Abraham Ortíz (INECC-CCAC), Chris Malley (SEI-York), Gonzalo García Miaja (INECC-CCAC).

**Autores principales:** Abraham Ortíz (INECC-CCAC), Andrea Díaz (INECC-CCAC), Chris Malley (SEI-York), Gerardo Ruiz (INECC-CCA-UNAM), Gonzalo García Miaja (INECC-CCAC), Johan Kuylenstierna (SEI-York), Marco Heredia (INECC), Pilar Salazar (INECC).

**Contribuciones sectoriales:** Adolfo Contreras (INECC), Amalia Pizarro (Cooperación Danesa México), Agustín Sánchez (Protocolo de Montreal SEMARNAT), Arturo Gavilán (INECC), Carlos Matías (INECC), Erika Marcé (INECC), Jorge Gutierrez (INECC-Cooperación Danesa), Ignacio Navarrete (CONUEE), Itzchel Nieto (INECC), Karin Troncoso (OPS), Luis Conde (INECC), Miguel Garcia (INECC), Paulina Cardenas (INECC), Rodrigo Fernández (INECC), Tania Ramírez (INECC), Yutsil Sanginés (INECC).

**Revisores CCAC-SNAP:** Beatriz Cárdenas (WRI-México), Chris Malley (SEI-York), Elsa Lefevre (CCAC), Gerardo Ruíz (INECC-UNAM), Graciela Raga (SAP-CCAC-UNAM), Luisa Molina (MCE2), Marisela Ricárdez (UNEP-CCAC).

**Revisores:** Berta Helena de Buen (Consultor), Fernando Olea (consultor), Gerardo Mendiola (Consultor), Natalia Soriano (ss).

**Campaña de divulgación sobre Contaminantes Climáticos de Vida Corta:** Alejandro Cartagena (INECC-PNUD), Erika Marcé (INECC), Rodrigo Fernández (INECC).

**Diseño editorial:** Sebastian Matamoros Nava



El cambio climático que experimenta actualmente nuestro planeta es un fenómeno complejo, en el que interactúan factores económicos y sociales con procesos físicos, bioquímicos y ambientales. Las acciones para evitar que el aumento de temperatura sea mayor a 1.5°C sobre la temperatura preindustrial, deben de considerar esa complejidad. Las estrategias integradas para mejorar la calidad del aire y reducir el impacto de contaminantes climáticos de vida corta (ccvc), incorporan una visión con beneficios múltiples para la salud humana y de los ecosistemas, para mejorar el ambiente local y regional, a la vez que contribuyen a frenar el calentamiento global. El ponerlas en marcha constituye un verdadero compromiso con las generaciones futuras y presentes.

**María Amparo Martínez Arroyo**

**Directora General**

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

## MARCO GENERAL

México reconoce la necesidad de desarrollar estrategias integradas para mejorar la calidad del aire, mitigar el cambio climático y maximizar los beneficios en la salud. El reducir los ccvc permitirá lograr sus objetivos climáticos y mejorar la calidad del aire. Los ccvc, en este contexto son: carbono negro (CN), metano, ozono troposférico (O<sub>3</sub>) hidrofluorocarbonos (HFC), que tienen una vida atmosférica mucho más corta que el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), lo que significa que los beneficios son en el corto plazo.

En contraste, las reducciones de CO<sub>2</sub> son esenciales para lograr los objetivos a largo plazo para limitar el aumento de temperatura, como se describe en el Acuerdo de París. La reducción conjunta de emisiones de ccvc y de gases de efecto invernadero es muy importante para limitar el aumento de temperatura en el corto plazo en 1.5 grados como lo menciona el reporte especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC-2013) y evitar los fenómenos meteorológicos extremos, los cambios en los patrones de precipitación, las olas de calor, las inundaciones, la sequía y el deshielo glacial entre otros.

Reducir los ccvc también disminuye la contaminación del aire, la cual es un factor de riesgo ambiental para la salud humana. La OMS estimó alrededor de 4.2 millones de muertes prematuras en 2016 relacionadas con la exposición a la contaminación del aire ambiente y en los hogares (OMS, 2018). El carbono negro forma parte importante de las partículas finas (PM<sub>2.5</sub>), que producen el mayor daño a la salud. El metano, a su vez, es un precursor del ozono troposférico, un contaminante que aumenta los cuadros de asma y otras enfermedades respiratorias.

México, al reconocer la importancia de mitigar los ccvc, estableció en sus contribuciones nacionalmente determinadas (CND) un objetivo para reducir las emisiones de carbono negro en un 51%, siendo el primer país en el mundo en hacerlo, manteniendo su compromiso de mitigación de los gases de efecto invernadero en un 22%, al 2030.

El objetivo de este documento es esbozar las acciones clave que México tomará para reducir los ccvc, los múltiples beneficios que podrían lograrse al ejecutar las acciones en calidad del aire, salud y cambio climático. En esta estrategia se describen las rutas subsectoriales que emiten carbono negro, metano, HFC y precursores de ozono; se cuantifican las reducciones de emisiones con respecto a la línea base, y se mencionan posibles horizontes de tiempo necesarios para llevarlas a cabo.

Para el carbono negro, estas estrategias incluyen rutas de mitigación con el máximo beneficio sobre los mayores subsectores emisores como son: ingenios azucareros, transporte, cocción residencial y ladrillero artesanal. La implementación completa de estas medidas puede reducir las emisiones de carbono negro en 53% para el 2030 en comparación con un escenario a la línea base, y por lo tanto lograría el compromiso de México de una reducción del 51% en 2030 descrita en su CND.

Para el metano, las rutas de mitigación incluidas en esta estrategia se encuentran en el sector ganadero y las aguas residuales industriales y municipales. La implementación total de estas medidas lograría el 9% del objetivo de reducción de gases de efecto invernadero de México descrito en su CND.

Las medidas de mitigación incluidas en esta estrategia para los HFC incluyen el cambio y reducción del gas HFC 134<sup>a</sup> de mayor calentamiento global. La implementación total de estas medidas lograría el 12% del objetivo de reducción de gases de efecto invernadero de México descrito en su CND.

La puesta en marcha de esta estrategia de manera conjunta con acciones climáticas, eficiencia energética, salud y calidad del aire, pondrían a México en la ruta de alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) al 2030.

# CONTENIDO

<b>1</b>	<b>CONTEXTO NACIONAL</b>	<b>10</b>
1.1	Oportunidades para la integración de la calidad del aire y el cambio climático	12
1.2	Beneficios de reducir los contaminantes climáticos de vida corta	13
1.3	Los contaminantes climáticos de vida corta y la contribución nacionalmente determinada de México	14
1.4	Los Hidrofluorocarbonos (HFC) y el compromiso de mitigación de México	16
1.5	Enfoque sistémico de los ccvc	17
1.6	Los Hidrofluorocarbonos (HFC) y el compromiso de mitigación de México	16
1.7	Planeación en México sobre calidad del aire y cambio climático	18
1.8	Estructura del proyecto SNAP-II	19
1.9	Metodología para la evaluación de escenarios con múltiples beneficios	20
1.10	Bases para la evaluación de escenarios con beneficios múltiples	20
1.11	Escenarios a 2030 y 2050	21
<b>2</b>	<b>EMISIONES DE CARBONO NEGRO</b>	<b>22</b>
2.1	Contexto y emisiones actuales	23
2.2	Línea base para carbono negro y reducciones del 2010-2050	23
<b>3</b>	<b>AUTOTRANSPORTE</b>	<b>26</b>
3.1	Contexto y emisiones actuales	27
3.2	Escenarios de mitigación	28
3.3	Escenarios combinados de mayor ambición	28
3.4	Ruta de implementación	29
3.5	Recomendaciones sobre la ruta de implementación	31
<b>4</b>	<b>INGENIOS AZUCAREROS</b>	<b>32</b>
4.1	Contexto y emisiones actuales	33
4.2	Escenarios de mitigación	34
4.3	Ruta de implementación	35
4.4	Recomendaciones sobre la ruta de implementación	35
4.6	Escenario de control de emisiones	36

<b>5</b>	<b>RESIDENCIAL</b>	<b>36</b>
5.1	Contexto y emisiones actuales	39
5.2	Escenarios de mitigación	40
5.3	Ruta de implementación	41
5.5	Recomendaciones sobre la ruta de implementación	42
5.6	Escenario de mitigación con mayores beneficios	42
<b>6</b>	<b>LADRILLERAS ARTESANALES</b>	<b>44</b>
6.1	Contexto y emisiones actuales	45
6.2	Escenarios de mitigación	45
6.3	Ruta de implementación	48
6.5	Recomendaciones sobre la ruta de implementación	49
6.6	Escenario de control de emisiones	49
<b>7</b>	<b>EMISIONES DE METANO</b>	<b>50</b>
7.1	Contexto y emisiones actuales	51
7.2	Línea base para metano y reducciones del 2010-2050	51
<b>8</b>	<b>RESIDUOS SÓLIDOS</b>	<b>55</b>
8.1	Contexto y emisiones actuales	55
8.2	Escenarios de mitigación	56
8.3	Ruta de implementación	58
8.5	Recomendaciones sobre la ruta de implementación	59
8.6	Escenario de mitigación con mayores beneficios	59

---

## **9 AGUAS RESIDUALES 60**

---

9.1	Contexto y emisiones actuales	61
9.2	Escenarios de mitigación	62
9.3	Ruta de implementación	63
9.5	Recomendaciones sobre la ruta de implementación	63
9.6	Escenario de mitigación con mayores beneficios	63

## **10 GANADERO 64**

---

10.1	Contexto y emisiones actuales	65
10.2	Escenarios de mitigación	66
10.3	Ruta de implementación	67

## **11 HIDROFLUOROCARBONOS 68**

---

11.1	Contexto y emisiones actuales	69
11.2	Escenarios de mitigación	72
11.3	Ruta de implementación	75

## **12 ACCIONES PARA REDUCIR PRECURSORES DE OZONO TROPOSFÉRICO 76**

---

12.1	Principales fuentes de emisión de precursores de ozono	77
12.2	Ruta de implementación	78

## **13 EVALUACIÓN DE LA POLÍTICA SOBRE LOS CCVC 82**

---

<b>14</b>	<b>CONSIDERACIONES ECONÓMICAS PARA REDUCIR LOS CCVC</b>	<b>86</b>
14.1	Contexto y emisiones actuales	87
14.2	Las acciones tempranas y contundentes son más rentables y, por tanto, más racionales económicamente que la inacción	89
14.3	El análisis económico permite identificar acciones prioritarias	89
14.4	Los resultados indirectos también deben ser visibilizados	89
14.5	Identificación del financiamiento disponible para su implementación	89
14.6	Desarrollo de modelos de negocio como indicador de la viabilidad económica	92
14.7	A manera de conclusión	93
<b>15</b>	<b>LOS COBENEFICIOS DE REDUCIR LOS CCVC</b>	<b>95</b>
15.1	Los objetivos de desarrollo sostenible (ods), y los ccvc en México	95
15.2	Rutas de mitigación y cobeneficios sobre las medidas propuestas	95
15.3	Matriz de impacto de las rutas de mitigación de los ccvc en los ods	99
<b>16</b>	<b>LA CIENCIA COMO SOPORTE PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE Y MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<b>100</b>
16.1	Red de Investigación en Contaminación Atmosférica y Mitigación del Cambio Climático	101
<b>17</b>	<b>ESTRATEGIA DE COMUNICACIÓN PARA REDUCIR LOS CCVC</b>	<b>102</b>
<b>18</b>	<b>CONSIDERACIONES GENERALES</b>	<b>104</b>
<b>19</b>	<b>REFERENCIAS</b>	<b>105</b>

## CONTEXTO NACIONAL

México fue el primer país en desarrollo en presentar su Contribución Nacionalmente determinada (CND), junto con la Estrategia de Medio Siglo (EMS) en 2016 durante la COP 22. El compromiso de México ante el cambio climático fue ratificado durante la COP 24, en Katowice Polonia en 2018, manteniendo el propósito de alcanzar las metas establecidas en el Acuerdo de París que involucran no solamente la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en 22%, sino también de una mitigación integral que incluye al carbono negro con una meta del 51% a 2030 (Fig. 1).

Fig. 1. Compromisos de mitigación de México a 2030



Fuente: INECC 2018a

La relevancia de los ccvc para México se debe principalmente a su contribución a la contaminación atmosférica, al calentamiento global y sus impactos negativos en la salud humana, la agricultura y los ecosistemas: El tiempo de vida media de estos contaminantes es de unos pocos días hasta aproximadamente una década de permanencia en la atmósfera. Los principales ccvc son el metano, el ozono troposférico, el carbono negro y los HFC. La Organización Mundial de la Salud (OMS), indica que la contaminación atmosférica e intramuros contribuye con 7 millones de muertes prematuras al año<sup>1</sup>.

Reconociendo la importancia de los efectos climáticos y los múltiples beneficios de la reducción de los forzantes climáticos<sup>2</sup>, México reafirma su compromiso y participa en la creación de la **Coalición del Clima y Aire limpio (CCAC)**, donde se promueve la reducción de ccvc y establece las bases de una hoja de ruta para incluir en su política pública ambiental de cambio climático y de calidad del aire, las acciones o estrategias acordes con su capacidad para reducir estos contaminantes y evitar el aumento de temperatura global por arriba de 1.5° grados centígrados. Su participación en la **CCAC** como miembro fundador y

socio líder en diferentes iniciativas, le permitió desarrollar en una primera fase el estudio **“Temas emergentes en el cambio climático: el metano y el carbono negro, posibles cobeneficios y desarrollo de planes de inversión”** (INE, 2011).

Una vez establecidas las bases para evaluar el estado de los ccvc en México, con el objetivo de articular acciones específicas de mitigación, en 2013 se promulgó la **Ley General de Cambio Climático**, donde se hace clara referencia a los compuestos de efecto invernadero como son los forzantes climáticos, y durante el mismo año se elabora el primer diagnóstico nacional con apoyo de la CCAC y la iniciativa SNAP (**Support National Action and Planning to reduce SLCPS**) **“Apoyo a la iniciativa de planificación nacional sobre contaminantes climáticos de vida corta en México”** (INECC, 2013). Este documento sentó las bases de la política climática nacional para incluir en la (CND) la meta no condicionada del carbono negro.

Con respecto a las acciones en política pública para mejorar la calidad del aire, en 2017 se diseñó la **Estrategia Nacional de Calidad del Aire** (ENCA-SEMARNAT 2017), un instrumento de gestión para controlar, mitigar y prevenir la emisión y concentración de contaminantes atmosféricos, concordante en varios temas relacionados con fuentes y mitigación de la **Estrategia Nacional de Cambio Climático** (ENCC-SEMARNAT-2013).

Con la finalidad de apoyar los compromisos establecidos por México y mejorar la calidad del aire al 2030, en 2018 la CCAC junto con el gobierno de México, desarrollaron la segunda fase de **SNAP-II** plasmada en el presente reporte, con el objetivo de evaluar el potencial de mitigación y conocer los beneficios múltiples de las acciones para reducir los ccvc con las siguientes premisas:

- Identificar el potencial de mitigación para el cumplimiento del la CND con respecto al carbono negro, metano e HFC.
- Evaluar y definir las rutas de mitigación con mayor potencial para reducir los ccvc, cumplir con el NDC, mejorar la calidad del aire y reducir el impacto en salud.
- Vincular los potenciales de mayor mitigación con los ODS.

<sup>1</sup> <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/es/>

<sup>2</sup> <http://airclim.org/sites/default/files/documents/briefing-12-4.pdf>

Es relevante establecer que el presente documento fue concebido para el apoyo y complemento de otros instrumentos desarrollados en México como la **Sexta Comunicación Nacional y el Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático 2018**<sup>3</sup>, donde se mencionan en extenso las metas de mitigación del 21% de GEI, y en ccvc se establece una reducción del 51% de carbono negro y del metano con 8% del total de los GEI.

Finalmente, en 2018-2019 se destaca la participación de la CCAC a través del equipo de apoyo institucional en México, la cual fue establecida para acompañar los esfuerzos de la presente administración para la nueva revisión y definición de los CND principalmente de los ccvc a 2030.

<sup>3</sup> <https://www.gob.mx/inecc/articulos/sexta-comunicacion-nacional-ante-la-cmnucc?idiom=es>



## Oportunidades para la integración de las acciones sobre la calidad del aire y el cambio climático

México, al incluir a los ccvc en el ámbito de su política ambiental nacional, estableció una perspectiva bidireccional (*INECC-PNUD, México 2018*), donde las estrategias de mitigación climáticas tengan beneficios en la calidad del aire y estas mismas tengan un impacto en la mitigación al cambio climático, buscando siempre el enfoque de beneficios múltiples, es decir **“Ganar-Ganar”** (World Bank-2019)<sup>4</sup>.

La integración de los esfuerzos permitirá reducir las muertes prematuras por contaminación del aire ambiente y en intramuros, donde la oms reportó 4,2 millones de muertes en 2016<sup>5</sup>; de igual forma será posible alcanzar en el corto plazo los Acuerdos de París. El cumplimiento de estos objetivos puede darse en virtud de que tanto las emisiones de GEI y de ccvc provienen de las mismas fuentes, particularmente en aquellas relacionadas con la combustión. El concepto guía de integración de la calidad del aire y cambio climático busca mejorar el bienestar de la pobla-

ción actual y futura en términos de salud, ambiente limpio, seguridad alimentaria y sustentabilidad en un clima cambiante alineado en el marco del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2024 y los ods.

Desde la perspectiva del cambio climático y el forzamiento radiativo, se considera importante incluir adicionalmente a los GEI todas las especies que contribuyen al aumento de temperatura, los ccvc y los llamados gases No-CO<sub>2</sub>, obteniéndose así la mitigación completa, la cual contribuirá a evitar el aumento de temperatura por arriba de 1.5 °C de acuerdo con el IPCC. (Fig. 2).

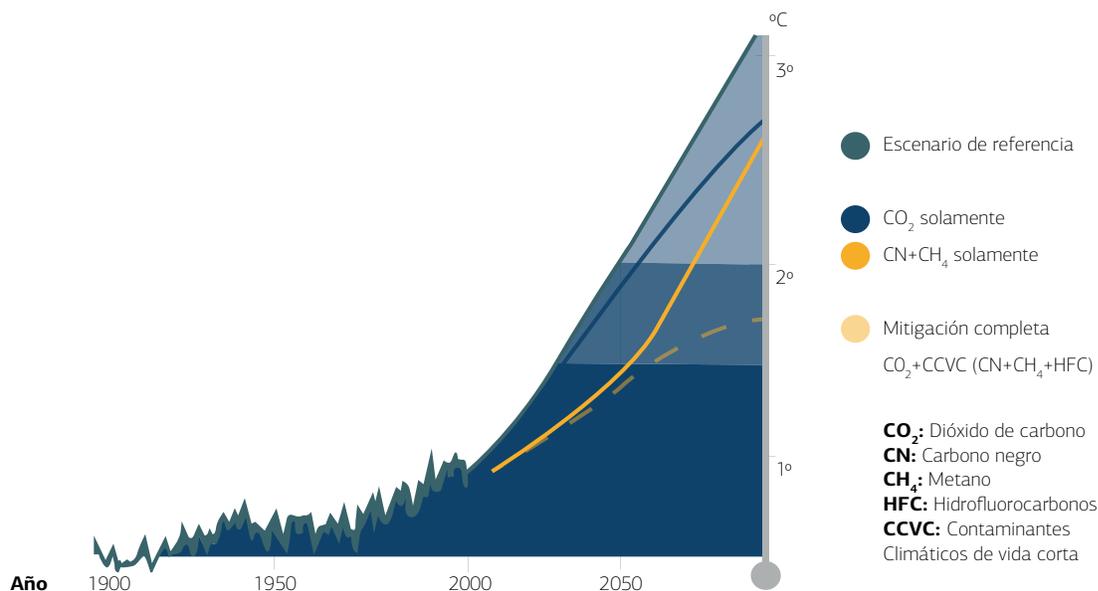
Para México la política ambiental de la actual administración define una visión más holística en términos sociales y ambientales, principalmente sobre las estrategias y acciones a corto plazo para cumplir con sus objetivos de mitigación comprometidos en la cnd, mejorar la calidad del aire, los procesos de adaptación, incrementar el acceso a energía limpia, conservar de forma adecuada los ecosistemas, su biodiversidad y en general, un ambiente saludable (PND 2019)<sup>6</sup>.

6 [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019)

4 <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2013/09/03/cutting-short-lived-climate-pollutants-win-win-health-climate>

5 <https://www.who.int/es/news-room/detail/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>

**Fig. 2 Mitigación completa CCVC y GEI**



**Calentamiento global evitado hasta 2050**

Fuente: INECC-CCAC Hora de actuar

## Beneficios de reducir los contaminantes climáticos de vida corta

La contaminación del aire y el cambio climático están estrechamente relacionados por sus fuentes comunes de emisión de gases y compuestos de efecto invernadero que contribuyen al forzamiento radiativo global.

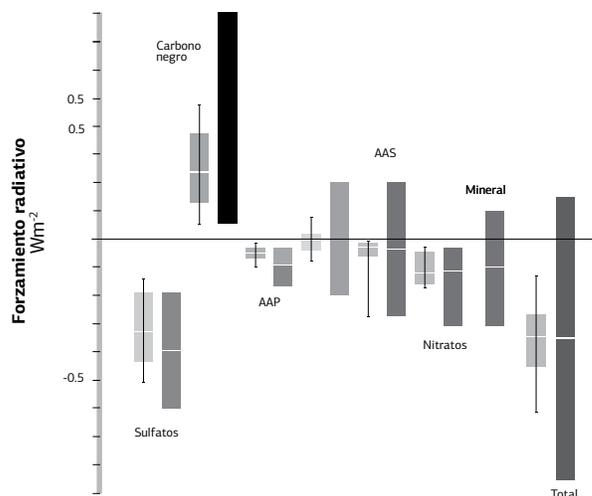
Las fuentes de emisión de CO<sub>2</sub>, derivadas de la quema de combustibles fósiles que en su gran mayoría son quemadas ineficientes, no solo son los principales impulsores del cambio climático, sino también las principales fuentes de contaminantes del aire. Las diferentes especies emitidas en forma de gases y partículas forman aerosoles primarios y secundarios cuyos impactos en la atmósfera son relevantes.

Los contaminantes del aire en forma de aerosoles son nocivos para la salud humana y los ecosistemas; contribuyen al cambio climático al afectar la cantidad de luz solar entrante que es reflejada o absorbida por la atmósfera y la tierra, estableciendo impactos directos al balance global radiativo y alterando la temperatura terrestre (Fig. 3).

Las acciones de mitigación para reducir los forzantes climáticos (No-CO<sub>2</sub>)<sup>7</sup> tienen, en general grandes beneficios en el balance global radiativo y, por lo tanto, al cambio climático; las especies químicas en general tienen efectos positivos y negativos en el balance radiativo global, es decir, pueden enfriar y calentar al planeta. La importancia de realizar acciones integradas en calidad del aire y cambio climático es, justamente, reducir la emisión total de forzantes climáticos (Fig. 4).

7 <https://www.ipcc.ch/sr15/>

Fig. 3 Aerosoles y el forzamiento radiativo

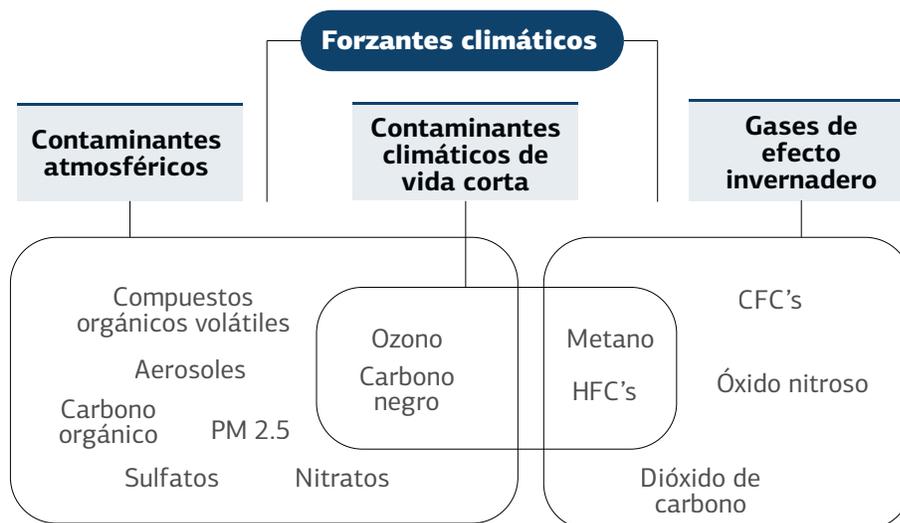


AAP: Aerosol atmosférico primario; AAS: Aerosol atmosférico secundario  
Fuente: IPCC 2013

Los ccvc son en realidad un subconjunto de compuestos y sustancias que contribuyen al balance radiativo global y son, en la gran mayoría de los casos, emisiones que provienen de la misma fuente de GEI y de procesos ineficientes de combustión. Sin embargo, a diferencia de las otras especies, los ccvc tienen una contribución aproximada del 40% de forzamiento total, después del CO<sub>2</sub><sup>8</sup>. Para México es importante definir estrategias y acciones que conjunten a todas las fuentes de emisión de forzantes climáticos en general y deben de incluirse en su política climática, de calidad del aire, salud y eficiencia energética.

8 <http://www.igsd.org/primers/all/>

Fig. 4 La relación CCVC, GEI y contaminantes atmosféricos como forzadores del clima



## Los contaminantes climáticos de vida corta y la contribución nacionalmente determinada de México

México se comprometió a reducir sus emisiones de carbono negro, metano y HFC para 2030. La meta establecida contempla la reducción no condicionada de carbono negro de **51%** del total de sus emisiones para ese año, tomando como referencia un escenario tendencial sin implementar medidas para combatir el cambio climático.

El más reciente inventario nacional de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero (INEGYCEI) indica que en 2015, los subsectores clave para reducir el carbono negro y cumplir la meta fueron:

- **Autotransporte**
- **Actividades industriales** (ingenios azucareros y hornos ladrilleros)
- **Residencial por el uso de leña**



Respecto a los GEI, donde se incluyen las emisiones de metano, la mitigación no condicionada establece una reducción de 22% de sus emisiones a 2030, lo cual significa evitar alrededor del 15% proveniente del metano. Los subsectores clave de mayor emisión de metano fueron:

- **Agricultura y ganadería**
- **Residuos** (sólidos y tratamiento de aguas residuales).

Una vez definidos los subsectores con mayor emisión de ccvc, se estableció dentro de esta estrategia una propuesta de hoja de ruta sectorial para apoyar con un análisis integral desde la perspectiva de los beneficios múltiples, las metas de reducción de carbono negro y de metano de la CND de México al 2030.

	Línea base				Emisiones de GEI (MtCO <sub>2</sub> e)
	2013	2020	2025	2030	Meta al 2030 No condicionada
<b>-22% GEI</b>					
<b>Transporte</b>	147	214	237	266	<b>218</b>
<b>Generación de electricidad</b>	127	143	181	202	<b>139</b>
<b>Residencial y comercial</b>	26	27	27	28	<b>23</b>
<b>Petróleo y gas</b>	80	123	132	137	<b>118</b>
<b>Industria</b>	115	125	144	165	<b>157</b>
<b>Agricultura y ganadería</b>	80	88	90	93	<b>86</b>
<b>Residuos</b>	31	40	45	49	<b>35</b>
<b>Subtotal</b>	633	760	856	941	<b>776</b>
<b>USCUS</b>	32	32	32	32	<b>-14</b>
<b>EMISIONES TOTALES</b>	665	792	888	973	<b>762</b>


  
**-22% GEI**

Fuente: 6ª Comunicación Nacional SEMARNAT-INECC 2018

## Los Hidrofluorocarbonos (HFC) y el compromiso de mitigación de México

Los HFC son sustancias contaminantes desarrolladas para usos industriales y comerciales cuyos usos principales son: el enfriamiento en aires acondicionados, refrigeración, el aislamiento térmico de espuma y otros productos afines. Fueron desarrollados para reemplazar los clorofluorocarbonos (CFC) que agotan la capa de ozono (Fig. 5). Su consumo y producción aumenta a nivel mundial alrededor de 15% anual, siendo entre los gases de efecto invernadero, los de mayor crecimiento en los últimos años.

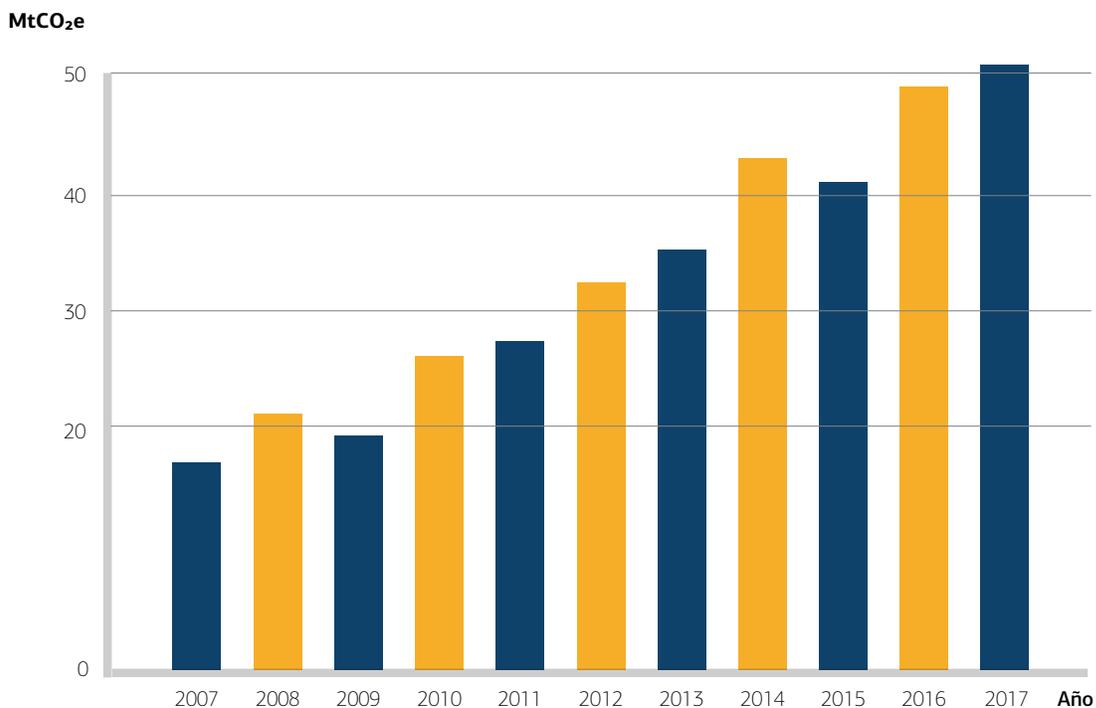
En el marco de la 73 Asamblea General de las Naciones Unidas, México presentó la ratificación de la **Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal**, que tiene como objetivo controlar y reducir el consumo y producción de los HFC.

El país se suma a los beneficios ambientales que tendrá la instrumentación de esta **enmienda**, entre los que destacan la reducción del consumo de sustancias con alto potencial de calentamiento global y la consecuente emisión de estas, así como evitar el incremento de 0.5 °C en la temperatura global del planeta al 2100.

A inicios de 2019, México presentó su hoja de ruta donde establece las acciones específicas para reducir la importación y exportación de HFC y el calendario de reducciones, define las etapas de congelamiento del consumo, para 2024, así como las reducciones progresivas al 2040 y la estabilización del 80% a 2045 con respecto a la línea base actual<sup>9</sup>. Adicionalmente considera los resultados del análisis del marco jurídico nacional para el control del consumo de sustancias reguladas por el Protocolo de Montreal y sus respectivas enmiendas.

<sup>9</sup> [http://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/porta/Hoja\\_de\\_ruta\\_EK.pdf](http://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/porta/Hoja_de_ruta_EK.pdf)

**Fig. 5 Tendencia del consumo de HFC en México**



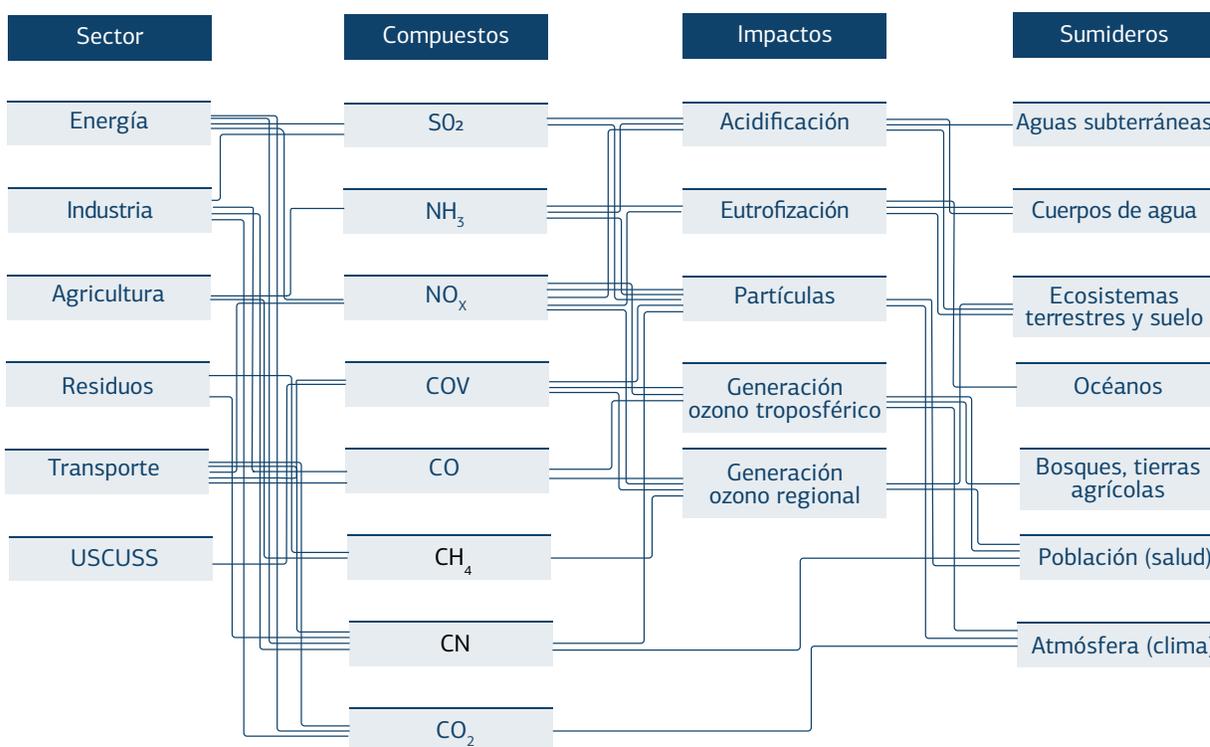
## Enfoque sistémico de los ccvc

Los principales beneficios de la reducción de las emisiones de forzantes climáticos a 2030, se verán reflejados en mejorar la calidad del aire y mitigar el cambio climático, se definen a partir de las acciones que se desarrollen con una visión holística sectorial, la cuales están plenamente definidas a través de las categorías sectoriales en los inventarios del IPCC (Fig. 6), siendo la cadena integrada de implementación de acciones y estrategias de mitigación sobre las fuentes comunes de emisión de forzantes climáticos, la que permitirá obtener los mayores beneficios y reducir los impactos ambientales en todo el modelo sistémico.

Aun cuando existan diferencias conceptuales sobre la clasificación o categorización de fuentes definidas en cambio climático por el IPCC y en calidad del aire por los contaminantes criterio, se puede establecer de manera evidente que son comunes los efectos y los impactos en los receptores ambientales.

El enfoque sistémico de las acciones permite definir hojas de ruta con los mayores beneficios; este análisis ha sido el eje de las nuevas estrategias impulsadas por la CCAC para fortalecer los planes de acciones nacionales, obtener beneficios múltiples y cumplir con los ODS a 2030.

**Fig 6. Enfoque Sistémicos de los CCVC y los GEI**



Correspondencia entre los principales sectores, las emisiones y los efectos en los diferentes receptores.

Fuente: INECC-PNUD. 2018.



## Planeación en México sobre calidad del aire y cambio climático

México actualmente cuenta con instrumentos de gestión para la calidad del aire y para el cambio climático como la Estrategia Nacional de Calidad del Aire (**ENCA**) y la Estrategia Nacional de Cambio Climático (**ENCC**). Sin embargo, aún **faltaba una articulación efectiva** entre ambos instrumentos de gestión para integrar acciones que puedan beneficiar la calidad del aire y reducir el impacto al cambio climático y cumplir con sus metas en el corto plazo.

### **ENCA**

La ENCA es una herramienta de planeación diseñada para orientar y coordinar las acciones entre diferentes instancias gubernamentales para controlar, mitigar y prevenir la emisión y concentración de contaminantes en la atmósfera en ambientes rurales y urbanos, con proyección a 2030. Establece objetivos, estrategias y líneas de acción para mejorar la calidad del aire en el territorio nacional con la meta de proteger la salud de la población, la flora y

fauna de nuestros ecosistemas, y contribuir al desarrollo económico sustentable de México.

### **ENCC**

Constituye el instrumento rector de la política nacional en el mediano y largo plazos para enfrentar los efectos del cambio climático y transitar hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbono. Fue publicada en cumplimiento a lo establecido por la **Ley General de Cambio Climático**. La ENCC tiene como objetivo establecer los ejes estratégicos y líneas de acción para orientar las políticas de los tres órdenes de gobierno del país y, al mismo tiempo, fomentar la corresponsabilidad de los diversos sectores de la sociedad. Lo anterior, para atender las prioridades nacionales y alcanzar el horizonte deseado a mediano y largo plazo (10, 20 y 40 años).

## Estructura del proyecto SNAP-II

Durante el desarrollo de la estrategia, se estableció un plan de acción para fortalecer las capacidades institucionales. La unidad de apoyo trabajó en el INECC con las Coordinaciones Generales, y otras instancias del sector ambiental, y realizó un trabajo transversal con otras secretarías, entre ellas: la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (**SEMARNAT**), la Secretaría de Salud (**SS**), la Secretaría de Energía (**SENER**), la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía” (**CONUEE**) así como con organismos internacionales. Adicionalmente, el proyecto SNAP-II fortaleció durante 2018 las campañas de difusión para reducir los ccvc, y participó en el desarrollo del inventario nacional de emisiones de carbono negro, así como en el desarrollo del capítulo sobre forzantes climáticos y la agenda científica para cambio climático que se incluyó en **Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático 2018**<sup>10</sup>.



El proyecto SNAP-II desarrolló de manera sistemática una metodología de análisis a partir de la información generada por el INECC de los subsectores de mayor emisión de carbono negro, metano, hidrofluorocarbonos y precursores de ozono, definiendo rutas de mitigación con máximos beneficios para mejorar la calidad del aire y mitigar los efectos del cambio climático, y cumplir con los ods. Las propuestas de hoja de ruta de cada sector incorporan las trayectorias para cumplir con la cnd como base del análisis, y evaluaron las reducciones de otros co-contaminantes. También se incorporaron algunas propuestas, principalmente en el subsector residencial, sustentadas en esquemas energéticos múltiples como el uso de energías limpias y tecnologías bajas en carbono.

<sup>10</sup> <https://cambioclimatico.gob.mx/sexta-comunicacion/>

Adicionalmente se revisaron los instrumentos de gestión más actuales, como la ENCA y la ENCC, así como propuestas normativas, que se evaluaron en la plataforma de modelación desarrollada por el Instituto del Medio Ambiente de Estocolmo (SEI por sus siglas en inglés), a través de la herramienta de cálculo de Planeación de Energías Alternativas de Largo Alcance con el módulo de Beneficios (LEAP-IBC por sus siglas en inglés). Dicha plataforma, común para el análisis y diagnóstico de la mitigación de ccvc y cambio climático, se usa por diferentes países miembros de la ccac y otras organizaciones internacionales, así como en diversas instituciones en México.

Los resultados obtenidos permitieron evaluar las rutas de mitigación propuestas para reducir el impacto del cambio climático sobre los subsectores más importantes de carbono negro, metano, HFC, y evaluar las potenciales reducciones para otros contaminantes atmosféricos y gases de efecto invernadero, con el objeto de establecer beneficios múltiples de las acciones integradas.



**Integrated  
Benefits  
Calculator**

**The Long-range Energy Alternatives Planning  
System with Integrated Benefits Calculator**

## Metodología para la evaluación de escenarios con múltiples beneficios

Con el objetivo de cumplir las metas establecidas en cnd, mejorar la calidad del aire, contribuir a la mitigación del cambio climático y tener un ambiente saludable, como lo señala el Plan Nacional de Desarrollo (**PND 2019-2024**)<sup>11</sup>, así como alcanzar las metas dentro del contexto de los ods a 2030, se definió una estrategia de trabajo buscando articular los diferentes esfuerzos desarrollados de nivel nacional en términos de los análisis sectoriales propuestos por el INECC para alcanzar la cnd, las estrategias nacionales de calidad del aire y cambio climático, cobeneficios de las acciones sectoriales y algunas propuestas de eficiencia energética.

## Bases para la evaluación de escenarios con beneficios múltiples

Para establecer los escenarios con beneficios múltiples se inició el diagnóstico con base en los instrumentos oficiales de México, como son: la **Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático 2018 y el Inventario Nacional de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015, (INEGYCEI)**.

En estos documentos se establecen los compromisos de México con respecto a la cnd y se describen las fuentes que emiten gases y compuestos de efecto invernadero.

<sup>11</sup> [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019)

Por otro lado se analizaron en los documentos referidos, así como otras fuentes de información como el protocolo de Montreal<sup>12</sup> y la enmienda de Kigali, cuáles fueron las fuentes con mayor contribución de emisiones de ccvc, principalmente carbono negro, metano y HFC, con la finalidad de evaluar los potenciales de mitigación para cada contaminante, integrándose en una primera etapa el inventario en el modelo LEAP-IBC, proyectándolo sectorialmente a mediano y largo plazo, es decir a 2030 y 2050, así como el grado de compromiso y el cumplimiento dentro de los ODS. (Fig. 7).

**12** <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/protocolo-de-montreal-a-30-anos-de-su-establecimiento>

## Escenarios a 2030 y 2050

Para evaluar los escenarios con beneficios múltiples, en una segunda etapa se revisaron los documentos oficiales, así como documentos de referencia entre los que destacan:

- Documentos de política pública sectorial.
- Estrategias nacionales de calidad del aire y cambio climático.
- Acciones y programas actuales y en proceso de calidad del aire y cambio climático.
- Marcos normativos vigentes y propuestas de regulaciones.
- Minutas de reuniones con expertos.
- Rutas de mitigación INECC.

### Metodología descriptiva para establecer la propuesta de ruta de implementación de cada sector evaluado



# 2

## EMISIONES DE CARBONO NEGRO



# Contexto y emisiones actuales

El carbono negro es un contaminante ccvc que debe ser considerado ampliamente en la política nacional de calidad del aire y cambio climático. Las acciones, estrategias y políticas públicas que se desarrollen deben tener múltiples beneficios ambientales y atender a los ods a 2030.

Se han desarrollado rutas de mitigación en los principales sectores que contribuyen con el 80% de las emisiones, según el Inventario Nacional de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI) 2015:

- Autotransporte
- Industrial (ingenios azucareros, hornos ladrilleros)
- Residencial (leña)

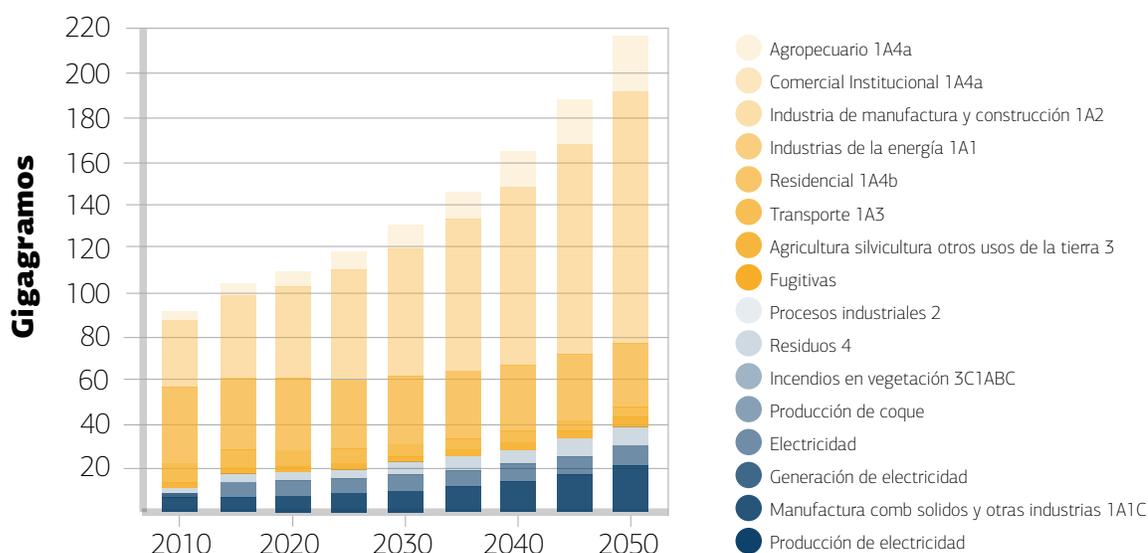
## Línea base para carbono negro y reducciones del 2010-2050

Las nuevas estimaciones realizadas durante 2019 a partir de una revisión sectorial con mayor nivel de profundidad

muestran un cambio principalmente en las emisiones reportadas en el sector transporte, que mantiene su nivel de importancia como gran emisor; sin embargo, se reducen las emisiones por los cambios metodológicos encontrados en el modelo de emisiones (MOVES)<sup>13</sup> utilizado por México. Los detalles serán abordados en el capítulo relacionado con el sector transporte; el resto de los sectores no presentaron cambios significativos (Fig. 8).

<sup>13</sup> <https://www.epa.gov/moves>

**Fig 8. Línea base de los principales sectores de carbono negro, desarrollada en 2019 a partir del INEGYCEI 2015-INECC**



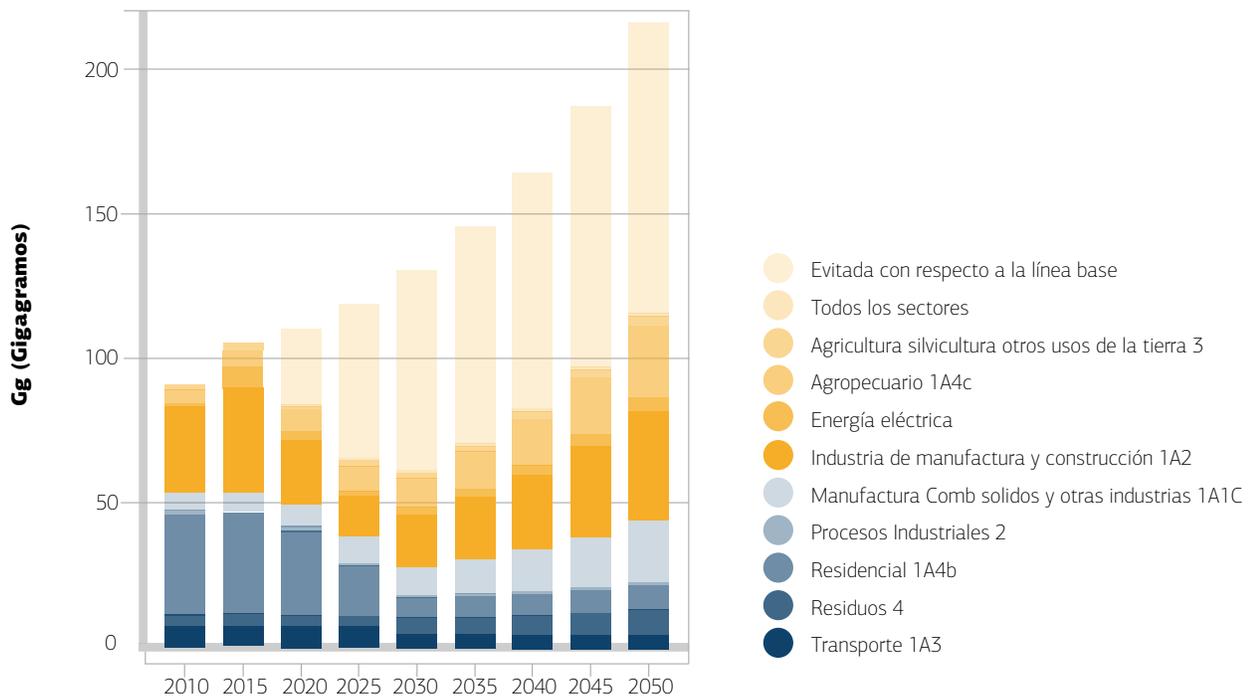
Para las emisiones de carbono negro, se estableció una priorización por sector de contribución de emisiones anuales con base en **INEGYCEI 1990-2015**, como lo muestra la Tabla 1.

**Tabla 1 Resumen de las rutas de mitigación para carbono negro incluidas en esta estrategia**

Sector	Medida de Mitigación	Objetivo
<b>Transporte</b>	Cambio Modal y Tecnológico en el Sector Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>50% de autos eléctricos, 80% de taxis eléctricos y 50% de autobuses eléctricos al 2030.</li> <li>30% incremento progresivo del transporte público masivo en 2030.</li> </ul>
<b>Ingenios azucareros</b>	Instalación del sistema de control de partículas	100% de sistemas de control de partículas en 2030.
<b>Residencial</b>	Programa de combustibles y tecnologías múltiples en el sector residencial	80% de tecnologías y combustibles limpios en el sector residencial en 2030.
<b>Hornos ladrilleros</b>	Transformación tecnológica del sector ladrillero artesanal	Reducir el 15% de las emisiones de carbono negro al 2030

Se analizaron de manera separada los sectores en en el modelo LEAP-IBC para definir el potencial integrado de mitigación de carbono negro a 2030 y en la Fig. 9 se puede observar que se alcanza la meta de 51% de carbono negro en 2030.

**Fig 9. Mitigación de emisiones de carbono negro con base en los sectores evaluados en la estrategia**





3

# AUTOTRANSPORTE



# Contexto y emisiones actuales

El sector transporte es uno de los principales causantes de la contaminación del aire, así como de las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero, debido al uso masivo de combustibles fósiles, principalmente en las categorías de carga y pasajeros, donde se utiliza mayoritariamente el diésel.

En México el sector tiene diferentes niveles de gestión, principalmente en el ámbito federal, que regula el transporte de carga y de pasajeros en su modalidad interestatal y nacional. En contraste, el transporte privado de pasajeros y carga está bajo la responsabilidad de las autoridades estatales; de igual manera, la gestión de la movilidad es una atribución estatal.

Este sector es de gran interés en los programas y acciones de planeación nacional en términos de cambio climático en las metas de mitigación y en los programas de calidad del aire. En este contexto hay normas oficiales que se

han actualizado y otras se encuentran en revisión (NOM 044, NOM 042, NOM 163); adicionalmente hay propuestas para hacer más eficiente el sector mediante el uso de tecnologías limpias, mediante la promoción de Sistemas Integrados de Transporte y el uso de otros medios menos contaminantes.

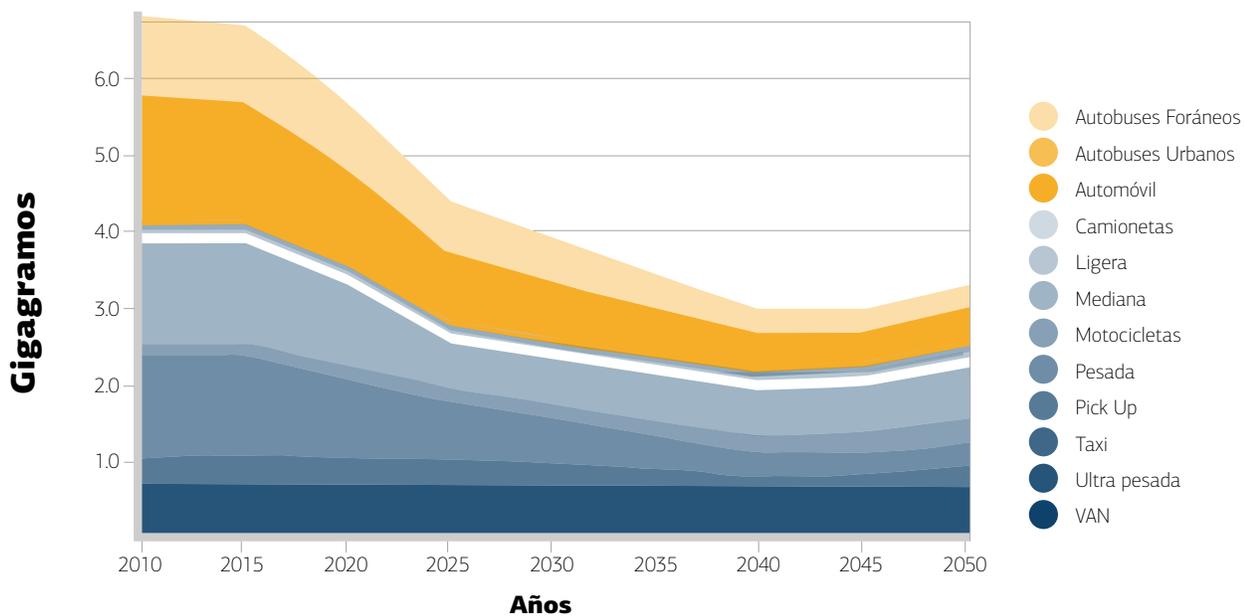
Para cumplir con los objetivos de mitigación se proponen las siguientes acciones sobre el escenario de mayor beneficio para reducir carbono negro, gases de efecto invernadero y co-contaminantes.

Sector	Autotransporte
<b>Objetivo</b>	Reducir las emisiones de carbono negro y contaminantes
<b>Emisiones al 2015</b>	157,000 Gg de CO <sub>2</sub> e de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ), 317.72 Gg de CO <sub>2</sub> e de metano (CH <sub>4</sub> ), 2,872 Gg de CO <sub>2</sub> e de óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) y 31.75 Gg de carbono negro (CN)
<b>Meta al 2030</b>	Reducción del 78% de CN
<b>Estrategia de Mitigación</b>	Cambio Modal y Tecnológico en Autotransporte



La proyección de la línea base de carbono negro a 2030 y 2050 fue desarrollada con el modelo LEAP-IBC manteniendo fijos los datos de actividad para cada subcategoría vehicular, sin considerar ningún cambio o medida de mitigación, es decir, un escenario sin cambios (Business As Usual-BAU) con la tecnología disponible actualmente (Fig. 10)

**Fig. 10 Línea base de carbono negro al 2050 autotransporte**



## Escenarios de mitigación

Con base en las acciones de mitigación propuestas para el sector en los instrumentos de planeación nacional como son la ENCA, la ENCC, los planes de desarrollo, los programas regionales de calidad del Aire (PROAires) y en la contribución nacionalmente determinada (CND) para el cumplimiento de la meta de reducción de emisiones comprometidas en el marco del Acuerdo de París, se determinó evaluar dos medidas orientadas a la modernización de la flota vehicular mediante el uso de modos más eficientes de transporte a través del cambio modal de autos particulares a transporte público.

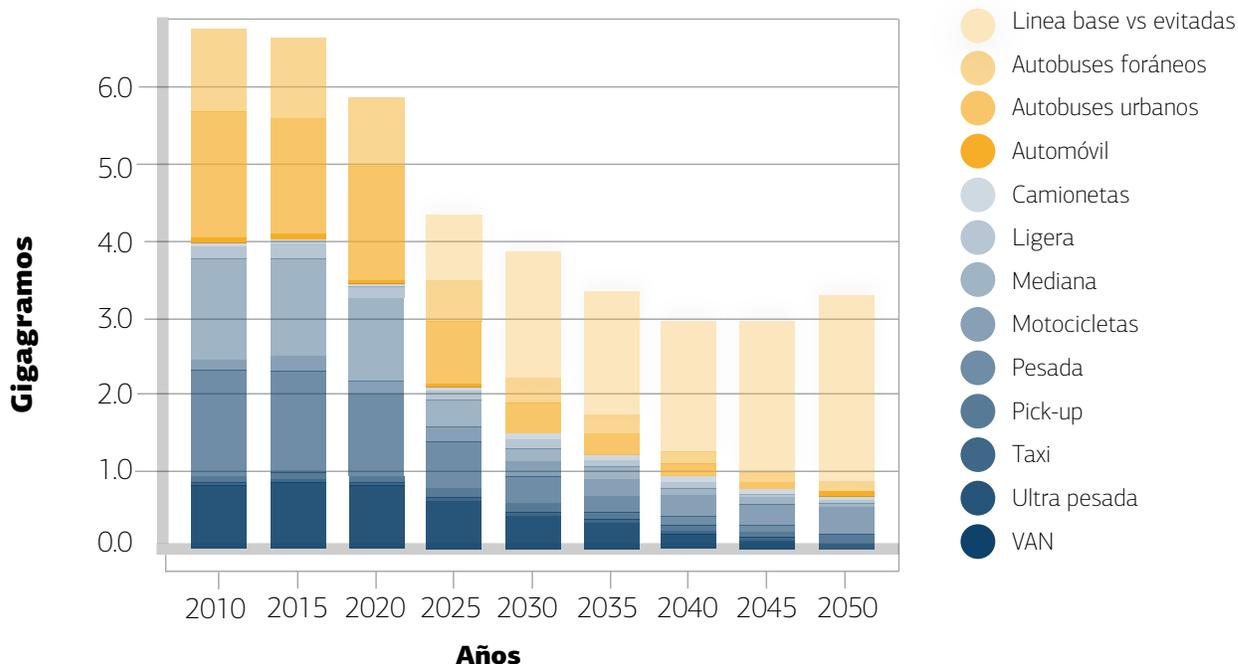
- Cambio tecnológico incorporando vehículos eléctricos.
- Cambio modal de autos particulares a transporte público.

Se desarrollaron diferentes escenarios combinando niveles de penetración eléctrica entre 30% y 50% de autobuses y autos eléctricos, autobuses de carga con Euro VI y cambios modales en transporte público y carga. Se evaluaron aquellos con gran potencial de mitigación y mayores beneficios en calidad del aire y cambio climático.

## Escenarios combinados de mayor ambición

En estos escenarios se agrupan los moderados y de mayor ambición para cambio tecnológico y cambio modal, de tal forma que se reflejan los beneficios de una implementación integral. Los resultados obtenidos de la modelación muestran que un escenario combinado con mayor ambición reduce 4.1 Gg de carbono negro a 2030, esto es, 65% de reducción con respecto a las emisiones de 2015 (Fig. 11).

**Fig. 11 Escenarios con mayor ambición de reducción de emisiones de carbono negro para autotransporte**



### Ruta de implementación

La ruta se estableció a través de una estrategia de cambio modal y tecnológico con el objetivo de llegar a reducir en un 70% las emisiones a 2030 para cumplir con la meta de la CND de carbono negro y reducir los co-contaminantes a nivel nacional donde se encuentran como responsables diferentes actores de gobierno y privados.



<b>Acción</b>	<b>Cambio Modal y Tecnológico en Autotransporte</b>	<b>Cronograma</b>
<b>Responsables</b>	-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales -Secretaría de Comunicaciones y Transportes -Secretaría de Energía -Comisión Nacional para el uso eficiente de la Energía -Gobiernos Locales -Asociación mexicana de la industria automotriz	
<b>Objetivo</b>	Implementar un modelo combinado de cambio modal y transporte eléctrico en las principales ciudades mexicanas	2025
<b>Meta</b>	Reducción de 16% de las emisiones de Carbono Negro del sector transporte a 2025 y el 50% de las emisiones a 2030, con respecto a la línea base tendencial	2025 2030
<b>Justificación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sector transporte, aportó 15% de las emisiones de carbono negro a 2015</li> <li>• La implementación de un modelo combinado modal-tecnológico puede reducir a 1.8 Gg de CN a 2025 y 2.0 Gg de CN a 2030</li> <li>• La acción permite alcanzar la meta del 15% de la emisión de carbono negro a 2025 y 50% a 2030</li> <li>• Co-beneficios: La medida permitirá mejorar la calidad del aire, principalmente en zonas urbanas, y evitará 3% de muertes prematuras por contaminación del aire</li> </ul>	
<b>Descripción de las acciones y responsables</b>	<p style="text-align: center;"><b>Introducción progresiva anual de nuevas tecnologías</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 50% de autos eléctricos, 80% de taxis eléctricos y 50% de autobuses y vehículos de carga EURO VI</li> <li>• Cambio modal progresivo anual 20% de los autos particulares al transporte público eléctrico, 20% de los autos particulares al transporte público en autobuses con tecnología Euro VI</li> <li>• Incremento en las líneas de transporte masivo, Metros, Metrobuses y Trolebuses en 30% con respecto al sistema actual</li> <li>• La SEMARNAT en coordinación con los gobiernos locales a través de las Secretarías de Movilidad y Medio Ambiente locales, establecerá los mecanismos para la implementación</li> <li>• La Secretaría de Hacienda y la SEMARNAT coordinarán los recursos necesarios para la implementación.</li> </ul>	2030 2030 2030 2023 2022
<b>Actual nivel de compromiso</b>	Desarrollo de una Acción Nacionalmente Apropriada de Mitigación NAMA (por sus siglas en inglés) y una estrategia de electro-movilidad	
<b>Indicadores de la implementación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecimiento y cumplimiento de las metas de la estrategia de electro-movilidad</li> <li>• Crecimiento porcentual del transporte público en las entidades</li> </ul>	
<b>Indicadores de resultados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de 16% de las emisiones de Carbono Negro del sector transporte</li> <li>• Reducciones reportadas en los inventarios de emisiones en los inventarios de calidad del aire de contaminantes criterio y gases de efecto invernadero.</li> <li>• Porcentaje de penetración de tecnologías eléctricas anuales</li> </ul>	2022 2022
<b>Fuentes de información para los indicadores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inventarios de emisiones de las entidades</li> <li>• Cambios anuales con respecto a línea base</li> </ul>	

## Recomendaciones sobre la ruta de implementación

Para cumplir con la meta se propone seguir las siguientes acciones en un escenario de mayor beneficio para reducir carbono negro, gases de efecto invernadero y co-contaminantes.

### Escenario combinado de mayor ambición

- La SEMARNAT en coordinación con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), la Secretaría de Economía (SE), la Secretaría de Energía (SENER) y entidades de gestión del transporte de los gobiernos locales, promoverá e incentivará el uso de tecnologías eléctricas en el transporte público y privado, priorizando las zonas y regiones con mayores problemas de contaminación atmosférica, así como en las ciudades más grandes del país, con la finalidad de reducir emisiones de contaminantes y gases de efecto invernadero.

- Establecer mecanismos de financiamiento conjunto a través de los programas vigentes de cambio climático y calidad del aire.
- Unificar los criterios de Monitoreo, Verificación y Reporte (MRV) con los objetivos de los PROAIRES.
- Revisar el alcance normativo vigente (NOM 044, NOM 042, NOM 163) y establecer los horizontes de tiempo necesario para realizar los cambios y ajustes que permitan cumplir con las metas de la CND y los objetivos de la Agenda 2030.
- Fomentar la estrategia de mitigación por cambio tecnológico y modal combinados, para reducir 100 Gg de CO<sub>2</sub>e y 2000 toneladas de CN a 2030 con respecto a la línea base.



4

INGENIOS  
AZUCAREROS



## Contexto y emisiones actuales

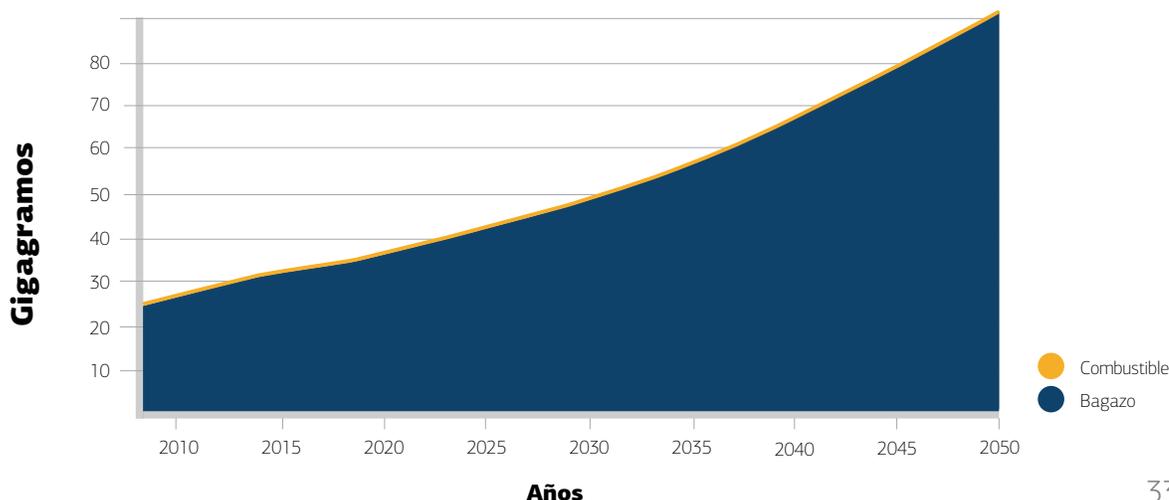
Actualmente se cuenta con 57 ingenios azucareros en 15 estados del país, que son una actividad económica importante. En términos de emisiones, la elaboración de azúcar industrial se encuentra dentro de la actividad que contribuye con el 23% de las emisiones de carbono negro nacionales. Es uno de los sectores industriales que ha mantenido un retraso acumulado en el mejoramiento de los procesos y aplicación de nuevas tecnologías en la gran mayoría de los ingenios azucareros.

La industria del azúcar nacional presenta un amplio rango de oportunidades de inversión. Algunos ingenios con mayor capacidad podrían optar por la vía de la cogeneración. En contraste, ingenios con menor capacidad de inversión podrían incluir controles de emisión como filtros de partículas para reducir principalmente el carbono negro y co-contaminantes. Para definir la ruta con mayores beneficios con base en las condiciones actuales del sector, se revisaron diferentes fuentes de información, principalmente las desarrolladas por el INECC (Rutas de mitigación sectoriales) y fueron evaluadas a través del modelo. Para cumplir con los objetivos de mitigación se proponen las siguientes acciones sobre el escenario de mayor beneficio en ingenios azucareros para reducir carbono negro.

La proyección de la línea base a partir de bagazo de caña a 2050, se estimó con base en la capacidad histórica reportada en el documento Prospectiva de Energías Renovables 2017-2031. Se consideró que la capacidad se mantendría en 0.97 Millones de Megawatt-Hora de 2017 a 2050. En la Fig. 12 se pueden observar las emisiones proyectadas de carbono negro del sector azucarero a 2050. Donde se considera el bagazo requerido para generar el vapor de proceso más el bagazo necesario para la producción de electricidad (autogeneración). De seguir las mismas condiciones del sector para el 2030 se generarán 44 Gg de CN, y para 2050 se generarían 86 Gg de CN, las cuales provienen del bagazo de caña.

Sector	Industria ingenios azucareros
<b>Objetivo</b>	Contribuir con la reducción del 23% de las emisiones nacionales de carbono negro.
<b>Emisiones al 2015</b>	33 Gg de CN
<b>Meta al 2030</b>	Reducir el 85% de las emisiones de CN
<b>Estrategia de Mitigación</b>	Instalación de sistemas de control de partículas

**Fig. 12 Línea base de carbono negro para ingenios azucareros**



## Escenarios de mitigación

La selección de la estrategia de mitigación de emisiones de carbono negro se realizó con base en los escenarios propuestos en las Rutas de mitigación sectoriales del INECC, donde se evaluaron los escenarios con los mayores beneficios en términos de la CND, calidad del aire y la Agenda 2030, los cuales coinciden en la ruta tecnológica propuesta por el INECC.

### Instalación de sistemas de control

En México, los generadores de vapor que utilizan bagazo de caña de azúcar como combustible son equipos con tecnologías obsoletas que operan en condiciones ineficientes de combustión, por lo que las emisiones de material particulado son elevadas. En consecuencia, es importante mejorar las condiciones tecnológicas de la industria azucarera. Sin embargo, se requiere un análisis de los costos de inversión y los beneficios por cada uno de los ingenios, adicionalmente una revisión del escenario de cogeneración.

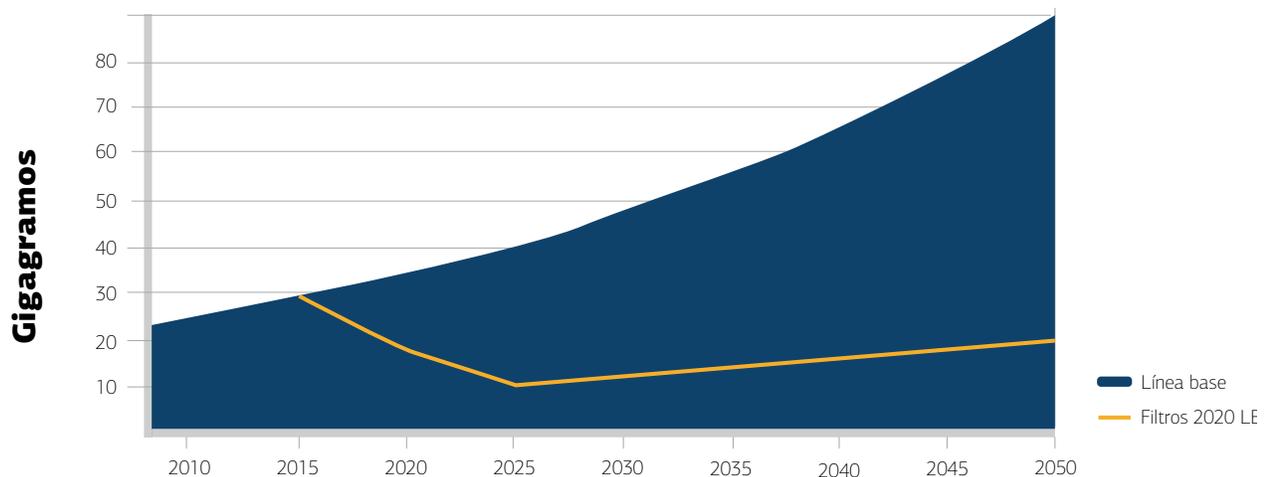
Desde esta óptica, se considera que la medida más costo efectiva en el corto plazo para la reducción de carbono negro deberá ser mediante de un sistema de control de partículas en chimenea, aunque ésta propuesta no permite

transformar al sector en términos de eficiencia energética y de reducción de gases de efecto invernadero y otros contaminantes.

Una vez establecidos los alcances y limitaciones de la ruta de mitigación, la evaluación de los diferentes escenarios para este sector mostró que la acción con mayor potencial de mitigación es la instalación de los sistemas de control de partículas. En contraste, los escenarios de eficiencia energética requieren de un cambio tecnológico combinado con sistemas de control de partículas para ser realmente atractivos. En consecuencia, el costo-beneficio puede ser poco rentable en la industria, si no se cuenta con mecanismos de financiamiento al sector.

Con base en la propuesta de mitigación del sector con la implementación de sistemas de control de partículas el resultado del análisis solo para reducir carbono negro mostró que es la medida más efectiva para reducir CN al 2030. La medida de mitigación modelada (Fig 13) indica que a 2020 se emitirían a la atmósfera 12.91 Mt CN que equivalen a una reducción del 60%, para 2030 la reducción sería del 90% de las emisiones con respecto a la línea base y en 2050 se generarían 8.61 Mt CN que equivalen al 10% de las emisiones de la línea base.

**Fig. 13 Línea base y escenario de mitigación del sector industrial (Ingenios Azucareros)**



## Ruta de implementación

El escenario de mayores beneficios permitió definir la siguiente hoja de ruta para el sector industrial azucarero, con base en una propuesta acorde con la ruta sugerida por el INECC para cumplir con los compromisos adquiridos por México con respecto al carbono negro.

## Recomendaciones sobre la ruta de implementación

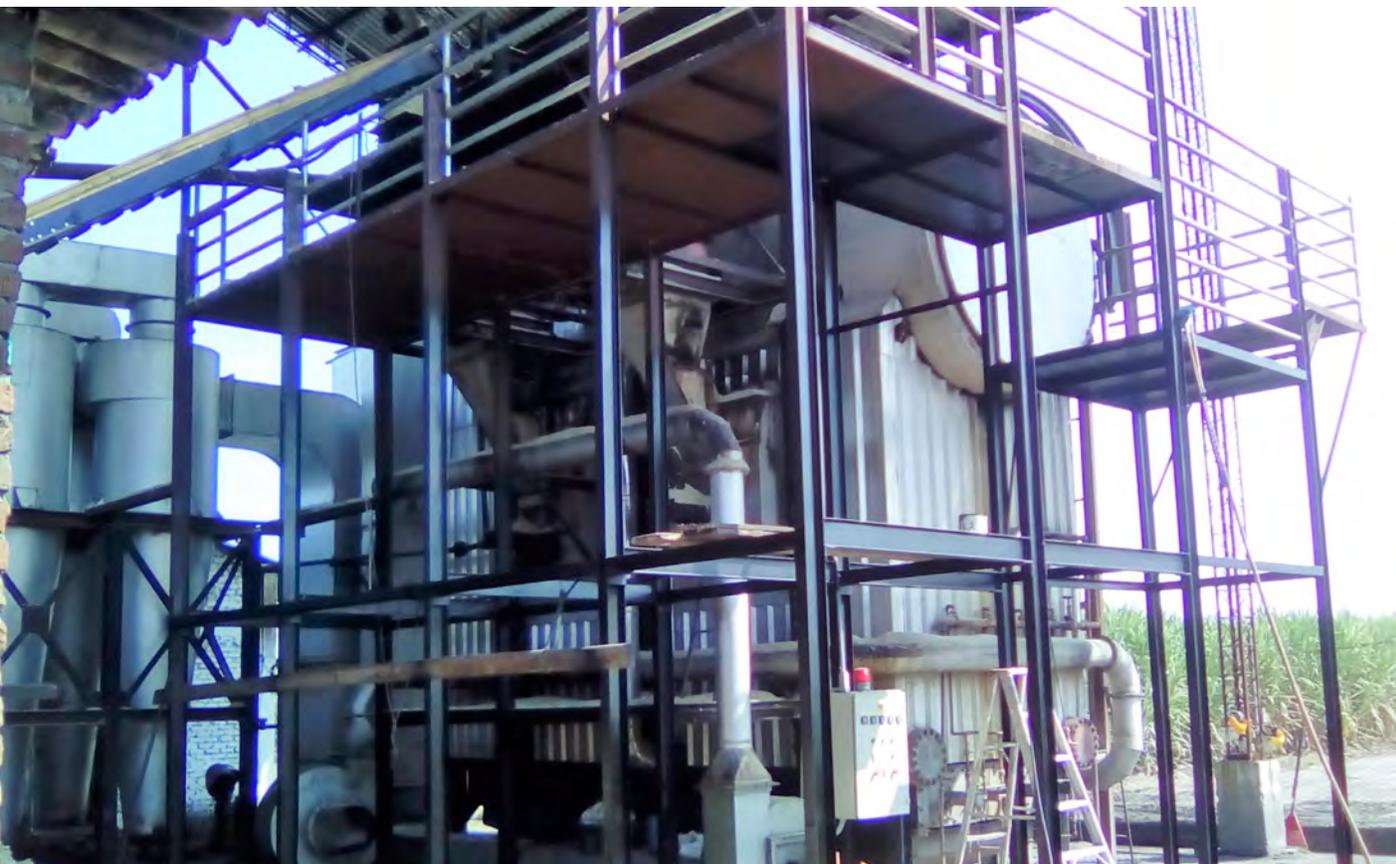
La agroindustria nacional tiene una relevancia económica importante por ser uno de los principales productos de exportación, principalmente sectores que generan azúcar, a los Estados Unidos de Norteamérica. Las tecnologías

Acción	Instalación del sistema de control de partículas	Año
<b>Responsables</b>	-SEMARNAT -Industria Cañera	
<b>Objetivo</b>	Instalación del sistema de control de partículas en 85% de los ingenios azucareros.	2025
<b>Meta</b>	Reducción de emisiones de material particulado y carbono negro en chimeneas en los ingenios azucareros en 45% en 2020 y un 40% más en 2030, con respecto a la línea base.	
<b>Justificación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los ingenios azucareros aportan 34% de las emisiones totales de carbono negro en el país.</li> <li>Instalar sistemas de control de partículas puede reducir un total de 29 Gg de carbono negro en 2030.</li> <li>La acción permite alcanzar la meta de 33% de la reducción total del carbono negro y cumplir el compromiso de la CND.</li> <li>Co-beneficios: La reducción de PM<sub>2.5</sub>, permitirá mejorar la calidad del aire y evitará 7% de muertes prematuras por contaminación del aire.</li> </ul>	
<b>Descripción de las acciones y responsables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Límites Máximos Permisibles de emisión en ingenios azucareros (SEMARNAT)</li> <li>Monitoreo y vigilancia del cumplimiento de emisiones (SEMARNAT)</li> <li>Análisis de costo beneficio de la medida (INECC)</li> <li>Mecanismos de apoyo económico para la implementación de la acción (SEMARNAT)</li> <li>Desarrollo de capacidades para la aplicación de la meta (SEMARNAT-Cámara de la Industria azucarera)</li> <li>Vigilancia y control de los sistemas de captura, acorde con las especificaciones de la norma (PROFEPA)</li> </ul>	2022 2022 2020 2021 2023 2022
<b>Actual nivel de compromiso</b>	Desarrollo de una NAMA para el sector azucarero	2020
<b>Indicadores de la implementación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La NOM ha sido publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF).</li> <li>Reporte del análisis del costo-beneficio</li> <li>Número de ingenios azucareros con sistemas de control operando</li> </ul>	
<b>Indicadores de resultados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porcentaje de sistemas de control instalados</li> <li>Porcentaje de reducción en las emisiones de PM<sub>2.5</sub> y NO<sub>x</sub>, respecto del año base 2015.</li> </ul>	2022 2022
<b>Fuentes de información para los indicadores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cédulas de operación anual</li> <li>Línea base con respecto al modelo LEAP-IBC</li> <li>Inventarios de emisiones</li> </ul>	

en los procesos no se han modernizado y por lo tanto son poco eficientes y con emisiones elevadas. Se propone evaluar en una segunda etapa desde una óptica económica, la factibilidad de la combinación de cogeneración y captura de partículas con filtros para llegar a la meta del 51% en 2030.

## Escenario de control de emisiones

- La SEMARNAT, junto con la Secretaría de Economía (SE), las autoridades locales de los estados donde se encuentran los ingenios azucareros, la cámara del sector y las empresas cañeras promoverán la revisión de la normatividad vigente para la emisión de partículas con el objetivo de establecer los nuevos límites máximos permisibles para el sector, acordes con las posibilidades económicas y tecnológicas de que dispone la industria.
- SEMARNAT y SENER, promoverán la NAMA al 2024 en ingenios azucareros para impulsar la energía renovable en el sector eléctrico nacional.
- La Secretaría de Energía, a través de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), desarrollarán un plan de acción para incrementar la eficiencia energética del sector, con el objetivo de reducir emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero y contaminantes criterio.
- Como acción para cumplir con las metas y objetivos definidos en las estrategias de calidad del aire y cambio climático, la SEMARNAT, junto con las autoridades locales, promoverá un solo programa para mejorar o instalar sistemas de control de emisiones, principalmente de partículas a la atmósfera y, en casos necesarios, promoverá el uso de equipos de control de gases para reducir los co-contaminantes.







5

RESIDENCIAL

## Contexto y emisiones actuales

En México, el sector residencial se divide principalmente en urbano, rural y comercial, siendo el sector rural el 28.5% del total nacional (IEA 2017). El INEGYCEI 2015 muestra que las emisiones de carbono negro se deben principalmente a la quema de combustibles sólidos en el subsector residencial rural, mayoritariamente por el uso de leña en hogares. Los estados identificados con mayores emisiones son Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Guerrero y Puebla.

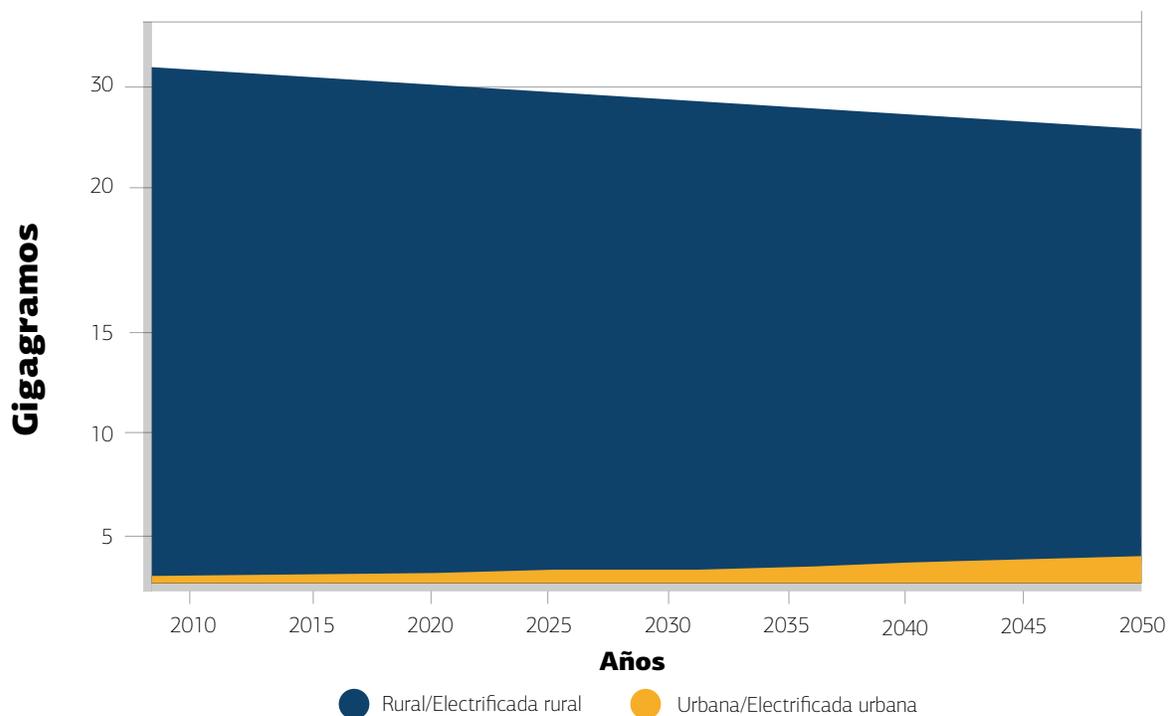
En el sector residencial se emitieron 31.33 Gg de CN en 2015 en el país, sin embargo, el análisis realizado por la Comisión de Cooperación de América del Norte en el cca-2018 y la oms-2018, muestra que alrededor de 18 millones de personas dependen exclusivamente de la leña y con una tendencia a la alza, principalmente en las zonas de mayor pobreza y con difícil acceso a combustibles alternos como gas L.P. El incremento de las emisiones de material particulado, carbono negro y otros contaminantes en microambientes está relacionado con el aumento de casos por enfermedades respiratorias.

El sector residencial en México tiene dos condicionantes importantes para la cocción de alimentos: las tecnologías y el tipo combustibles, los cuales son muy diferen-

tes en zonas urbanas y en zonas rurales. Para el análisis se proyectó a 2050 (Fig. 14) el crecimiento tecnológico en las zonas urbanas con la finalidad de establecer los consumos energéticos por hogar y asociarlos con otras variables, como el crecimiento poblacional, el ingreso y el número de hogares.

El uso de la energía en el sector residencial tiene emisiones importantes de carbono negro, principalmente en el subsector residencial rural, por el uso de biomasa (leña) para cocción de alimentos y calentamiento de agua. Para la evaluación del escenario, se utilizaron los datos reportados en el Balance Nacional de Energía y se contrastaron con INEGYCEI-INECC 2010 Y 2015.

**Fig. 14 Línea base del sector residencial de carbono negro al 2050**



Sector	Residencial
<b>Objetivo</b>	Contribuir a la reducción del 32% de las emisiones nacionales de carbono negro.
<b>Emisiones al 2015</b>	31.3 Gg de CN
<b>Meta al 2030</b>	Reducir el 84% de las emisiones de CN
<b>Estrategia de mitigación</b>	Usos mixtos de combustibles limpios

## Escenarios de mitigación

La prospectiva energética de la Secretaría de Energía (SENER) muestra que el consumo de biomasa tiene una tendencia marginal a la baja; sin embargo, la pobreza se incrementó en el ámbito nacional en zonas rurales principalmente; en zonas marginales donde se establece que existe una alta correlación con el uso de biomasa. Sin embargo, en el último inventario realizado por la cca-2018 no fueron cuantificados todos los estados con mayores consumos de leña.

En el caso urbano, el consumo de biomasa se encuentra orientado a un uso comercial y recreativo o a un consumo estacional (invierno); en contraste, el uso de leña como fuente principal de energía en los hogares rurales es constante durante todo el año y se incrementa en algunas zonas de manera estacional.

El escenario tendencial fue estimado con base en el consumo nacional per cápita-día que es de aproximadamente 3.1 kg por persona-día y de acuerdo con el inventario nacional se estima que el 95% del subsector rural usa fogón de tres piedras, mien-

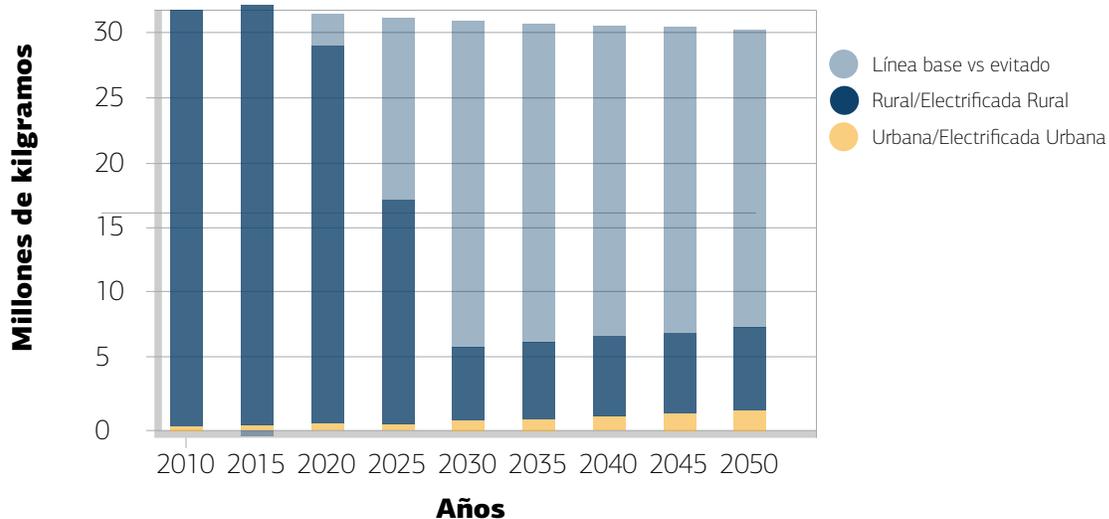
tras que el 5% restante utiliza estufas mejoradas. Desde una óptica de integración multisectorial con resultados orientados a los cobeneficios, se evaluaron varios escenarios potenciales de tecnologías mixtas y combustibles limpios, se identifica el escenario de mayor ambición con beneficios múltiples.

### Propuesta de escenarios de mitigación

- Reducción de biomasa por uso de estufas ahorradoras.
- Mayor consumo de combustibles de origen fósil (gas L.P. y gas natural).
- Uso de energía eléctrica para cocción de alimentos.

Los resultados de la modelación muestran que el potencial de reducción a 2030 es de 20 Gg y a 2050 de 28 Gg anuales de carbono negro (Fig. 15). Este escenario puede generar los mayores beneficios si se combina una estrategia de tecnologías mixtas de estufas ahorradoras y combustibles limpios de gas L.P. o natural y una mayor penetración de electricidad, principalmente en las zonas más pobres y vulnerables que no tienen acceso a otro tipo de combustibles.

**Fig. 15 Escenarios de mitigación de carbono negro sector residencial rural**



## Ruta de implementación

El escenario con mayores beneficios permitió definir la siguiente hoja de ruta para el sector residencial, orientada a reducir las emisiones intramuros y cumplir con la CND a 2030.

Acción	Programa de uso de combustibles y diferentes tecnologías en el sector residencial	Cronograma
<b>Responsables</b>	-SEMARNAT -Secretaría de Energía -Secretaría de Bienestar -SEDATU -Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía - Gobiernos locales - Secretaría de Salud	
<b>Objetivo</b>	Implementación de un programa para uso de combustibles limpios y cero emisiones en el sector residencial que utiliza biomasa	2025
<b>Meta</b>	Reducción del 80% de las emisiones de carbono negro por quema de biomasa	2030
<b>Justificación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El 23% de la población rural de México utiliza en un 95% leña como combustible para cocción de alimentos y calentamiento de agua.</li> <li>• Según información del sector salud y la Organización Panamericana de la Salud (OPS); las enfermedades por el uso de biomasa generan graves problemas de salud principalmente a nivel respiratorio y cardiovascular, siendo las más vulnerables las mujeres, los adultos mayores y los menores de 5 años.</li> <li>• La medida permitiría reducir hasta en 80% las emisiones de carbono negro y otros co-contaminantes.</li> <li>• Co-beneficios: la reducción de PM<sub>2.5</sub> y tóxicos permitirá mejorar la calidad del aire y evitará un 7% de muertes prematuras por contaminación intramuros.</li> </ul>	
<b>Descripción de las acciones y responsables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Norma técnica para el uso de estufas mejoradas</li> <li>• Implementación de un programa de energía limpia acorde a las posibilidades técnicas y económicas de cada región (SENER-CONUEE-SEMARNAT)</li> <li>• Programa de apoyo a la implementación por el sector salud</li> <li>• Monitoreo y vigilancia del cumplimiento de emisiones (SEMARNAT)</li> <li>• Análisis de costo beneficio de la medida (INECC)</li> <li>• Mecanismos de apoyo económico para la implementación de la acción (SEMARNAT-Secretaría de Hacienda)</li> </ul>	2020 2020 2020 2020
<b>Actual nivel de compromiso</b>	Desarrollo de una NAMA para el sector residencial	

Acción	Programa de uso de combustibles y diferentes tecnologías en el sector residencial	Cronograma
<b>Indicadores de la implementación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de hogares rurales con estufas de gas LP, gas natural y eléctricas</li> <li>Consumos de electricidad y gas en las zonas de implementación</li> </ul>	2024
<b>Indicadores de resultados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducción de emisiones en las zonas de implementación reportada en los inventarios de emisiones de contaminantes criterio y carbono negro</li> <li>Porcentaje de penetración tecnológica</li> <li>Disminución de la incidencia de las enfermedades relacionadas con la contaminación del aire intramuros en zonas prioritarias por uso de leña</li> </ul>	2022
<b>Fuentes de información para los indicadores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inventarios de emisiones</li> <li>Reducciones de emisiones con respecto a línea base</li> <li>Boletines epidemiológicos</li> </ul>	

## Recomendaciones sobre la ruta de implementación

El sector residencial tiene un importante potencial de mitigación y con base en el **PND 2019-2024**, se establece una trayectoria orientada a los sectores más vulnerables y con ingresos más bajos. Por ello, se deben evaluar los programas de estufas ahorradoras en México y contrastarlos con los resultados de salud vigentes, pero en ningún caso se promueve eliminar el uso de leña por completo en las comunidades por usos y costumbres.

Adicionalmente hay que establecer mecanismos de apropiación mixtos de tecnologías como son estufas ahorradoras y de cocción con gas LP o gas natural en zonas donde exista el potencial de distribución del combustible. En contraste, en aquellas zonas donde haya cobertura de la red eléctrica y no se tenga acceso a otro tipo de combustibles, se deberá fomentar el uso de estufas o sistemas de calentamiento por inducción eléctrica.

Para una etapa de evaluación costo-beneficio de la medida, los indicadores deben estar orientados a los costos en salud en las comunidades con mayor uso de leña, el análisis del costo de implementación de tecnologías mixtas con respecto a los gastos en salud en los ámbitos federal y estatal, junto con los gastos por enfermedades individuales o familiares, deben ponderarse para impulsar la estrategia.

La estrategia de mitigación será impulsada principalmente por la Secretaría de Salud con apoyo de las secretarías locales, centros médicos comunitarios a nivel estatal y local, acompañada por SEMARNAT, SENER, SEDATU, BIENESTAR.

## Escenario de mitigación con mayores beneficios

La Secretaría de Salud, en coordinación con la SEMARNAT, SENER, SEDATU y BIENESTAR, establecerán una hoja de ruta para promover y ejecutar las siguientes acciones:

- Incremento de la regulación para el uso de las estufas ahorradoras.
- De acuerdo con los esquemas normativos por parte de la Secretaría de Salud y la Secretaría de Energía se fomentará el uso de tecnologías mixtas y de combustibles limpios en las zonas de más alta prioridad por la utilización de fogones.
- Proponer un programa de incentivos tarifarios en las comunidades más vulnerables para el uso de energía eléctrica como opción para reducir emisiones y mejorar la salud de la población.
- Apoyar a los estados y municipios en la implementación y acompañamiento de los programas.
- Establecer una meta en el corto plazo a 2030 y de largo plazo a 2050, para reducir emisiones.
- Programas de tortillerías comunitarias.





6

LADRILLERAS  
ARTESANALES

# Contexto y emisiones actuales

El sector ladrillero artesanal no ha sufrido cambios significativos a lo largo de los últimos 15 años; se presume que se ha mantenido constante el sector con un incremento anual del 1.1% respecto al último inventario de hornos artesanales del INECC 2010. En 2010 se estimó durante la primera fase del SNAP-I (2013) una emisión anual de 479.5 Megagramos (Mg) de carbono negro (INECC 2018c, Ortinez et al 2018).

El sector ladrillero artesanal no representa en México un problema desde la visión climática, sin embargo, los hornos tradicionales se encuentran principalmente en las zonas urbanas del país, donde las emisiones de carbono negro y los co-contaminantes son un problema importante de salud pública, ya que se ha identificado que el uso de combustibles alternos y residuos peligrosos, generan emisiones de compuestos tóxicos como dioxinas y furanos entre otros.

En trabajos realizados por el INECC con apoyo de la CCAC, se documenta que es un problema relacionado con la pobreza, género y trabajo infantil que debe ser abordado de manera integral desde una perspectiva social y de desarrollo económico regional.

Para cumplir con los objetivos de mitigación se proponen las siguientes acciones considerando el escenario de mayor beneficio para reducir carbono negro en el sector.

Sector	Ladrillero artesanal
<b>Objetivo</b>	Contribuir con la reducción de 1% de las emisiones nacionales de carbono negro.
<b>Emisiones al 2015</b>	510 Megagramos (Mg) de CN
<b>Meta al 2030</b>	Reducir el 15% de las emisiones de CN
<b>Estrategia de mitigación</b>	Cambio tecnológico bajo en emisiones

Los datos de actividad para el sector en todo el país son los siguientes:

- Producción neta: 10,200 Megakilogramos (Mkg) de ladrillos anuales.
- Combustible: 3 Toneladas de Madera por quema.
- Ladrilleras artesanales: 17,000 hornos tradicionales.

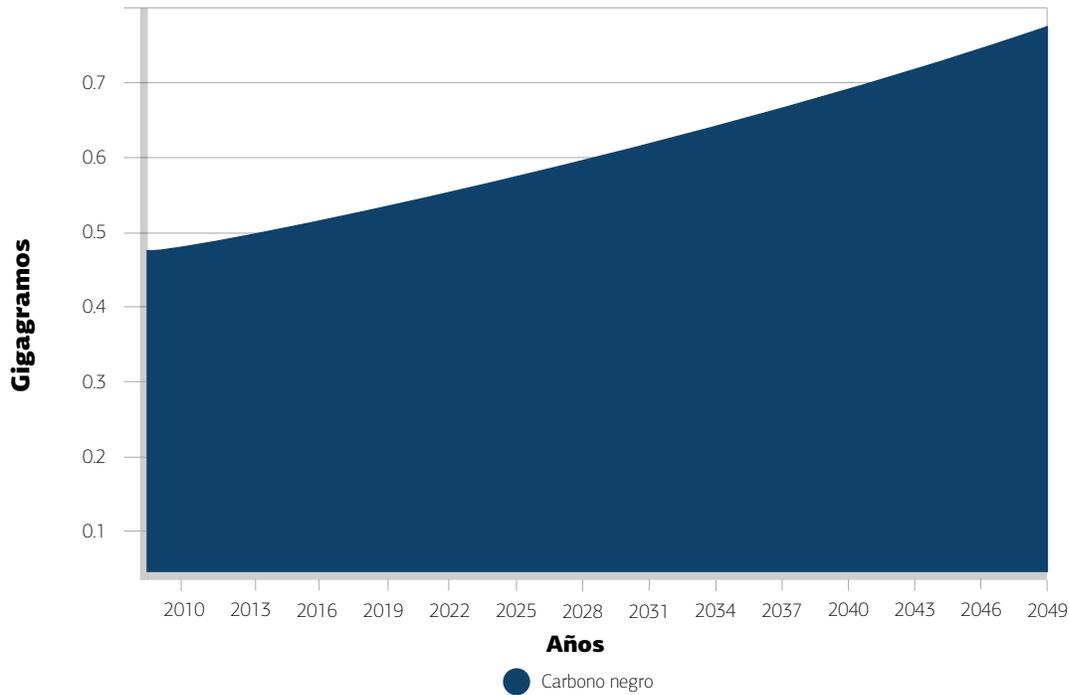
Las emisiones de carbono negro fueron estimadas al año base 2010 en el SNAP-I (2013), y se cuantificaron en México por el INECC y otras instituciones nacionales. (Christian et al 2010). El sector mantiene un crecimiento variado, pero sin cambios significativos; el incremento se debe al subsector

informal donde la proyección (Fig 16) de la línea base se generó considerando la tasa de crecimiento media anual de 1.1% con base en los estudios del INECC 2018.

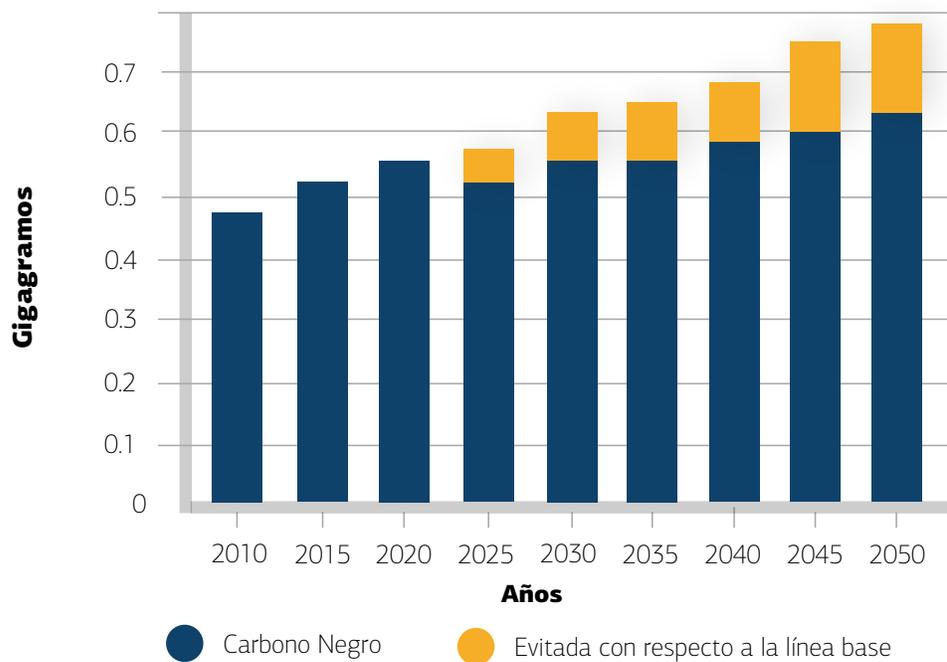
## Escenarios de mitigación

Para el sector ladrillero artesanal se establecieron dos escenarios de mitigación; el primero con base en la implementación del horno tipo MK2 (Fig 17), el cual ha sido utilizado en México durante más de 10 años. Esta tecnología se considera de transición y no transformacional para el sector ladrillero artesanal.

**Fig. 16 Línea base de emisiones de carbono negro a 2050 del sector ladrillero artesanal**



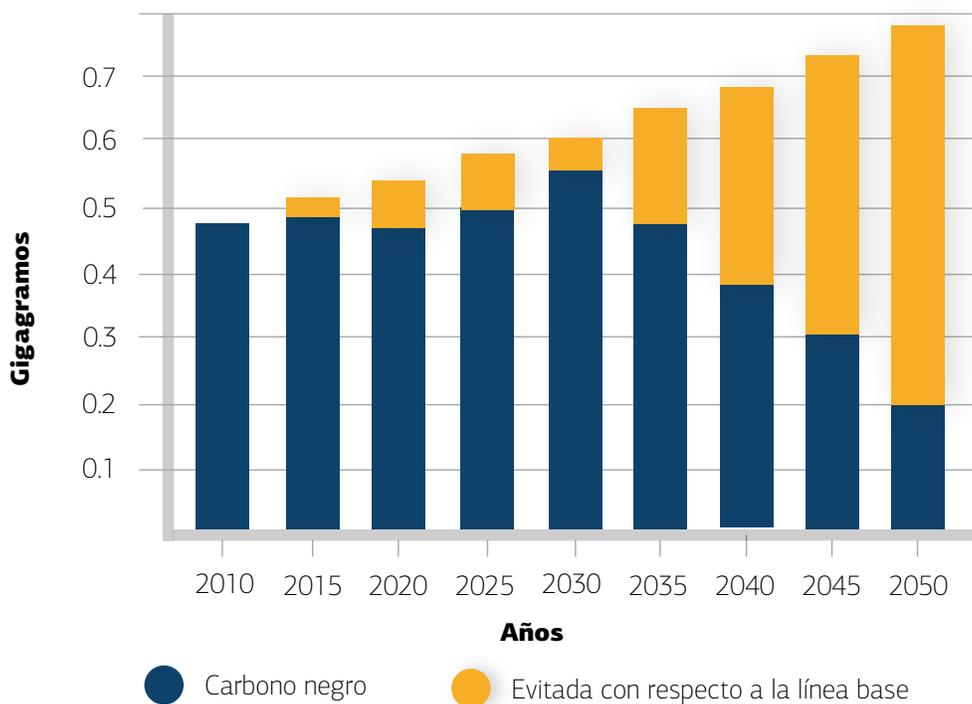
**Fig. 17 Escenario de mitigación de carbono negro por el uso de hornos tipo MK2**



El segundo escenario se considera transformacional y con mayor potencial de mitigación, porque considera cambios en el sistema productivo introduciendo hornos altamente eficientes y un modelo de negocio; sin embargo, no se puede garantizar una mitigación en el corto plazo debido a los esquemas económicos del sector informal en el que se desarrolla la industria artesanal en México.

Esta estrategia de mayor ambición y de beneficios múltiples contempla un enfoque de organización cooperativo, así como una base regulatoria de emisiones. El escenario propuesto (Fig 18) fue desarrollado con la introducción de hornos multicámara con chimenea que permiten la reducción de emisiones y aumentan la eficiencia energética del proceso reduciendo el consumo de combustible.

**Fig. 18 Escenario de mitigación de carbono negro por la implementación de hornos multicamaras**



## Ruta de implementación

El escenario con mayores beneficios permitió definir la siguiente hoja de ruta para el sector ladrillero artesanal, orientada a reducir las emisiones de carbono negro y el impacto en la calidad del aire.

Acción	Cambio tecnológico bajo en emisiones del sector ladrillero artesanal	Año
<b>Responsables</b>	-SEMARNAT -Gobiernos locales -Cámara de la Industria de la Construcción	
<b>Objetivo</b>	Transformación tecnológica del sector ladrillero artesanal para reducir emisiones de contaminantes atmosféricos y climáticos	2025
<b>Meta</b>	Reducción de emisiones de material particulado y carbono negro en las chimeneas de los nuevos hornos	
<b>Justificación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existen más de 17000 hornos tradicionales no regulados en México</li> <li>El sector contribuye con el 2% de las emisiones de carbono negro en el país</li> <li>Es una de las principales fuentes de contaminantes atmosféricos en las zonas urbanas y periurbanas</li> <li>Cobeneficios: Reducción de PM<sub>2.5</sub>, permitirá mejorar la calidad del aire y evitará un 1% de muertes prematuras por contaminación del aire</li> </ul>	
<b>Descripción de las acciones y responsables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impulsar una norma para establecer los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes (SEMARNAT)</li> <li>Monitoreo y vigilancia del cumplimiento de emisiones (Gobiernos locales)</li> <li>Análisis costo beneficio de la medida (INECC)</li> <li>Mecanismos de apoyo económico para la implementación de la acción (Gobiernos locales)</li> <li>Desarrollo de capacidades para la aplicación de la meta (SEMARNAT-Cámara de la Industria de la Construcción)</li> <li>Vigilancia y control de los límites de emisión (Gobiernos locales)</li> </ul>	2022  2022 2020 2021  2023 2022
<b>Actual nivel de compromiso</b>	El INECC con apoyo de la CCAC desarrolla un modelo transformacional e integral sustentable del sector residencial	
<b>Indicadores de la implementación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Publicación Norma técnica de Emisiones.</li> <li>Reporte del análisis costo-beneficio</li> <li>Solicitudes oficiales de los gobiernos estatales de la implementación del modelo transformacional</li> </ul>	
<b>Indicadores de resultados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de beneficiarios del proyecto por sistema cooperativo</li> <li>Porcentaje de reducción de ladrilleras artesanales</li> <li>Toneladas de emisiones reducidas</li> </ul>	2022 2022
<b>Fuentes de información para los indicadores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inventarios estatales</li> </ul>	

## Recomendaciones sobre la ruta de implementación

En 2010, el 60% de las ladrilleras se encontraron ubicadas en sitios periurbanos y urbanos, o en asentamientos irregulares y el resto en zonas urbanas. El sector mantiene una actividad comercial irregular al no estar establecida formalmente y no son sujetos de regulaciones ambientales. La actividad es considerada de tipo industrial pero no es regulada por la autoridad federal, siendo los estados y municipios los encargados de vigilar y controlar la actividad.

El escenario de mayor rentabilidad establece que un cambio transformacional en el sector es una oportunidad social importante con beneficios múltiples en la calidad del aire, y principalmente en la salud de los operarios de los hornos ladrilleros y . En consecuencia, se recomienda establecer mecanismos participativos en las comunidades donde estén operando los hornos e impulsar el desarrollo de las comunidades con una visión industrial para generar trabajo participativo e incluyente, fomentar la regulación del producto como una estrategia de mercado y norma las emisiones estatales.

## Escenario de control de emisiones

La industria ladrillera artesanal tiene un bajo potencial de reducción de emisiones de carbono negro. En el ámbito nacional, es considerada una industria altamente contaminante en las zonas urbanas por emisiones de material particulado y gases de combustión que afectan la calidad del aire de las comunidades. Adicionalmente, los niveles de desigualdad y pobreza en el sector abren una oportunidad para transformarlo en una industria limpia y con un potencial para abrir fuentes de empleo.

- La SEMARNAT en coordinación con los gobiernos de los estados, la Cámara de la industria de la Construcción y las organizaciones ladrilleras, promoverá un cambio transformacional del sector ladrillero, para ser una industria formal y regulada.
- La SEMARNAT, el INECC y la Cámara de la Industria de la Construcción en coordinación con los gobiernos de los estados, dará asesoría técnica para la implementación de un modelo sustentable tecnológico y de negocio.
- La SEMARNAT y la Secretaría de Economía, promoverán un programa del sector para acceder a créditos y así adquirir tecnologías eficientes y bajas en emisiones.



7

EMISIONES  
DE METANO



# Contexto y emisiones actuales

El metano es un gas de efecto invernadero con un tiempo de vida media en la atmósfera de 12 años y es considerado un ccvc. Las emisiones se generan en una mezcla de fuentes antropogénicas y naturales cuyos efectos impactan directamente en el sistema climático y de manera indirecta en la salud humana y la de los ecosistemas.

En términos de calidad del aire, su papel como precursor de ozono troposférico, otro importante gas de efecto invernadero y contaminante del aire, se considera importante por los efectos que provoca en los cultivos agrícolas y en la salud humana.

## Línea base para metano y reducciones del 2010-2050

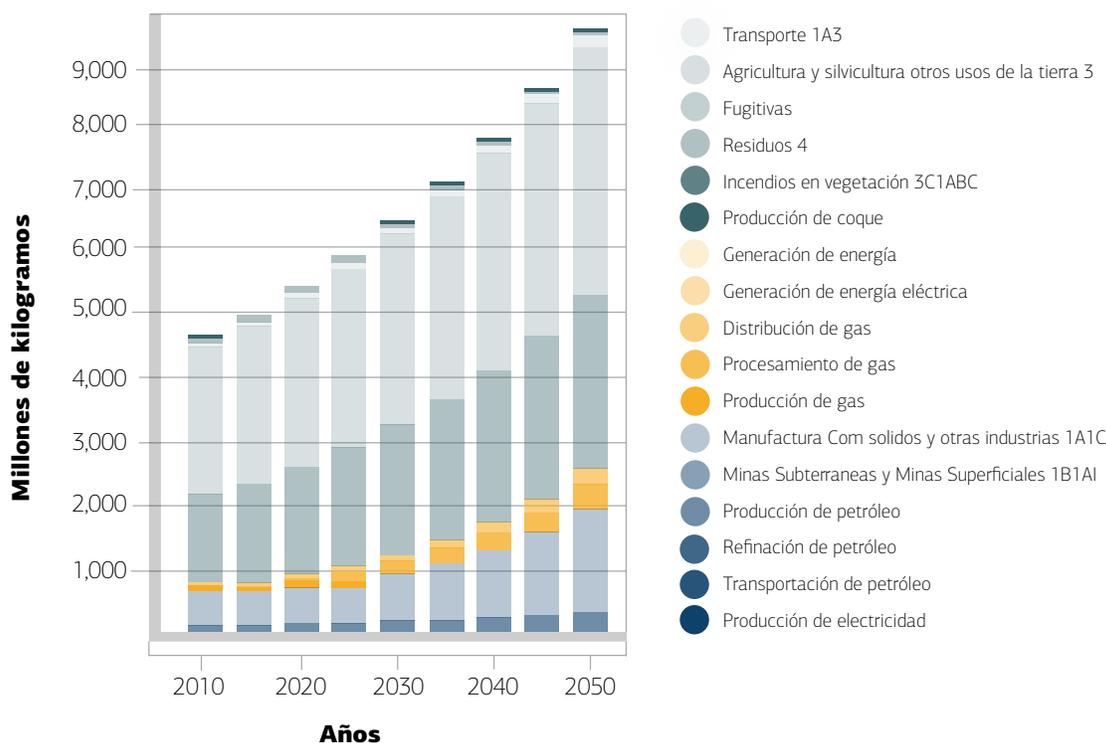
Las emisiones de metano totales reportadas en el inventario de gases y compuestos de efecto invernadero de 2015 fueron de 142,000 Gg, siendo los subsectores más importantes en términos de contribución porcentual, el sector ganadero y el sector residuos, donde se encuentran las subcategorías de rellenos sanitarios y aguas residuales

municipales e industriales. El análisis en detalle de cada contribución de fuente se encuentra en las secciones de cada sector de metano.

Para considerar de manera específica las estrategias de mitigación en los sectores antes mencionados, se estimó la línea base a partir de 2010 con proyección a 2050 con base en las tasas de crecimiento indicadas en el inventario 2015.

Las aportaciones de los principales sectores de metano fueron 5.1 Gg para 2015 sin pasar a su equivalencia en CO<sub>2</sub>. La modelación con el modelo LEAP-IBC se realizó con el 95% de las emisiones de metano, y se estimó la línea base mostrada en la siguiente figura (Fig. 19).

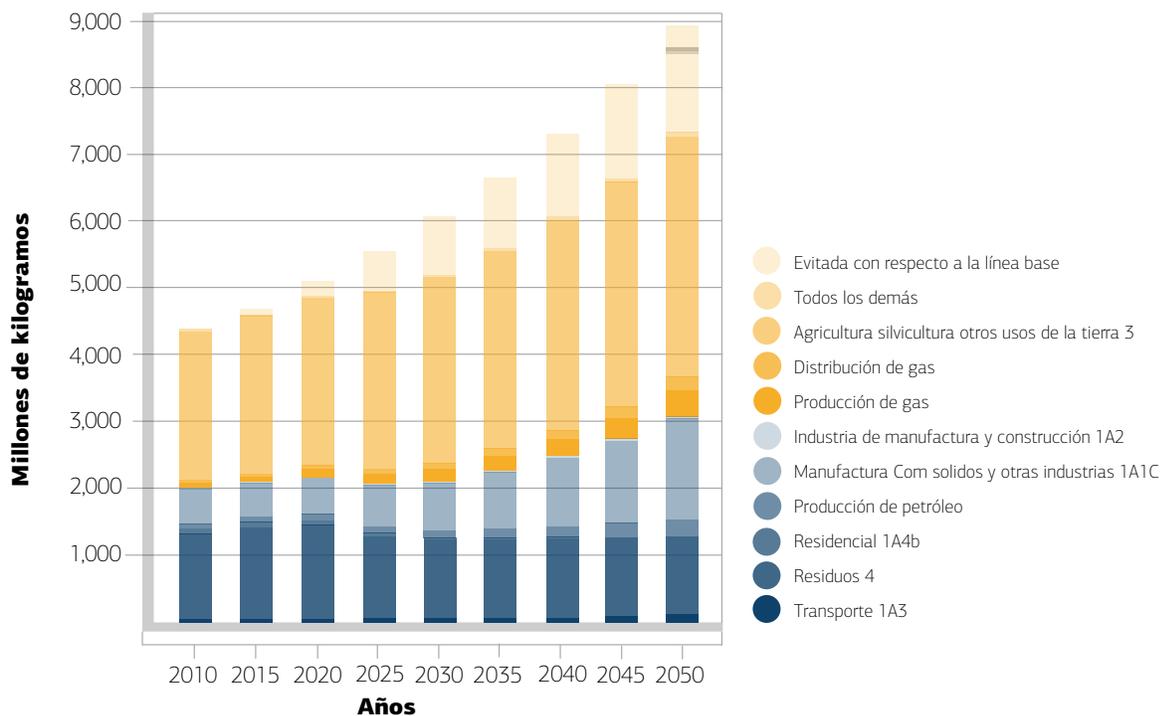
**Fig. 19 Línea base de los principales sectores de metano, desarrollada en 2019 a partir del INEGYCEI 2015-INECC**

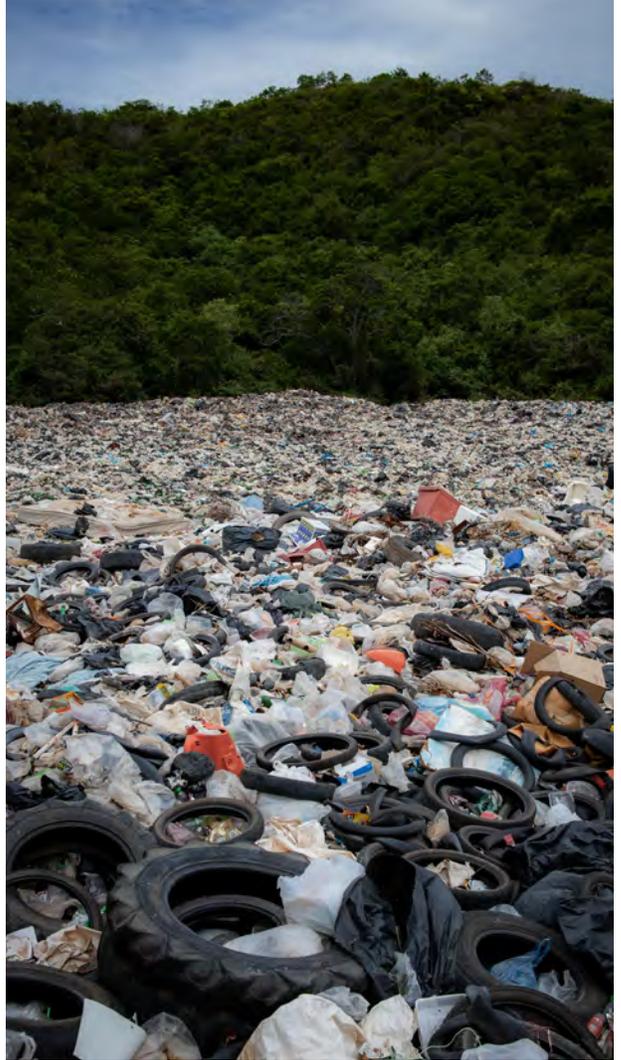


Categoría	Medida de mitigación	Objetivo
<b>Residuos sólidos</b>	Incrementar la infraestructura de rellenos sanitarios para la captura y quema de biogás y generación de energía limpia	Reducir al 50% las emisiones de metano a 2030 con respecto a la línea base
<b>Aguas residuales</b>	Mayor tratamiento de aguas residuales municipales e industriales	Reducción de emisiones de metano en aguas residuales municipales e industriales en un 80% a 2025 y 95% a 2030 con respecto a la línea base
<b>Ganadero</b>	Incrementar la capacidad instalada de biodigestores en el sector ganadero	Reducción de emisiones de metano por manejo de estiércol de 35% en bovinos y porcinos a 2025 y del 70% a 2030

Con las medidas establecidas en la tabla 2, se analizaron de manera conjunta en el modelo LEAP-IBC para definir el potencial de mitigación de metano a 2030 y donde se puede observar en la (Fig. 20) que se alcanza 9% de CO<sub>2</sub> del total de la meta que es el del 21% de GEI a 2030.

**Fig. 20 Mitigación de emisiones de metano con base en los sectores evaluados en la presente estrategia**





8

# RESIDUOS SÓLIDOS



## Contexto y emisiones actuales

El crecimiento de la población principalmente en las zonas urbanas y periurbanas está relacionado de manera directa con la generación de residuos urbanos principalmente sólidos (RSU), según la información reportada por el INECC 2015<sup>14</sup>. Las emisiones de CO<sub>2</sub>e per-cápita fueron de 3.74 toneladas métricas anuales por habitante, con un aumento constante de 2.8% anual. Con respecto a 1993 se han venido incrementando en un 18.3% hasta el 2015.

Las emisiones de metano en los RSU se producen principalmente por la fracción orgánica, la cual ha venido a la baja. En los años 40 el porcentaje de la fracción orgánica era considerablemente alto, alcanzando el 70% de la contribución total, actualmente se ha reducido al 52.4% del total de los residuos, por lo que existe un potencial

para mitigarlo o transformarlo. El último análisis del sector muestra que la generación per-cápita día es de 356 kg-hab/año (INEGI 2018b). En cuanto a la disposición final, en 2016 el 66.4% de los residuos se depositaron en rellenos sanitarios, 20.4% en tiraderos a cielo abierto, 8% en rellenos de tierra y 5.2% se recicló.

Sector	Residuos sólidos urbanos
<b>Objetivo</b>	Captura y generación de electricidad por emisiones de metano.
<b>Emisiones al 2015</b>	857 Millones de toneladas (Mton) de metano
<b>Meta al 2030</b>	Reducir el 50% de las emisiones de metano
<b>Estrategia de mitigación</b>	Incrementar la infraestructura para el tratamiento de residuos sólidos urbanos

Las estimaciones de la línea base y escenarios de mitigación fueron representados con los mismos supuestos reportados en la Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático 2018<sup>15</sup>.

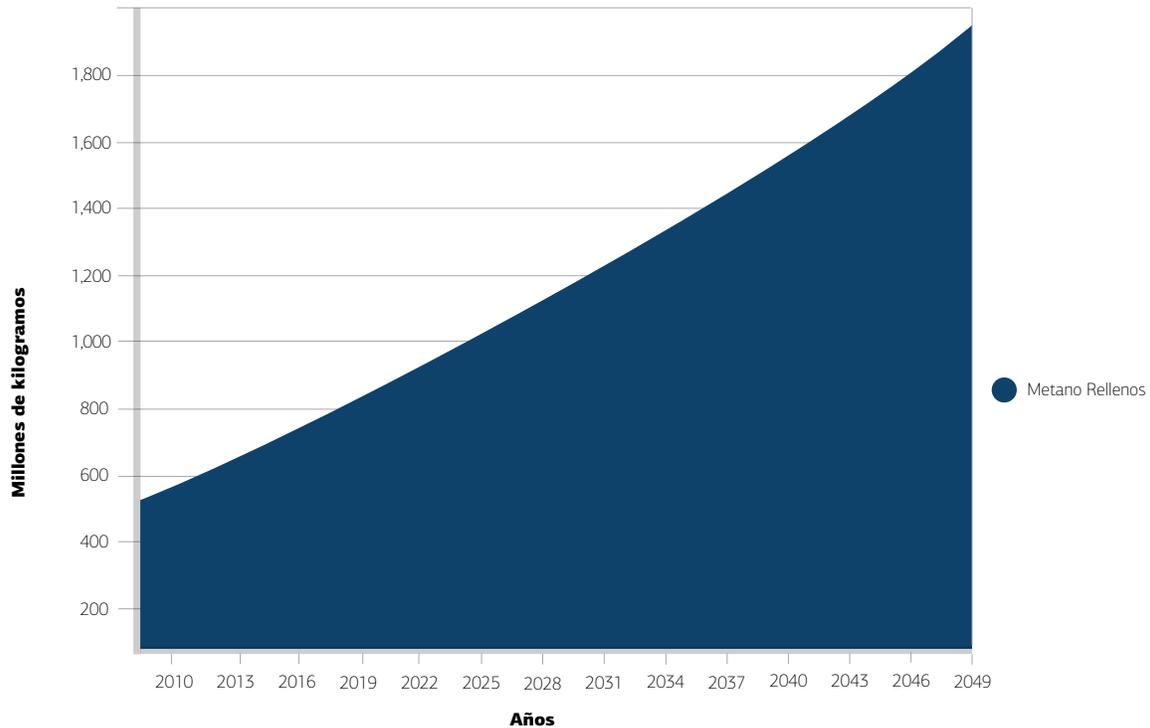
En la modelación se parametrizó el escenario BAU considerando el crecimiento de la población como elemento preponderante del aumento de las emisiones de metano por la generación de residuos (Fig 21).

<sup>14</sup> <http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/handle/publicaciones/117>

<sup>15</sup> [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/461757/Residuos\\_solidos\\_urbanos.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/461757/Residuos_solidos_urbanos.pdf)



**Fig. 21 Emisiones de metano en rellenos sanitarios**



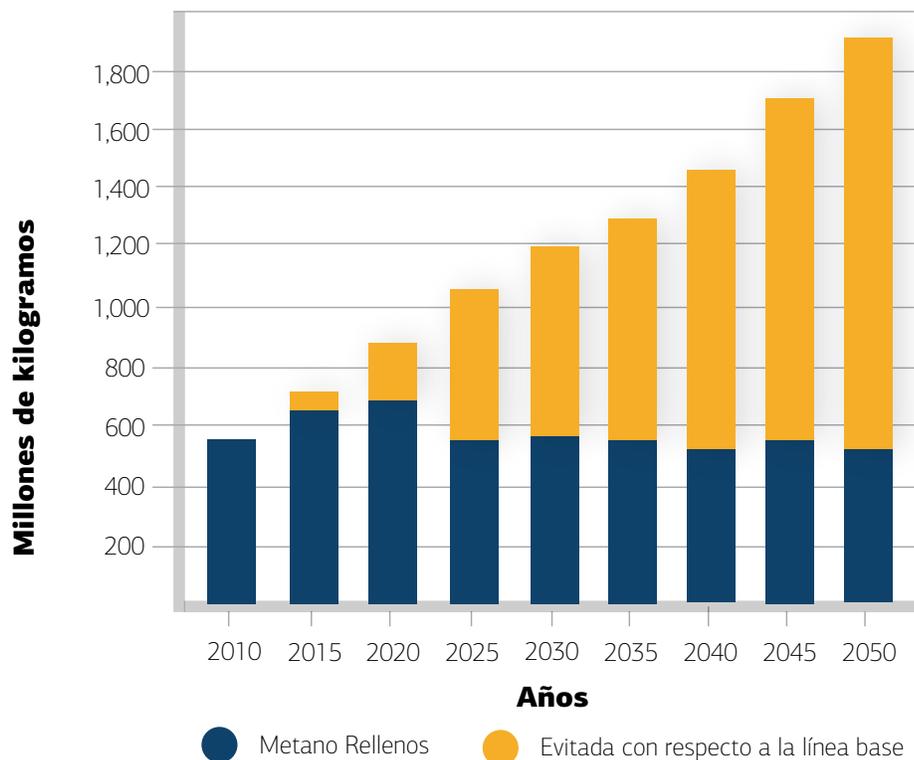
### Escenarios de mitigación

Para el sector se consideró el escenario con mayor potencial de mitigación. Los análisis sectoriales realizados por el INECC-PNUD<sup>16</sup>, muestran que el incremento de la infraes-

tructura nacional de rellenos sanitarios en 472 municipios con poblaciones superiores a los 50,000 habitantes, con la capacidad de captura y transformación en energía limpia, tiene un potencial de reducción de emisiones de 50% de metano a 2050 con respecto a la línea base (Fig. 22).

<sup>16</sup> [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/461757/Residuos\\_solidos\\_urbanos.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/461757/Residuos_solidos_urbanos.pdf)

**Fig. 22 Emisiones de metano evitadas con respecto a la línea base**



La evaluación de la medida indica que 87% de las emisiones de metano corresponden a la captura y quema de biogás con la nueva infraestructura propuesta, mientras que el 13% restante está asociada a la generación de energía limpia.

Con respecto a los costos de la medida, los estudios realizados en el sector muestran que la modelación mantiene

los costos marginales con el mayor potencial para su implementación en el corto plazo, permitiendo alcanzar la meta a 2030 y cumplir con los compromisos de México con respecto a la CND.



## Ruta de implementación

El escenario con mayores beneficios permitió definir la siguiente hoja de ruta para la reducción de emisiones de metano en la disposición de residuos sólidos urbanos, cumplir con la meta de la CND y reducir la contribución de metano como precursor de ozono.

<b>Acción</b>	<b>Captura y generación de energía limpia en rellenos sanitarios</b>	<b>Año</b>
<b>Responsables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-SEMARNAT</li> <li>-SENER</li> <li>-Gobiernos de los estados</li> <li>- Municipios</li> <li>-Asociaciones y empresas del sector</li> </ul>	
<b>Objetivo</b>	Incrementar la infraestructura de rellenos sanitarios para la captura y quema de biogás y generación de energía limpia	2020 - 2030
<b>Meta</b>	Reducir al 50% las emisiones de metano a 2030 con respecto a la línea base	
<b>Justificación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En 2013 se generaron 117,258 toneladas al día de residuos sólidos urbanos</li> <li>• Se recolecta a nivel nacional 83.9% de los residuos</li> <li>• La generación de residuos per cápita es de 0.85 kg/hab/día</li> <li>• Cobeneficios: La disminución de emisiones de metano reducirá su contribución a la producción de ozono.</li> </ul>	
<b>Descripción de las acciones y responsables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoreo y vigilancia del cumplimiento de emisiones (Estados y municipios con apoyo de la SEMARNAT)</li> <li>• Análisis costo beneficio de la medida (INECC)</li> <li>• Mecanismos de apoyo económico para la implementación de la acción (SEMARNAT-INECC)</li> <li>• Desarrollo de capacidades para la aplicación de la meta (SEMARNAT-Gobiernos estatales y municipales)</li> <li>• Vigilancia y control de los sistemas de quema con base en la NOM-083-SEMARNAT-2003</li> </ul>	2022  2022  2020  2023
<b>Actual nivel de compromiso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de emisiones del sector residuos con base en la CND</li> </ul>	
<b>Indicadores de la implementación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avance del programa de infraestructura de rellenos sanitarios</li> </ul>	2021
<b>Indicadores de resultados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de reducción de metano con base en el INEGYCEI 2015</li> </ul>	2022
<b>Fuentes de información para los indicadores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inventario de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero</li> <li>• Reportes de los municipios</li> </ul>	

## Recomendaciones sobre la ruta de implementación

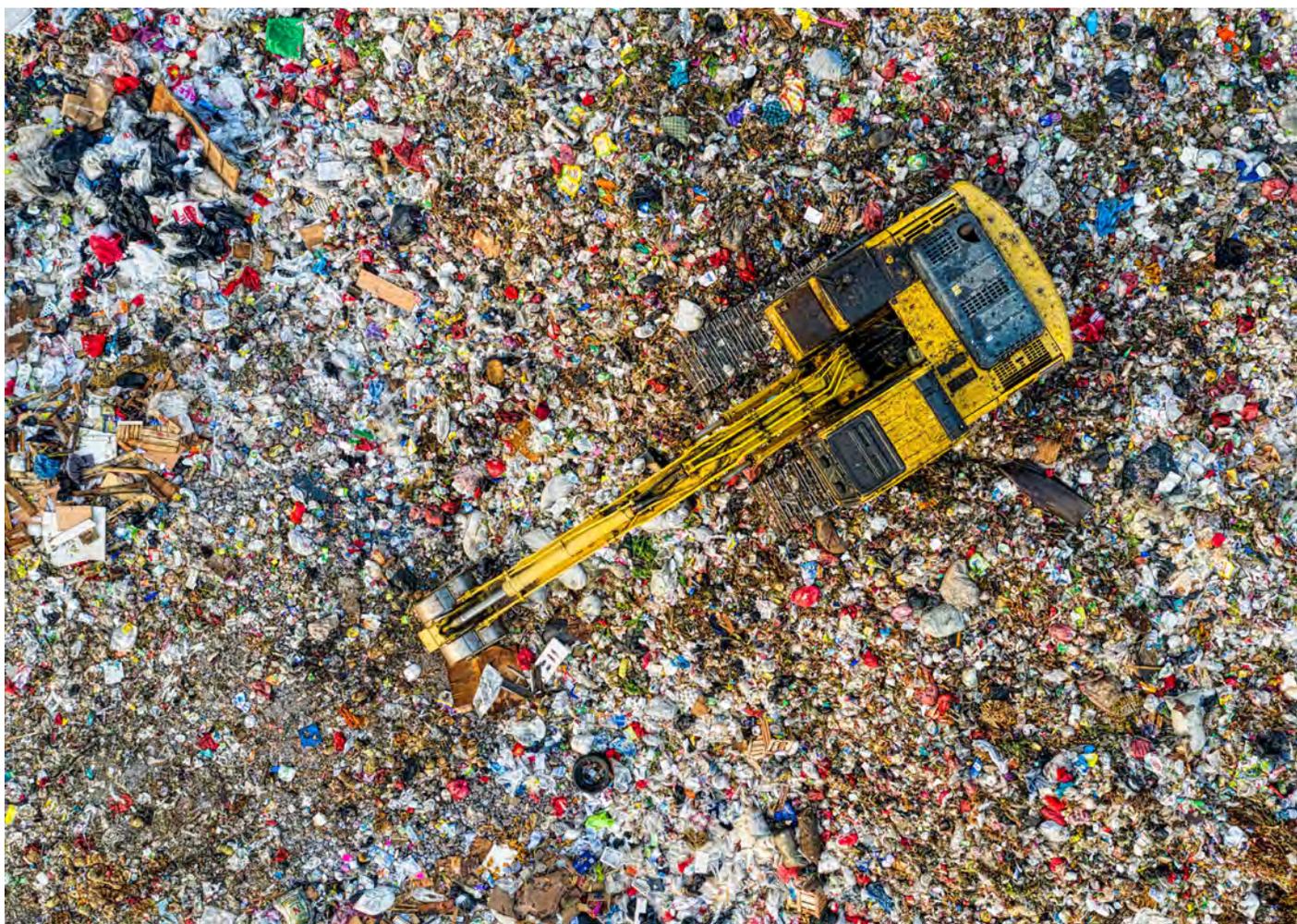
El escenario de mayores beneficios para la gestión de residuos sólidos urbanos establece que el aumento en la infraestructura del sector es una gran oportunidad para reducir las emisiones de metano, con beneficios en la calidad del aire, al reducir un precursor de ozono y evitar impactos negativos en la salud ambiental. Se recomienda establecer mecanismos participativos con SEMARNAT, SENER y gobiernos estatales y municipales en las comunidades donde operen rellenos sanitarios con gran potencial de reducción de emisiones de metano e involucrar a los sectores de generación de energías limpias para establecer sinergias en términos de ganar-ganar.

- Fomento a la gestión integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

- Incremento en el financiamiento para los programas de prevención y gestión integral de residuos.
- Reforzar la normativa vigente y apoyo a los estados y municipios en su ejecución.

## Escenario de mitigación con mayores beneficios

El sector residuos tiene un potencial importante para reducir las emisiones de metano; el escenario propuesto permitirá evitar el 50% de las emisiones en 2030 con respecto a la línea base, sin embargo, se requiere de fondos y de la participación de los interesados para articular las acciones e incrementar la infraestructura de rellenos con captura y generación de energía limpia.



A photograph showing two large, dark-colored pipes discharging wastewater into a body of water. The water is turbulent and white with foam as it falls from the pipes. The background consists of tall, dry reeds or grasses. The scene is captured in a natural, outdoor setting.

9

AGUAS  
RESIDUALES

# Contexto y emisiones actuales

El manejo de las aguas residuales en México es un reto complejo. Actualmente, 4.6 de cada 10 litros no se tratan. Las emisiones con base en las cifras del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 2015, muestran que las aguas residuales municipales (ARM) e industriales (ARI) alcanzaron 70.1 Mton de metano. En el periodo 2012-2016, las emisiones totales de las aguas residuales se estabilizaron alrededor de 22.10 MtCO<sub>2</sub>e. A

partir de los datos del más reciente inventario<sup>17</sup>, dichas emisiones representan 4.17% del total de las emisiones netas del país. El 25.1% corresponde a las aguas residuales municipales y 74.9% a las industriales. El tratamiento de aguas residuales nacionales representa la reducción

del 48.6% de las emisiones totales del sector Residuos, donde las aguas industriales contribuyeron con 36.4% y las municipales con 12.2% del metano.

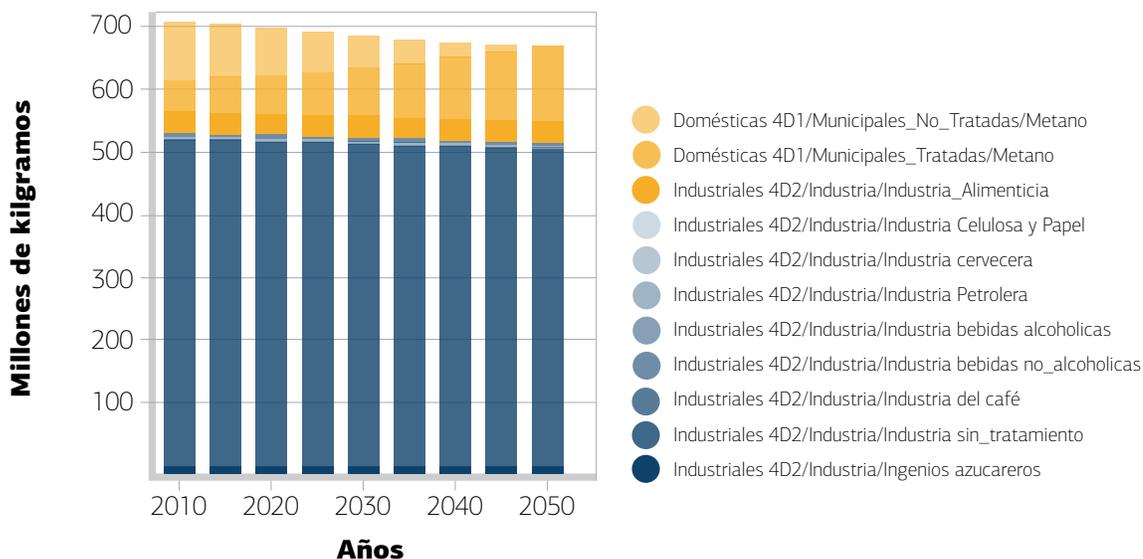
<sup>17</sup> <http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/handle/publicaciones/117>

Sector	Residuos aguas residuales
<b>Objetivo</b>	Tratamiento de aguas residuales
<b>Emisiones al 2015</b>	701 Millones de toneladas (Mton) de metano
<b>Meta al 2030</b>	Reducir el 8.8% de las emisiones de metano
<b>Estrategia de mitigación</b>	Incrementar la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales

Las emisiones totales por el tratamiento de aguas residuales tienen una tasa media anual negativa de 0.08%. El nivel de las emisiones se ha estabilizado: se desacoplan paulatinamente del crecimiento poblacional, ya que decre-

cen ligeramente en comparación con la tasa de crecimiento anual media de 1.11% de la población y de la tasa de crecimiento anual media de 2.54% del Producto Interno Bruto (PIB) del país en el periodo entre 2012 - 2016.

**Fig. 23 Línea base de emisiones de metano del subsector aguas residuales**



El subsector aguas residuales fue modelado con la herramienta LEAP-IBC, bajo las categorías del IPCC y se dio en ARM y ARI como lo muestra la (Fig 23), siendo dos categorías para ARM, tratadas y no tratadas y para el caso de las ARI, como se indican en el inventario de gases y compuestos de efecto invernadero de México.

### Escenarios de mitigación

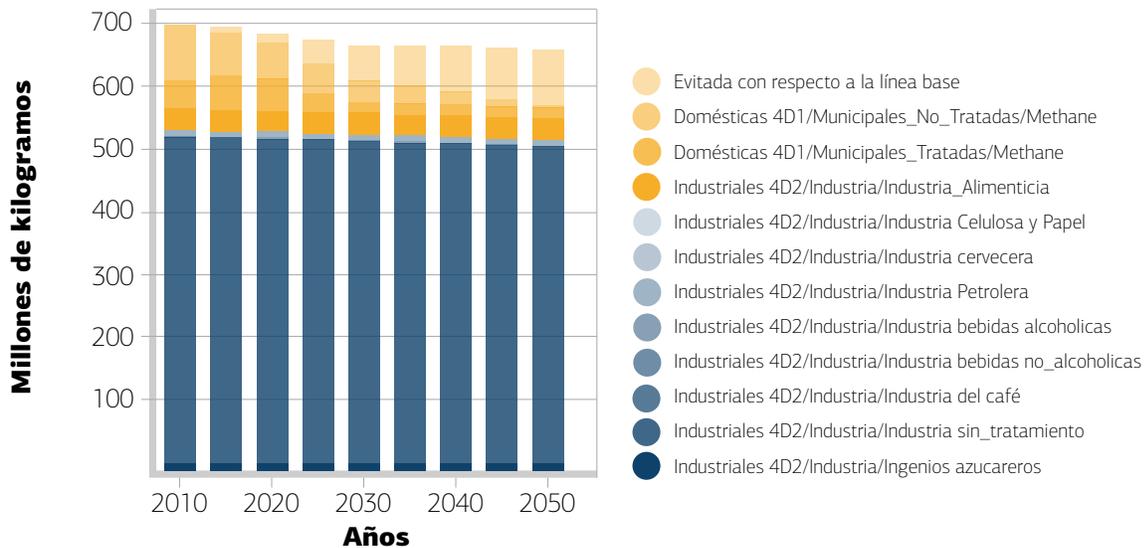
El sector de aguas residuales requerirá para 2030 infraestructura para dar tratamiento a 7.157 miles de millones de metros cúbicos, lo que significa un incremento de 4.3 miles de millones de metros cúbicos. Esta brecha estará integrada principalmente por insuficiencia de la capacidad

instalada para el tratamiento de aguas residuales, capacidad instalada sin operar por falta de red de alcantarillado y agua residual tratada de manera ineficiente (Fig. 24).

Las cuencas con mayores retos en este rubro son Lerma, Valle de México, Tula, Balsas, Bajo Papaloapan, Río Bravo y Península de Yucatán. Se estima que a 2030 la actividad industrial generará un volumen de agua residual cercano a 2.1 miles de millones de m<sup>3</sup>. La brecha de tratamiento será del orden de 1.8 miles de millones de m<sup>3</sup>, para lograr el tratamiento conforme a las normas y condiciones particulares de descarga de todas las aguas residuales de origen<sup>18</sup>.

**18** [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/461753/Aguas\\_residuales.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/461753/Aguas_residuales.pdf)

**Fig. 24 Escenario de mitigación de metano de aguas residuales**



## Ruta de implementación

El escenario de mayores beneficios permitió definir la siguiente hoja de ruta para la categoría de aguas residuales municipales e industriales. Al reducir se evita la emisión de un precursor de ozono, se mejora la calidad del aire y se reduce el impacto al cambio climático.

Acción	Mayor tratamiento de aguas residuales municipales e industriales	Año
<b>Responsables</b>	-SEMARNAT -Comisión Nacional del Agua -Gobiernos y autoridades locales y municipales	
<b>Objetivo</b>	Incrementar la capacidad instalada de sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales e industriales para mitigar las emisiones de metano	2025
<b>Meta</b>	Reducción de emisiones de metano en aguas residuales municipales y residencial en 80% a 2025 y 95% a 2030 con respecto a la línea base	2020 - 2030
<b>Justificación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las emisiones totales de las aguas residuales y municipales en 2015 fueron de 22.30 MtonCO<sub>2</sub>e</li> <li>Del total de emisiones, 25.1% de las emisiones corresponde a las ARM y 74.9% a la ARI</li> <li>Co-beneficios: la reducción de metano disminuirá el potencial de formación de ozono y contribuirá a alcanzar las metas comprometidas en la CND</li> </ul>	
<b>Descripción de las acciones y responsables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoreo y vigilancia del cumplimiento de emisiones (SEMARNAT)</li> <li>Análisis costo-beneficio de la medida (INECC)</li> <li>Mecanismos de apoyo económico para la implementación de la acción (SEMARNAT)</li> <li>Desarrollo de capacidades para la aplicación de la meta (SEMARNAT-CONAGUA-Organismos)</li> </ul>	2022 2022 2020 - 2025 2020
<b>Actual nivel de compromiso</b>	Establecer los mecanismos financieros para el desarrollo de la infraestructura nacional	2019 - 2020
<b>Indicadores de la implementación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fondos comprometidos para la implementación</li> <li>MRV establecido para el sector</li> </ul>	
<b>Indicadores de resultados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porcentaje de plantas de tratamiento municipal e industrial</li> <li>Avances en la reducción de emisiones con respecto a la línea base anual al 2025</li> </ul>	2022 2022
<b>Fuentes de información para los indicadores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reportes de CONAGUA</li> <li>Inventario de emisiones de GEI anuales del INECC</li> </ul>	

### Recomendaciones sobre la ruta de implementación

Con base en los análisis se estableció la medida con mayores beneficios en el sector de aguas residuales, por la que se recomienda el análisis en el ámbito local, siendo la factibilidad técnica financiera y el costo-beneficio los principales componentes de la medida.

### Escenario de mitigación con mayores beneficios

Se considera que para cumplir la meta de la CND, mejorar la calidad del aire al reducir la formación de ozono por metano, la medida con mayores beneficios será la de incrementar la cobertura de tratamiento de aguas residuales municipales e industriales a través de tecnologías acordes a la situación de cada entidad, buscando en todo momento la eficiencia en los procesos, principalmente en el tratamiento de los lodos activados.

# 10 GANADERO



# Contexto y emisiones actuales

En 2014 la superficie nacional agostadero era de 81,758,631 hectáreas, esto es, el 74.8% de la superficie agropecuaria de México, en la que se reportan 32.9 millones de cabezas de ganado bovino. La proporción porcentual de la producción ganadera que más contribuye a la emisión de metano es la siguiente: bovino 29.4%, y porcino 17.6% del total ganadero.

El Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero para 2015 indica que se emitieron 2.2 Gg de metano asociado a la fermentación entérica y a la gestión de estiércol de los diferentes tipos de ganado.

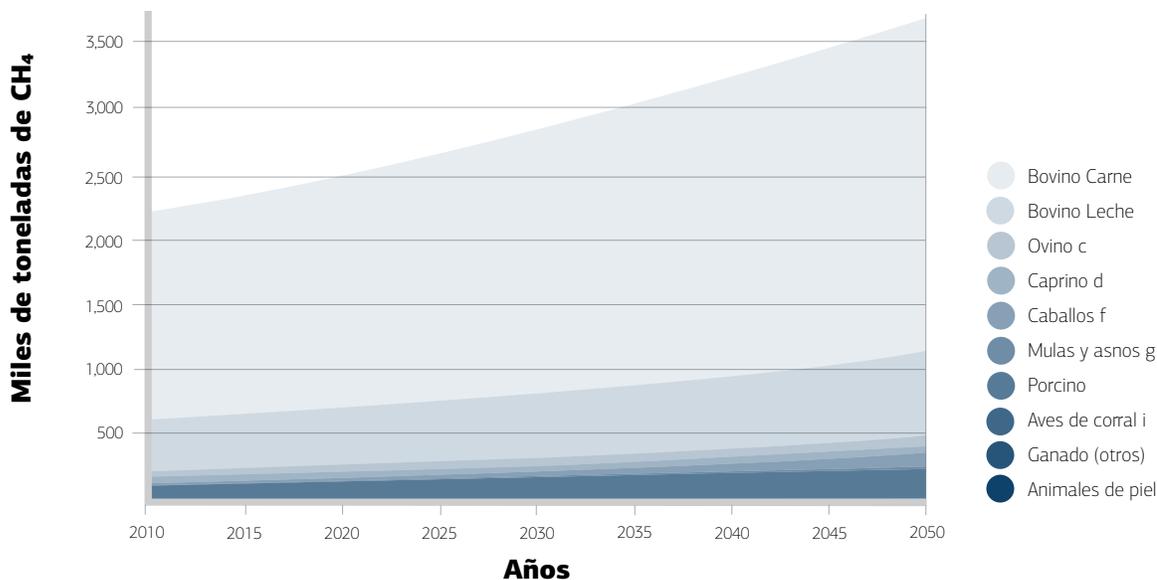
**Fermentación entérica**  
**1,847,000.00** ton de metano  
**Gestión de estiércol**  
 ton de metano **373,678.57**

Sector	Ganado
<b>Objetivo</b>	Reducir las emisiones de metano en ganado bovino y porcino
<b>Emisiones al 2015</b>	2.3 Millones de toneladas (Mton) de metano
<b>Meta al 2030</b>	Reducir el 3.2% de las emisiones de metano
<b>Estrategia de Mitigación</b>	Incrementar la capacidad instalada de biodigestores

La proyección de la línea base (Fig. 25) para este sector se generó considerando la tasa de crecimiento media anual de emisiones de 1990 a 2015, a partir de los datos reportados en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases

y Compuestos de Efecto Invernadero 2015. La tasa de crecimiento se aplicó al número de animales manteniendo el resto de los parámetros constantes.

**Fig. 25 Línea base de metano del sector ganadería, desarrollada en 2019 a partir del INEGYCEI 2015-INECC**



## Escenarios de mitigación

Se plantearon y evaluaron dos escenarios de mitigación para este sector; uno moderado y otro de mayor ambición, ambos con objetivos a 2030. En los dos escenarios la acción de mitigación consiste en incrementar la capacidad de gestión de estiércol mediante biodigestores en las granjas productoras de ganado.

En el escenario moderado se plantea incrementar de 4.6% a 10% la capacidad de los biodigestores para

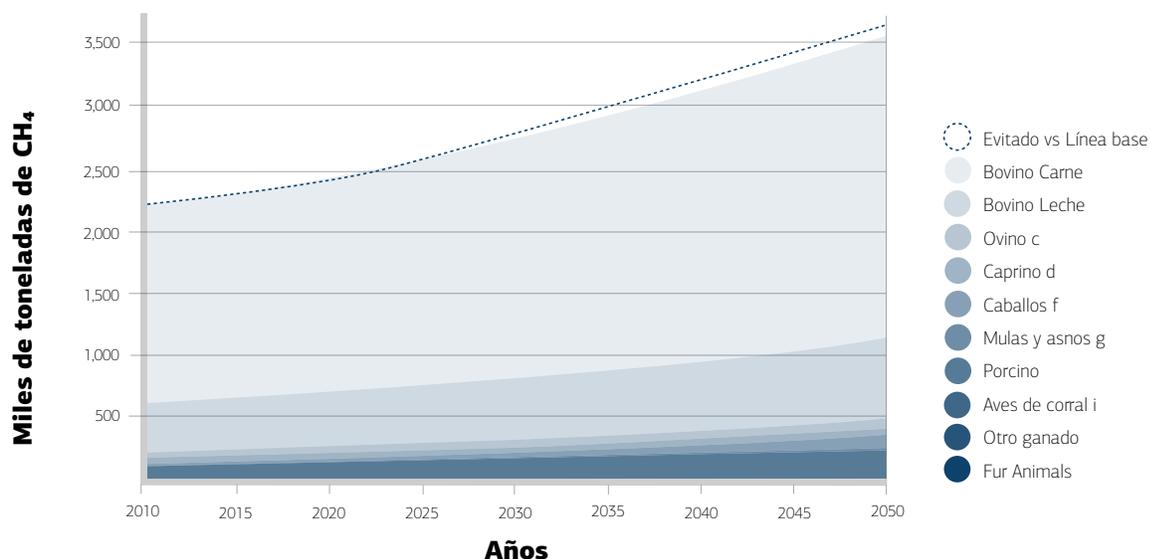
ganado bovino dedicados a la producción de leche; de 7.25% a 15% la capacidad para ganado porcino macho y de 39.50% a 50% la capacidad para ganado porcino hembra (Tabla 2).

En el escenario de mayor ambición se plantea incrementar de 4.6% a 20% la capacidad de los biodigestores para ganado bovino dedicados a la producción de leche; de 7.25% a 30% la capacidad para ganado porcino machos y de 39.50% a 80% para hembras en ganado porcino (Fig. 26).

**Tabla 2 Categorías bovino-procinos al 2030**

Categoría	Base 2010	Escenario moderado - 2030	Escenario de mayor ambición - 2030
<b>Bovino leche</b>	4.60%	10%	20%
<b>Porcino machos</b>	7.25%	15%	30%
<b>Porcino hembras</b>	39.50%	50%	80%

**Fig. 26 Escenario de mitigación de metano del sector ganadero**



## Ruta de implementación

El escenario de mayores beneficios permitió definir la siguiente hoja de ruta para el sector ganadero, que se orienta principalmente al incremento de la capacidad de los biodigestores.

Acción	Incrementar la capacidad instalada de biodigestores en el sector ganadero	Año
<b>Responsables</b>	-SEMARNAT -Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural -Industriales ganaderos	
<b>Objetivo</b>	Instalación de biodigestores para el manejo de excretas	2025
<b>Meta</b>	Reducción de emisiones de metano por manejo de estiércol de 35% en bovinos y porcinos a 2025 y de 70% a 2030	
<b>Justificación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La emisión por gestión de estiércol al año base 2016 fue de 10,436 Gg de CO<sub>2</sub>e</li> <li>Los principales emisores de metano por excretas son bovinos y porcinos</li> <li>La acción permite alcanzar la meta de 15% de metano con respecto al total de emisiones</li> <li>Co-beneficios: la reducción de metano reducirá el potencial de formación de ozono y contribuirá a alcanzar las metas comprometidas en la CND</li> </ul>	
<b>Descripción de las acciones y responsables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoreo y vigilancia del cumplimiento de emisiones (SAGARPA-SEMARNAT)</li> <li>Análisis costo-beneficio de la medida (INECC)</li> <li>Mecanismos de apoyo económico para la implementación de la acción (SEMARNAT-SAGARPA)</li> <li>Desarrollo de capacidades para la aplicación de la meta (SEMARNAT-Industriales ganaderos)</li> </ul>	2022 2022 2020
<b>Actual nivel de compromiso</b>	Desarrollo de una NAMA para el sector ganadero (por confirmar)	
<b>Indicadores de la implementación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Financiamiento para la implementación de biodigestores</li> <li>Reporte de avances anualizado</li> </ul>	2019 - 2025
<b>Indicadores de resultados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porcentaje de sistemas de biodigestores</li> <li>Porcentaje de reducción en las emisiones de metano por tipo de ganado</li> </ul>	2022 2022
<b>Fuentes de información para los indicadores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inventario de gases de efecto invernadero</li> <li>Reducción con respecto a la línea base modelada</li> </ul>	

# 11

## HIDROFLUOROCARBONOS



# Contexto y emisiones actuales

En la actualidad, México consume poco más de 30 mil toneladas de HFC, principalmente en sistemas de refrigeración y aire acondicionado (AC); esto significa aproximadamente 49.6 Mton de CO<sub>2</sub>e. México reafirma su compromiso de impulsar tecnologías más eficientes y libres de HFC, principalmente del tipo más común que es el HFC-134a, el cual tiene un potencial de calentamiento global (GWP por sus siglas en inglés) de 3,400 más que el CO<sub>2</sub> en un horizonte de 20 años.

En 2010 se emitieron 10,551.39 GgCO<sub>2</sub>e asociados a sustancias HFC; estas emisiones se encuentran focalizadas en el Sector 2: Procesos industriales y uso de productos, conforme a la clasificación del IPCC.

Las categorías y fuentes en las que se generan estas emisiones son:

- **2B Industria química**
  - 2B9 Producción fluoroquímica – 3,817.94 GgCO<sub>2</sub>e, que representa 36.18%.
- **2F Uso de productos sustitutos de sustancias que agotan la capa de ozono.**
  - 2F1 Refrigeración y aire acondicionado – 6,209.19 GgCO<sub>2</sub>e, significan el 58.85%.

- 2F2 Agentes espumantes – 236.55 GgCO<sub>2</sub>e, esto es el 2.24%.
- 2F3 Protección contra incendios – 1.51 GgCO<sub>2</sub>e, solo el 0.01%
- 2F4 Aerosoles – 286.19 GgCO<sub>2</sub>e, corresponden al 2.71%

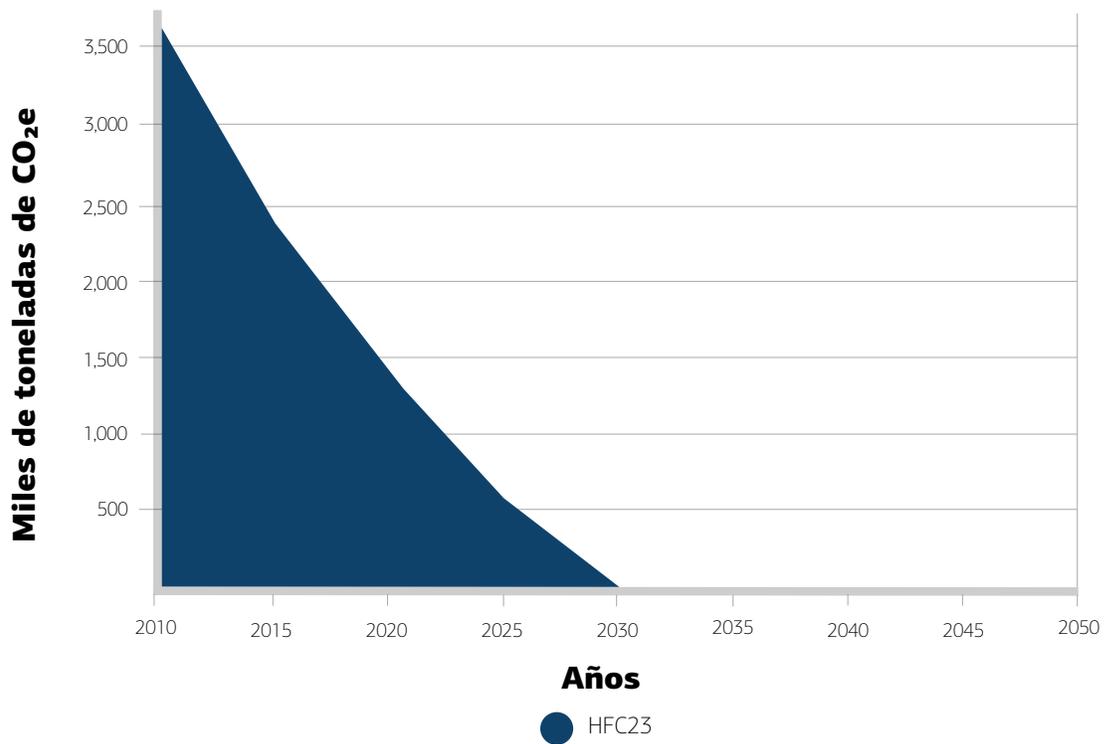
De acuerdo con la información disponible proporcionada por la Unidad de protección nacional de la capa ozono (UPO) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) de México, las principales sustancias que contribuyen a las emisiones de este sector son las que se muestran en la (Tabla 3)

**Tabla 3 Tipos y mezclas de HFC en México**

HFC		Mezclas	
HFC-134a	HFC-134	HFC-410 <sup>a</sup>	HFC-417 <sup>a</sup>
HFC-245fa	HFC-43-10mee	HFC-404 <sup>a</sup>	HFC-438 <sup>a</sup>
HFC-152a	HFC-365mfc	HFC-404 <sup>a</sup>	HFC-427 <sup>a</sup>
HFC-125	HFC-143a	HFC-507 <sup>a</sup>	HFC-422 <sup>a</sup>
HFC-236fa	HFC-23	HFC-437 <sup>a</sup>	HFC-508B
HFC-227ea	HFC-365mfc/245fa	HFC-407C	HFC-407F
HFC-365mfc/227ea		HFC-422D	HFC-424 <sup>a</sup>

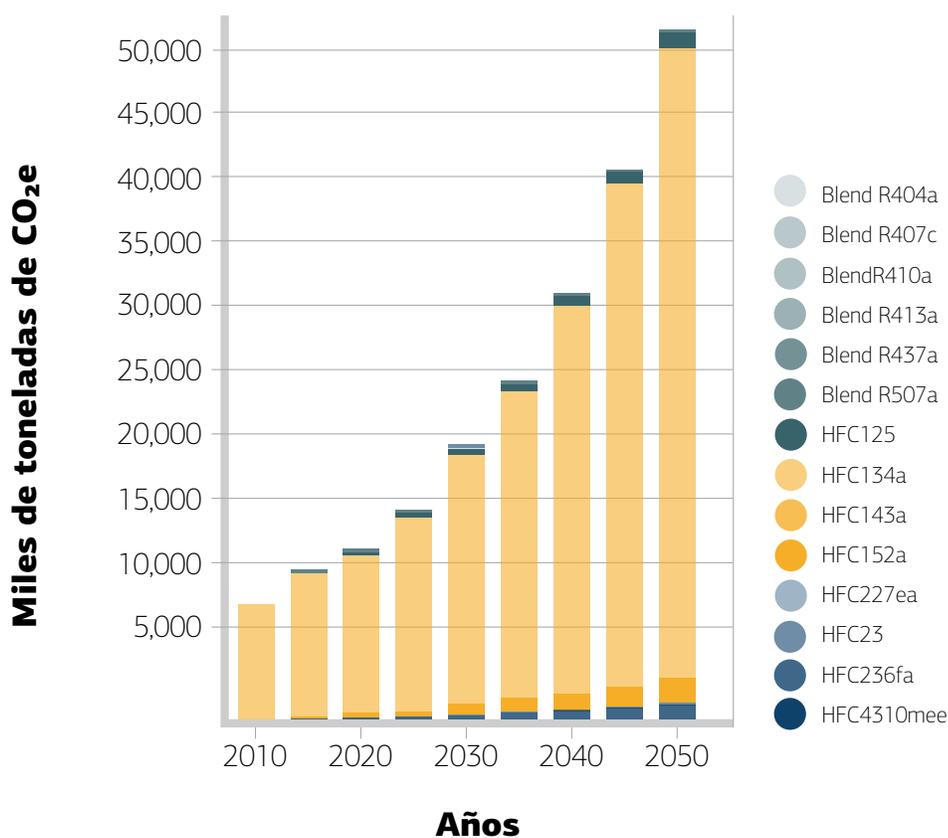
Para la proyección de la línea base para Producción Fluoroquímica se consideró que 2030 (Fig. 27) es el último año en el que se produce HFC23, de acuerdo con los compromisos internacionales adquiridos, por lo que se proyectó un decremento gradual en la producción a partir de 2016.

**Fig. 27 Línea base de emisiones del HFC23 al 2050, a partir del inventario de SEMARNAT 2019**



Con la información disponible (2000 a 2015), se proyectaron las importaciones y exportaciones de cada sustancia hasta 2050 (Fig. 28) para generar la línea base, considerando que, a partir de 2016, se comportarán de acuerdo con el Producto Interno Bruto (PIB).

**Fig. 28 Línea base de emisiones del HFC al 2050, a partir del inventario de SEMARNAT 2019**

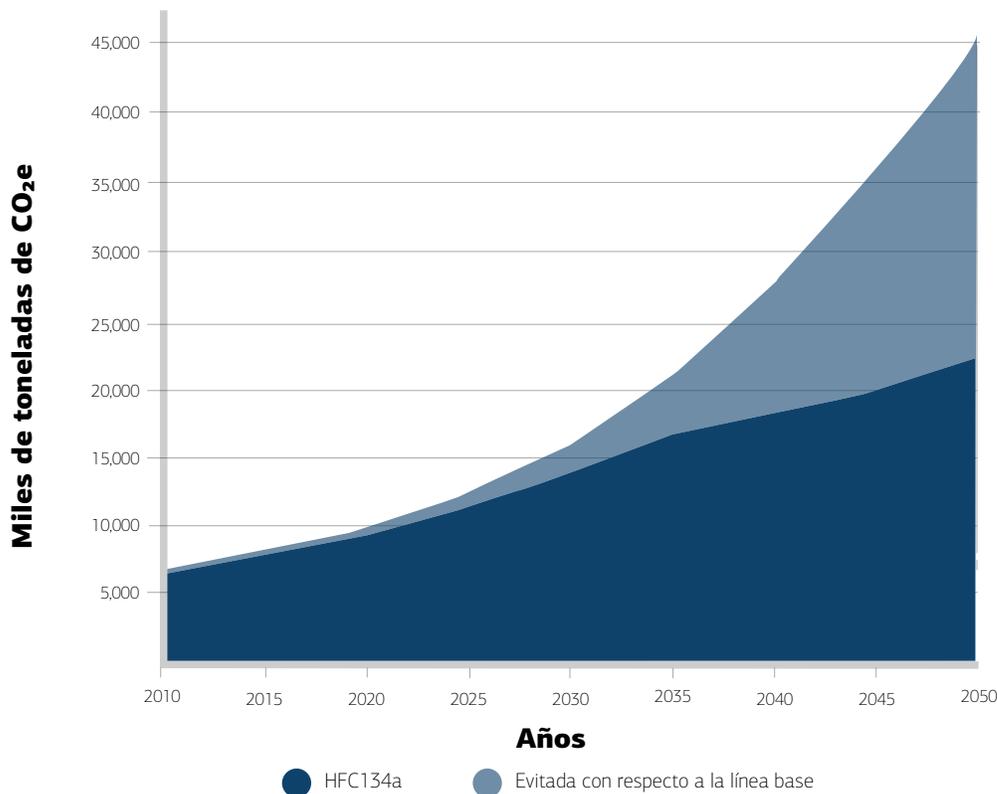


## Escenarios de mitigación en miles de toneladas de CO<sub>2</sub>e (MtCO<sub>2</sub>e)

Sector	Subsector	Medida de reducción	Mitigación acumulada (MtCO <sub>2</sub> e)	
			2030	2050
Aire acondicionado CND 1 (Fig. 29)	Aire acondicionado automotriz	Sustitución de HFC-134a por HFO-1234yf en sistemas de AC móvil nuevos (sólo servicio)	6.31	220.00
Aire acondicionado CND 2 (Fig. 30)	Aire acondicionado automotriz	Sustitución de HFC-134a por HFO-1234yf en sistemas de AC móvil nuevos (sólo manufactura OEM)	0.17	2.27
Aire acondicionado CND 3 (Fig. 31)	Equipos autocontenidos	Sustitución de HFC-134a por R-290 en equipos nuevos autocontenidos de refrigeración comercial	5.23	171.91
Aire acondicionado CND 4 (Fig. 32)	Refrigeración doméstica	Sustitución de HFC-134a por R-600a en refrigeradores domésticos nuevos	0.83	16.72

**CND 1.** HFC-134a Aire acondicionado - Aire acondicionado automotriz - Sustitución de HFC-134a por HFO-1234yf en sistemas de AC móvil nuevos (sólo servicio). La introducción a gran escala del Tetrafluoropropeno HFO-1234yf para sustituir al HFC-134a ocurre a partir de 2021.

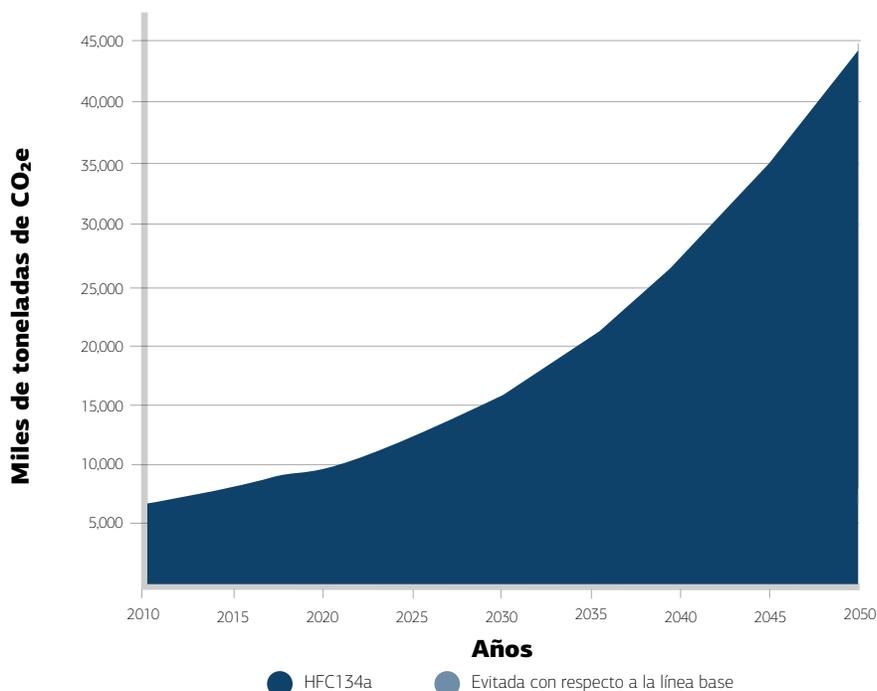
**Fig. 29 Línea base de emisiones del HFC, a partir del escenario CND1 al 2050, SEMARNAT 2019**



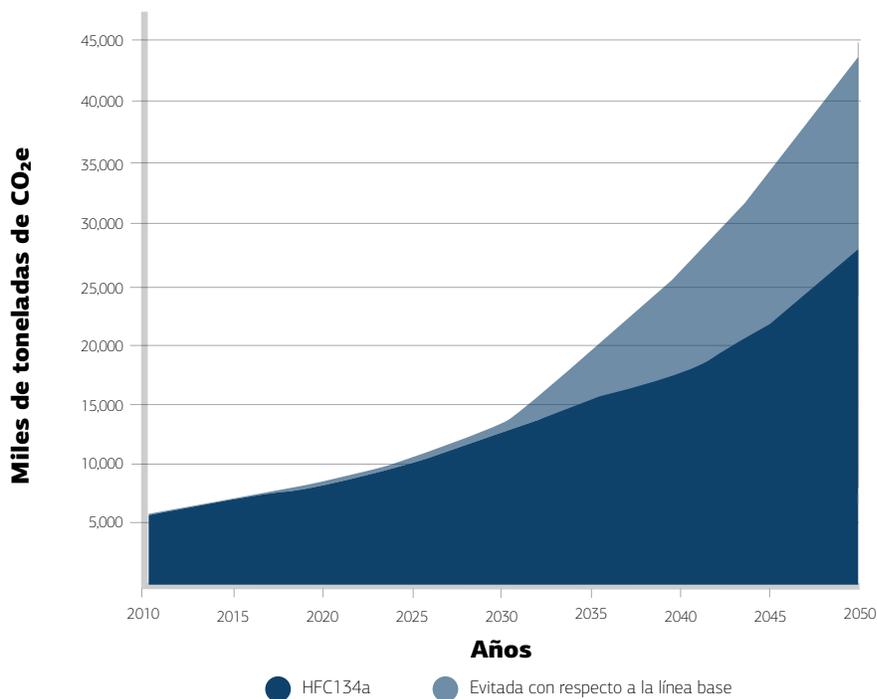
**CND 2.** HFC-134a Aire acondicionado - Aire acondicionado automotriz - Sustitución de HFC-134a por HFO-1234yf en sistemas de AC móvil nuevos (sólo manufactura OEM<sup>19</sup>). La introducción a gran escala del HFO-1234yf para sustituir al HFC-134a ocurre a partir de 2021.

<sup>19</sup> Manufactura de equipos originales (OEM, por sus siglas en inglés)

**Fig. 30 Línea base de emisiones del HFC, a partir del escenario CND2 al 2050, SEMARNAT 2019**



**Fig. 31 Línea base de emisiones del HFC, con base el en escenario CDN3 al 2050, SEMARNAT 2019**

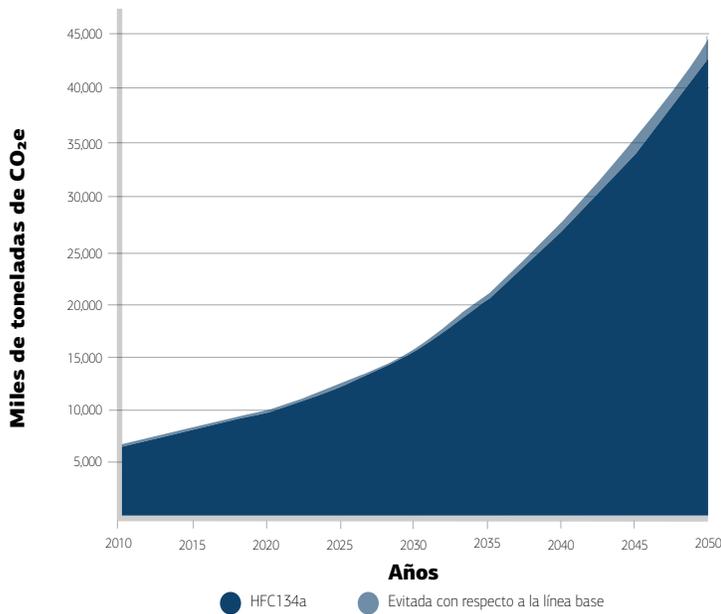


**CND 3.** HFC-134a Refrigeración comercial - equipos autocontenidos - Sustitución de HFC-134a por R-290 en equipos nuevos autocontenidos de refrigeración comercial. La introducción a gran escala del R-290 para sustituir al HFC-134a ocurre a partir de 2018.

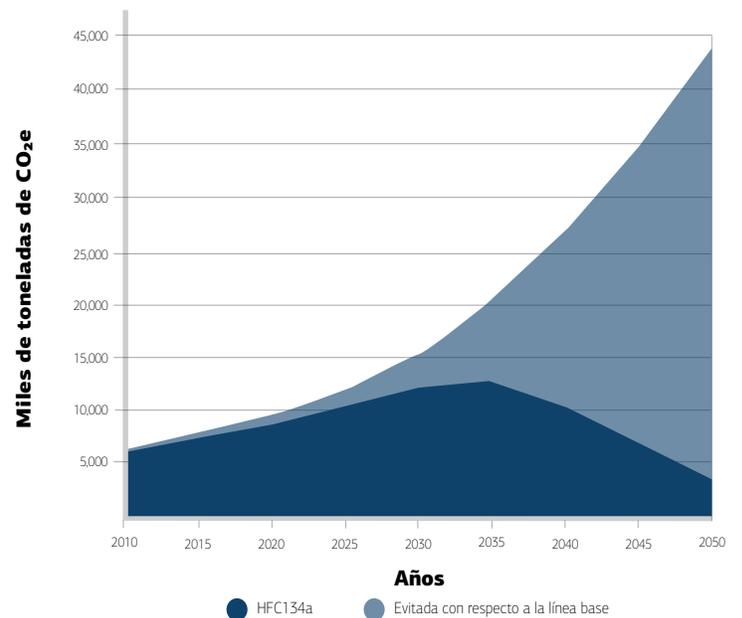
**CND 4.** HFC-134a Refrigeración doméstica - Refrigeración doméstica - Sustitución de HFC-134a por R-600a en refrigeradores domésticos nuevos. La introducción a gran escala del R-600a para sustituir al HFC-134a ocurre a partir de 2018.

Se presentan los beneficios por la implementación de las cuatro medidas de las CND (1 a 4) integradas (Fig. 33).

**Fig. 32** Línea base de emisiones del HFC, a partir del escenario CND4 al 2050, SEMARNAT 2019



**Fig. 33** Línea base de emisiones del HFC, a partir del escenario Integrado al 2050, SEMARNAT 2019



## Ruta de implementación

<b>Acción</b>	<b>Sustitución del HFC-134<sup>a</sup> por el HFO-1234yf en sistemas de refrigeración comercial, doméstica y aires acondicionados</b>	<b>Año</b>
<b>Responsables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-SEMARNAT (Unidad de protección nacional de la capa de ozono (UPO))</li> <li>-Asociación de la Industria Automotriz (AMIA)</li> <li>- Asociación Nacional de Distribuidores de la Industria de la Refrigeración y Aire Acondicionado (ANDIRA)</li> </ul>	
<b>Objetivo</b>	Implementar un programa de sustitución de HFC-134a por HFO-1234yf, para dar cumplimiento al compromiso de México a la enmienda de Kigali	2020 - 2030
<b>Meta</b>	Reducir en 20% todos los sistemas de refrigeración que utilizan el HFC-134a a 2025 y en 35% a 2030	
<b>Justificación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En 2010 se emitieron 10551.39 GgCO<sub>2</sub>e</li> <li>• Los mayores emisores de HFC-134a son la producción fluoroquímica con 36% y la industria de los aires acondicionados con 58% del total de emisiones</li> <li>• La acción permite alcanzar la meta de reducción de la enmienda de Kigali en 8% y la CND</li> <li>• Beneficios múltiples: La reducción de emisiones tóxicas y de GEI</li> </ul>	
<b>Descripción de las acciones y responsables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoreo y vigilancia del cumplimiento de emisiones (SEMARNAT)</li> </ul>	2022
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis costo-beneficio de la medida (INECC)</li> </ul>	2022
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecanismos de apoyo económico para la implementación de la acción (SEMARNAT)</li> </ul>	2020
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de capacidades para la aplicación de la meta (SEMARNAT- AMIA y ANDIRA)</li> <li>• Vigilancia y control de los sistemas de captura, acorde con las especificaciones de la norma (PROFEPA)</li> </ul>	2021 2023
<b>Nivel de compromiso actual</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de una NAMA para el sector (Revisar)</li> </ul>	2020
<b>Indicadores de la implementación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avance del programa de sustitución en aire acondicionado y refrigeración</li> <li>• Número de productos reportados con HFO-1234yf</li> </ul>	
<b>Indicadores de resultados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de reducción del HFC-134a</li> </ul>	2022
		2022
<b>Fuentes de información para los indicadores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro Nacional De Emisiones</li> <li>• Inventario nacional de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero</li> </ul>	

# 12

## ACCIONES PARA REDUCIR PRECURSORES DE OZONO TROPOSFÉRICO



## Principales fuentes de emisión de precursores de ozono

El estudio más reciente sobre el estado de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (cov), uno de los principales precursores de ozono ( $O_3$ ), ha avanzado con la finalidad de identificar los principales emisores y definir medidas de mitigación sobre las fuentes. En 2017 se desarrolló un “Reporte nacional de emisiones de compuestos orgánicos volátiles” INECC-PNUD (2017), con un enfoque especial sobre los precursores de origen orgánico, año base 2014, con resolución espacial municipal.

Se determinaron las emisiones de las siguientes fuentes:

- Área (zonas habitacionales, comercios).
- Móviles (transporte carretero y no carretero).
- Puntuales (industrias).
- Biogénicas (cultivos y ecosistemas).

La revisión se hizo por entidad federativa, municipio o, en su caso, área geoestadística básica, en función de la

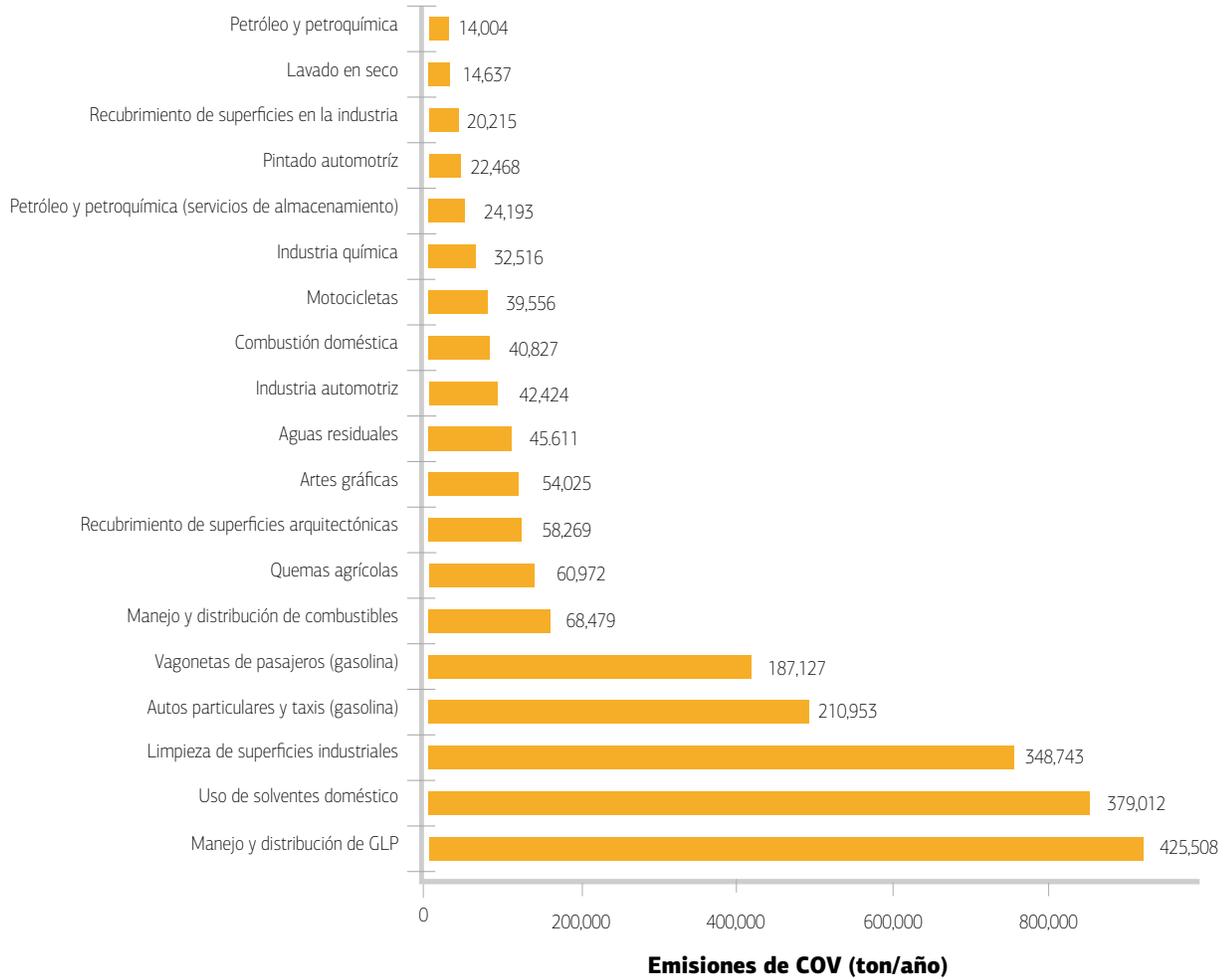
cantidad disponible de información. Se identificaron los cov con mayor impacto en la salud humana y aquellos que más inciden en la formación de compuestos secundarios (Fig. 34). Simultáneamente se cuantificaron las emisiones municipales para definir las zonas críticas con mayores emisiones: las 20 principales fuentes generadoras de cov y las fuentes con el potencial máximo de formación de ozono (PMFO<sub>3</sub>)(Fig. 35).

Como se puede observar, el manejo y distribución del gas licuado del petróleo (GLP), el uso doméstico y comercial de disolventes, así como los vehículos que utilizan gasolina como combustible, son las fuentes más relevantes y con mayor contribución, no sólo por sus emisiones directas de cov, sino también por el PMFO<sub>3</sub>.

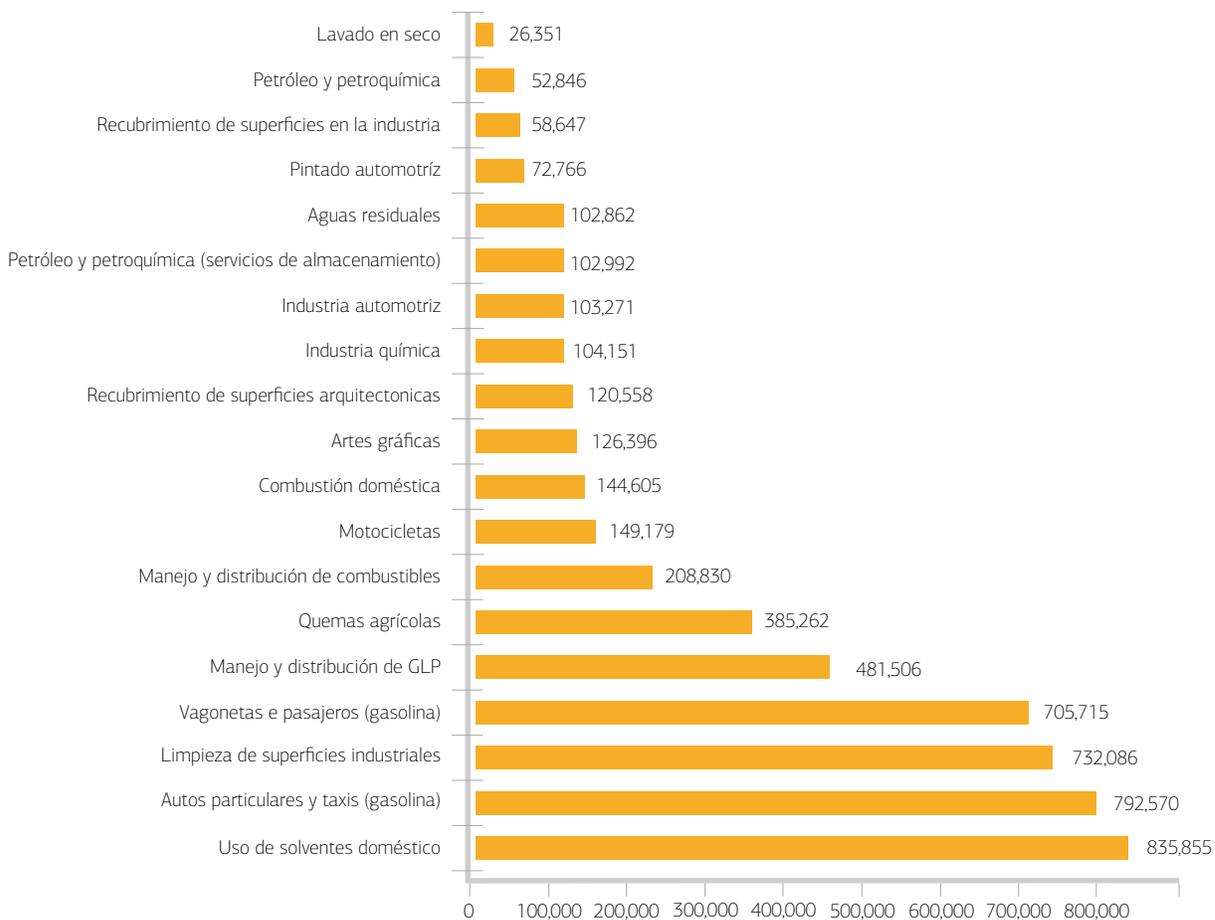
Estos sectores producen 74% de las emisiones de cov, 62% de los compuestos tóxicos y 69% de los compuestos orgánicos que generarían el potencial máximo de formación de ozono. Las zonas metropolitanas del Valle de México y de Toluca son las principales emisoras, seguidas por las de Monterrey, Guadalajara y Tijuana.



**Fig. 34 Principales fuentes de emisión de compuestos orgánicos volátiles-PNUD-INECC 2019**



**Fig. 35 Principales fuentes de emisión de compuestos orgánicos volátiles con base en su potencial de formación de ozono-PNUD-INECC 2019**



**Fuente: INECC, 2017. Potencial máximo de formación de ozono (ton/año)**

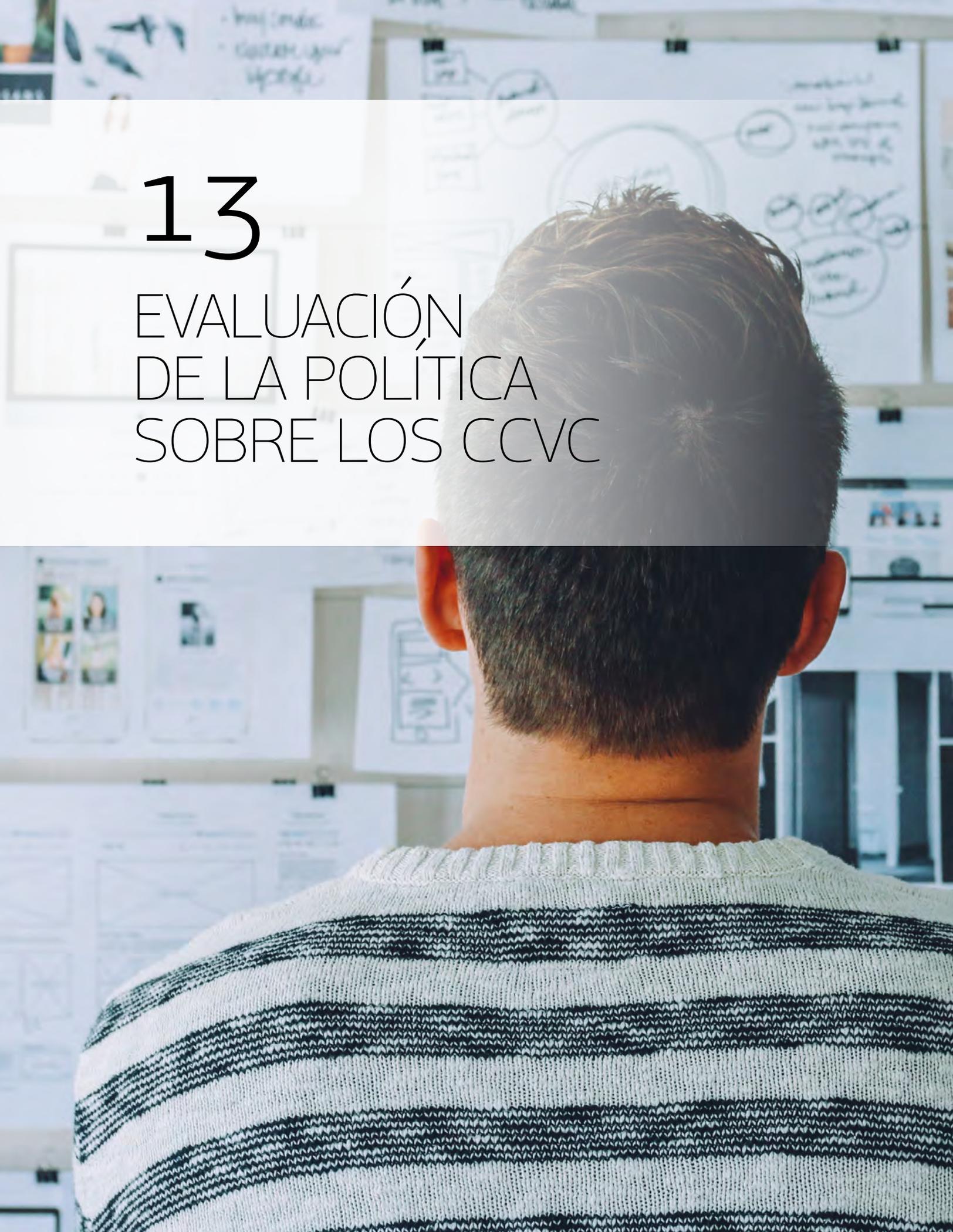


## Ruta de implementación

La formación de ozono en México se da principalmente en las zonas con niveles altos de radiación y emisiones de óxidos de nitrógeno y de emisiones de cov. La propuesta de ruta de implementación deberá ser establecida a partir de los datos del monitoreo atmosférico de ozono en el ámbito nacional y priorizar en aquellas zonas con problemas de altas concentraciones.

Acción	Reducción de compuestos orgánicos volátiles	Año
<b>Responsables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-SEMARNAT (Unidad de protección nacional de la capa de ozono(UPO))</li> <li>-ASEA (Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente)</li> <li>-Gobiernos estatales y municipales</li> <li>- Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas</li> <li>-Asociación Nacional de la Industria Química</li> </ul>	
<b>Objetivo</b>	Implementar un programa de reducción de cov en zonas con alto potencial de formación de ozono	2020 - 2030
<b>Meta</b>	Reducir en 60% la emisión de cov a 2030	
<b>Justificación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En 2014 se emitieron 1549 Toneladas de cov</li> <li>• Las mayores emisiones de cov son por el uso de gas LP y solventes</li> <li>• Co-beneficios: La reducción de emisiones de cov evitará la formación de ozono e impedirá la exposición a sustancias tóxicas</li> </ul>	
<b>Descripción de las acciones y responsables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos de regulación y normalización (SEMARNAT-ASEA)</li> <li>• Monitoreo y vigilancia del cumplimiento de las reducciones (SEMARNAT)</li> <li>• Análisis costo-beneficio de la medida (INECC)</li> <li>• Mecanismos de apoyo económico para la implementación de la acción (SEMARNAT)</li> <li>• Desarrollo de capacidades para la aplicación de la meta (SEMARNAT-Cámara de Industriales, Gobiernos estatales y municipales)</li> </ul>	2022 2021 - 2024 2022 2020 2021
<b>Actual nivel de compromiso</b>	PROAIRES a nivel nacional	
<b>Indicadores de la implementación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reporte de inventarios de emisiones de cov</li> <li>• Monitoreo atmosférico de ozono</li> </ul>	
<b>Indicadores de resultados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje anual de reducción de emisiones</li> </ul>	2022
<b>Fuentes de información para los indicadores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inventario de emisiones contaminantes criterio</li> </ul>	



A person is seen from the back, looking at a wall covered in whiteboards. The whiteboards contain various diagrams, flowcharts, and handwritten notes. The person is wearing a light-colored sweater with dark horizontal stripes. The overall scene suggests a professional or academic setting, possibly a meeting or a study session.

13

EVALUACIÓN  
DE LA POLÍTICA  
SOBRE LOS CCVC

La gestión efectiva de los ccvc se considera parte de la Política Nacional de Cambio Climático (PNCC) y como tal, forma parte de la materia evaluable que tiene a su cargo la Coordinación de Evaluación del INECC. Esta coordinación, creada por la Ley General de Cambio Climático (LGCC) se encuentra conformado por seis personas, Consejeras y Consejeros Sociales, junto con el o la titular del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. La evaluación de la PNCC se centra en valorar el avance en el cumplimiento de los objetivos de adaptación y mitigación contenidos en la propia LGCC. En este contexto, la evaluación se dirige a proponer modificaciones, ajustes, o bien, la reorientación, total o parcial de la PNCC. Los resultados y recomendaciones que la Coordinación de Evaluación formula a los integrantes del Sistema Nacional de Cambio Climático se publican en el Diario Oficial de la Federación y se entregan a cada una de las Cámaras que conforman el Congreso de la Unión.

La evaluación de la PNCC se desarrolla conforme a los Lineamientos y Criterios Específicos para la Evaluación de la Política Nacional de Cambio Climático. En este documento, aprobado por la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, el Consejo de Cambio Climático y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, se define a la PNCC como:

*Conjunto de intervenciones públicas desarrolladas por los tres órdenes de gobierno que contribuyen a reducir las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero y transitar hacia una economía baja en carbono, así como también, a disminuir la vulnerabilidad y fortalecer la adaptación de la población, los ecosistemas y los sistemas productivos ante los efectos del cambio climático.*

Así las evaluaciones que desarrolla la Coordinación de Evaluación se centran en valorar la eficiencia o la eficacia de las intervenciones públicas que forman parte del corpus de la PNCC, las cuales tienen como fin:

*El transitar a un desarrollo nacional sustentable, resiliente y bajo en carbono para reducir los efectos negativos del cambio climático.*

En este ámbito, la política de mitigación se centra en:

*Evitar y reducir las emisiones de GCEI para contribuir a su estabilización en la atmósfera.*

De tal manera, la política pública establecida en los instrumentos normativos, de planeación y programática prevé:

*Una gestión efectiva de los ccvc, y la generación de cobeneficios en la salud y en el bienestar de la población.*

Para lograr lo anterior, la PNCC considera la prevención y control de las emisiones de carbono negro y de precursores de ozono troposférico, el aceleramiento de la sustitución y mejoramiento en el manejo de refrigerantes tales como CFC, HFC y Clorodifluorometano (HCFC), y el control, disminución y aprovechamiento de las emisiones fugitivas de metano.

Debido a lo anterior, la evaluación de la política pública que se desarrolle a partir de la presente estrategia deberá atender, conforme a los lineamientos y criterios para la evaluación de la PNCC, el diseño, los procesos, los resultados o el impacto que se genere con el desarrollo de intervenciones o políticas públicas.

#### La evaluación de diseño valorará

- a) La pertinencia de los objetivos de una intervención con respecto a los objetivos de la Política Nacional de Cambio Climático
- b) Si los medios para el logro de los objetivos reflejan una ruta efectiva y eficiente.

#### La evaluación de procesos podrá valorar

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

- a) En qué medida una intervención está produciendo los resultados esperados para la mitigación y/o la adaptación al cambio climático;
- b) Qué factores permiten u obstaculizan el logro de estos resultados;
- c) Si se cuenta con información confiable, suficiente y sistemática sobre los resultados y, cuando aplique, con metodologías rigurosas para medirlos o calificarlos.

En la evaluación de impacto se valorarán los efectos de largo plazo, positivos o negativos, primarios o secundarios, producidos directa o indirectamente, intencionalmente o

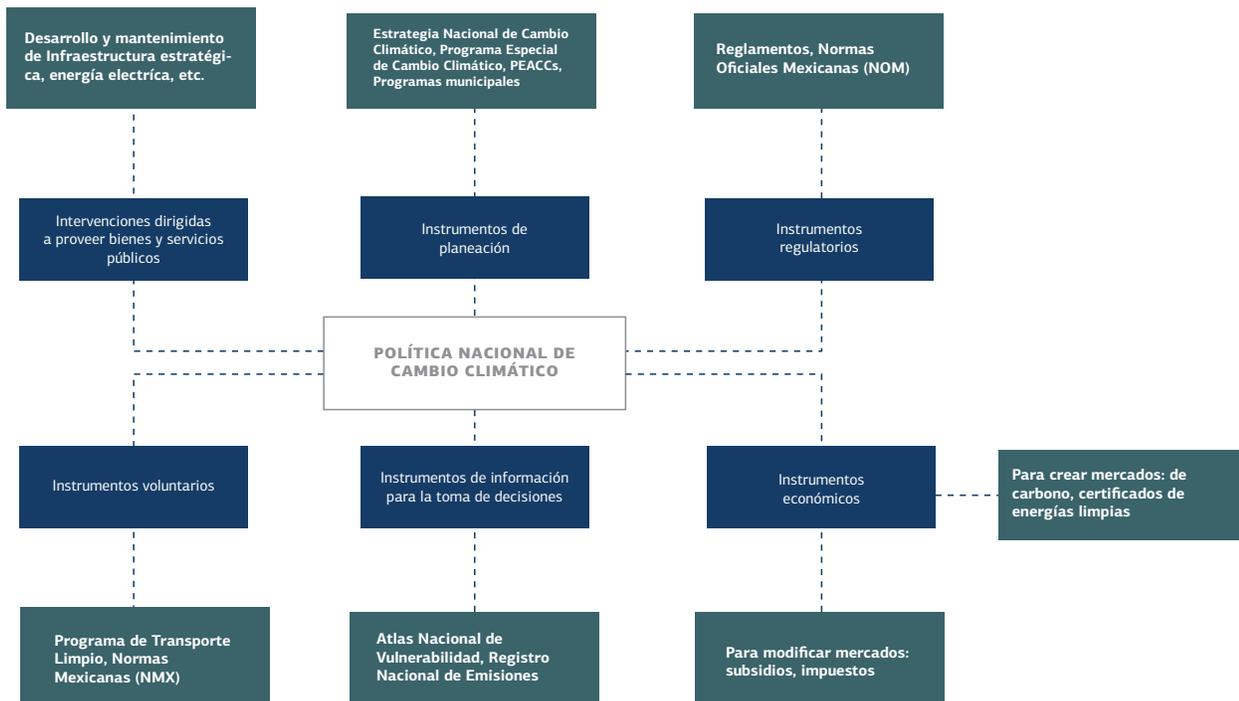
no, por una intervención, con el propósito de determinar su contribución a los objetivos de la PNCC y cuando sea posible, los cambios atribuibles a su implementación. Igualmente, de forma estratégica, analizará un conjunto de intervenciones que contribuyan a uno o varios de los objetivos de la PNCC, con el fin optimizar, según sea el caso, la coherencia entre las intervenciones, la articulación de sus procesos operativos y sus resultados o impactos agregados, entre otros aspectos. Este tipo de evaluación puede comprender intervenciones de diferentes sectores y órdenes de gobierno.

Finalmente, de manera específica, se podrá ponderar toda evaluación en materia de cambio climático no comprendida en los presentes lineamientos y criterios, y que la Coordinación de Evaluación considere prioritaria. La Coordinación de Evaluación se dirigirá a revisar que la gestión efectiva de los ccvc se centre en la prevención y control de las emisiones de carbono negro, óxidos de nitrógeno, el metano, y de precursores de ozono tales como los cov y gases como los CFC, HFC y HCFC.

La Coordinación de Evaluación buscará incorporar en su programa de trabajo 2019 – 2023, el abordar aquellas políticas, programas, proyectos o acciones que permitan valorar la eficiencia y la eficacia de las intervenciones públicas desarrolladas con motivo de la presente estrategia. Esto significa que se podrán abordar los diferentes tipos de instrumentos de política pública, tales como instrumentos regulatorios, programáticos, económicos o financieros, voluntarios o de información que conforman la PNCC. Ver (Fig 33)

A mediados de 2019, la Coordinación de Evaluación ha completado tres evaluaciones estratégicas: la evaluación de los recursos contenidos en el Anexo Transversal del Presupuesto de Egresos de la Federación; la evaluación del Programa Especial de Cambio Climático 2014 -2018 y la evaluación del avance subnacional de la implementación de la política nacional de cambio climático en 6 estados y 18 municipios. En cada una de ellas se han identificado oportunidades para mejorar el diseño, los procesos y los resultados que permitan mejorar las decisiones de política pública de cambio climático en el país.

**Fig. 33 Instrumentos susceptibles de evaluación**





# 14

## CONSIDERACIONES ECONÓMICAS PARA REDUCIR LOS CCVC



La implementación de una estrategia de mitigación de ccvc para mejorar la calidad del aire y reducir el impacto en el cambio climático, requiere un análisis robusto de la factibilidad económica de las acciones que deben detonarse. Para esta encomienda es necesario desarrollar los análisis desde la disciplina económica que sustenten y acompañen la toma de decisiones para su ejecución, en términos, por mencionar algunos, de las políticas públicas de las que debe acompañarse, la efectividad esperada y del flujo de financiamiento que deberá ser movilizado para este objetivo.

Los aspectos económicos que deben analizarse pueden resumirse en tres grandes rubros:

- a)** Políticas e instrumentos económicos
- b)** Análisis de los costos y beneficios esperados
- c)** Financiamiento

En cuanto a las políticas e instrumentos económicos que buscan modificar las conductas de los diferentes actores económicos con la finalidad de alcanzar los objetivos en términos de eficiencia, consumo y producción, es importante delimitar su alcance, de manera que sirvan como recursos para la instrumentación de la estrategia. Su relevancia radica en que son los medios con los que cuenta el gobierno para alcanzar las metas sectoriales.

Por su parte, el análisis de los costos y beneficios de la estrategia es un aspecto básico para determinar su viabilidad económica. En particular, es un elemento de decisión que permite priorizar entre distintas rutas de implemen-

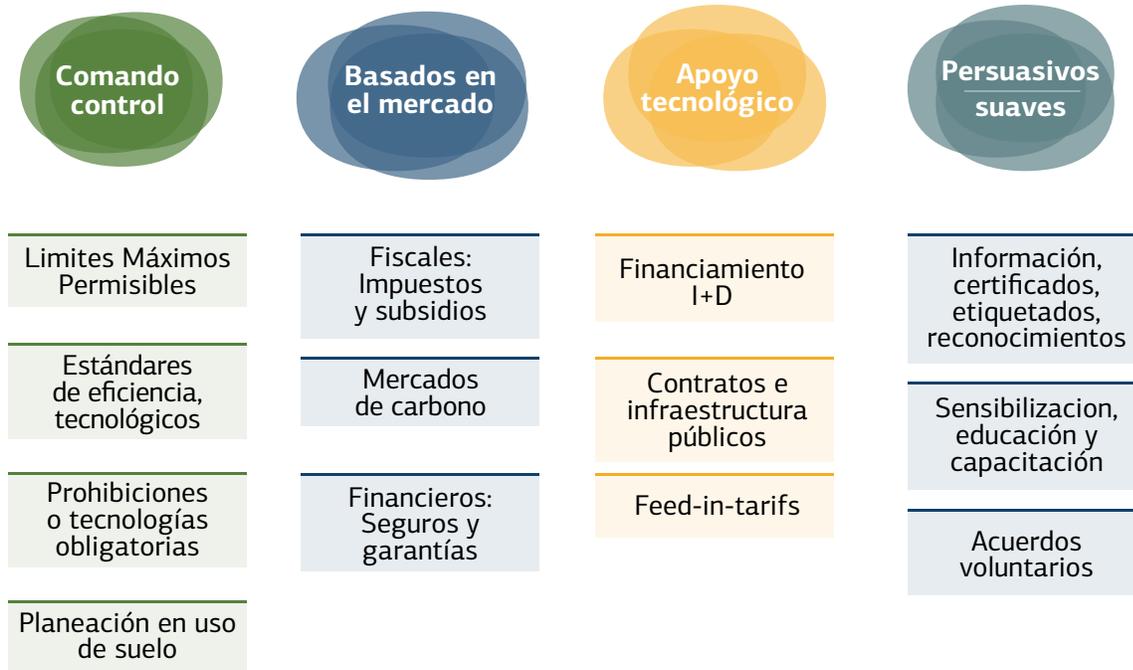
tación y se quiere determinar cuál de ellas presenta los mayores beneficios netos. Este aspecto cobra relevancia cuando la implementación de acciones de mitigación requiere de financiamiento, puesto que, para su obtención, un requisito previo es que los beneficios excedan los costos de implementación. De ahí que el mapeo de las fuentes de financiamiento sea un aspecto crucial en toda estrategia.

A continuación presenta una serie de elementos que buscan destacar la relevancia de contar con estos análisis, para orientar la potencial ruta de implementación de esta estrategia nacional (Fig. 36).

La viabilidad de la estrategia se basa en una arquitectura de política pública sólida y creativa. La cartera de instrumentos de política pública potencialmente viables que permitan alcanzar los objetivos de la presente estrategia es muy amplia y con ella pueden establecerse diversas combinaciones que resulten lo más robustas posible.



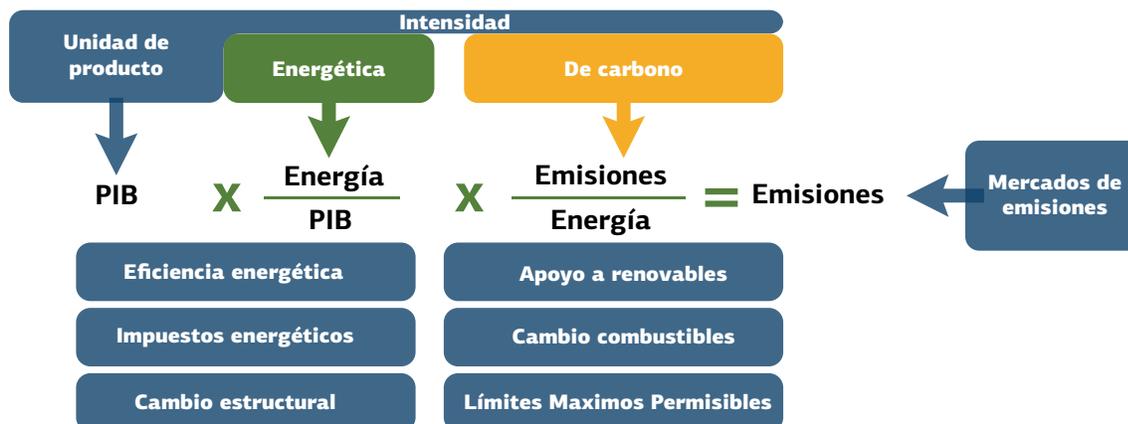
**Fig. 36 Instrumentos de política para la mitigación**



Los instrumentos de comando control consisten básicamente en establecer regulaciones, límites y prohibiciones a las actividades generadoras; por su parte, los instrumentos basados en el mercado ofrecen herramientas que modifican el comportamiento de los agentes económicos mediante incentivos económicos; los instrumentos de apoyo tecnológico, como su nombre lo indica, buscan estimular las actividades de innovación y desarrollo tecnológico; finalmente,

los instrumentos persuasivos se aplican para de que la población objetivo modifique su conducta. El fin último de los instrumentos económicos es modificar la conducta de los agentes económicos que permitan alcanzar un objetivo particular, como es la mitigación de ccvc. Los instrumentos económicos pueden incidir directamente en la intensidad energética, la intensidad de emisiones, o bien, sobre la unidad de producto final (Fig 37).

**Fig. 37 Instrumentos económicos, tecnológicos y de comportamiento coexistiendo.**



Fuente: Elaboración INECC propia

El reto consiste en proponer los mejores arreglos institucionales y políticos para aplicar estos incentivos con la finalidad de alcanzar los objetivos climáticos, minimizar sus costos y maximizar sus beneficios y cobeneficios asociados.

### **Las acciones tempranas y contundentes son más rentables y, por tanto, más racionales económicamente que la inacción**

Diversas investigaciones muestran que la acción temprana para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y forzantes climáticos de vida corta, resulta por mucho, más beneficiosa que la inacción. Por ejemplo, el INECC (2018a) indicó que, mediante el análisis de costos de 30 medidas indicativas (las cuales son costo-efectivas) que se alinean en la ruta de mitigación de México, se podría generar un ahorro de más de 17 mil millones de dólares para el país, lo que demuestra que el desacoplamiento del sector productivo de la trayectoria de emisiones es posible, y presenta beneficios económicos tangibles y directos en los sectores productivos a nivel operativo.

En el largo plazo y a escala mundial, el principio de racionalidad económica de la acción temprana se fortalece. De acuerdo con el estudio Economía del Cambio Climático (INECC, 2018b), se estima que ante un escenario de inacción, las pérdidas acumuladas del cambio climático a 2100 para México alcanzarían entre \$550,000 millones de dólares y \$2.3 mil millones de dólares a valor presente; mientras que para un escenario en el que los países contribuyen a limitar el aumento de la temperatura global a 1.5°C, respecto del nivel preindustrial, los costos acumulados para el país oscilarían entre \$210,000 millones y \$770,000 millones de dólares, a valor presente.

Para el caso de forzantes climáticos de vida corta, su mitigación, además de combatir el cambio climático, tiene la ventaja de ofrecer resultados en el corto plazo para la calidad del aire atmosférico y para la salud de la población.

### **El análisis económico permite identificar acciones prioritarias**

Si bien este reporte vislumbra las acciones más ambiciosas a implementarse en los grandes emisores, es decir, el sector transporte, la industria, el sector residencial, y la actividad ladrillera, también deben desarrollarse métricas económicas tales como costo-efectividad o costo-eficiencia, que permitan priorizar no solo las acciones con mayor potencial de reducción de emisiones, sino además aquellas que representen la mejor relación costo-beneficio.

### **Los resultados indirectos también deben ser visibilizados**

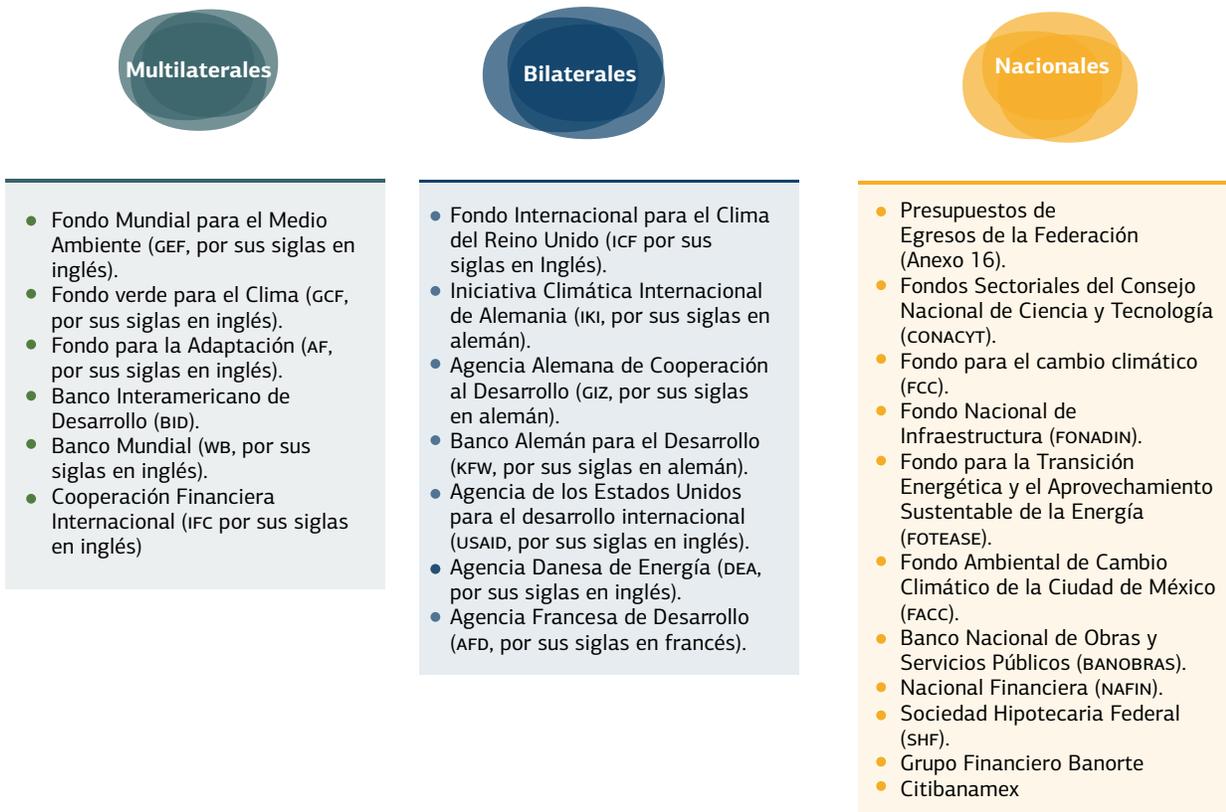
La mitigación de ccvc tiene cobeneficios asociados que necesitan contabilizarse para reflejar de mejor manera la relevancia de estas medidas y con ello tomar decisiones mejor informadas. Los cobeneficios a considerar podrían ser, por mencionar algunos: mejoras en la salud pública y la reducción del gasto público y privado en dicho rubro; reducción potencial de brechas sociales; generación neta de empleos dignos y verdes, entre otros.

### **Identificación del financiamiento disponible para su implementación**

Uno de los mecanismos clave que determinan el éxito de la instrumentación de estrategias ambiciosas como esta, es la movilización y acceso a recursos económicos. Históricamente México concentra una importante cantidad de financiamiento climático, de una variedad de mecanismos multilaterales, bilaterales y nacionales.

Existe una serie de mecanismos y fuentes de financiamiento en México que pueden aprovecharse para el arranque e implementación de medidas que contribuyan a la mitigación de sectores emisores de ccvc (ver Cuadro 1).

**Cuadro 1. Fuentes y mecanismos de financiamiento que otorgaron nuevos recursos a México durante 2017 y 2018.**



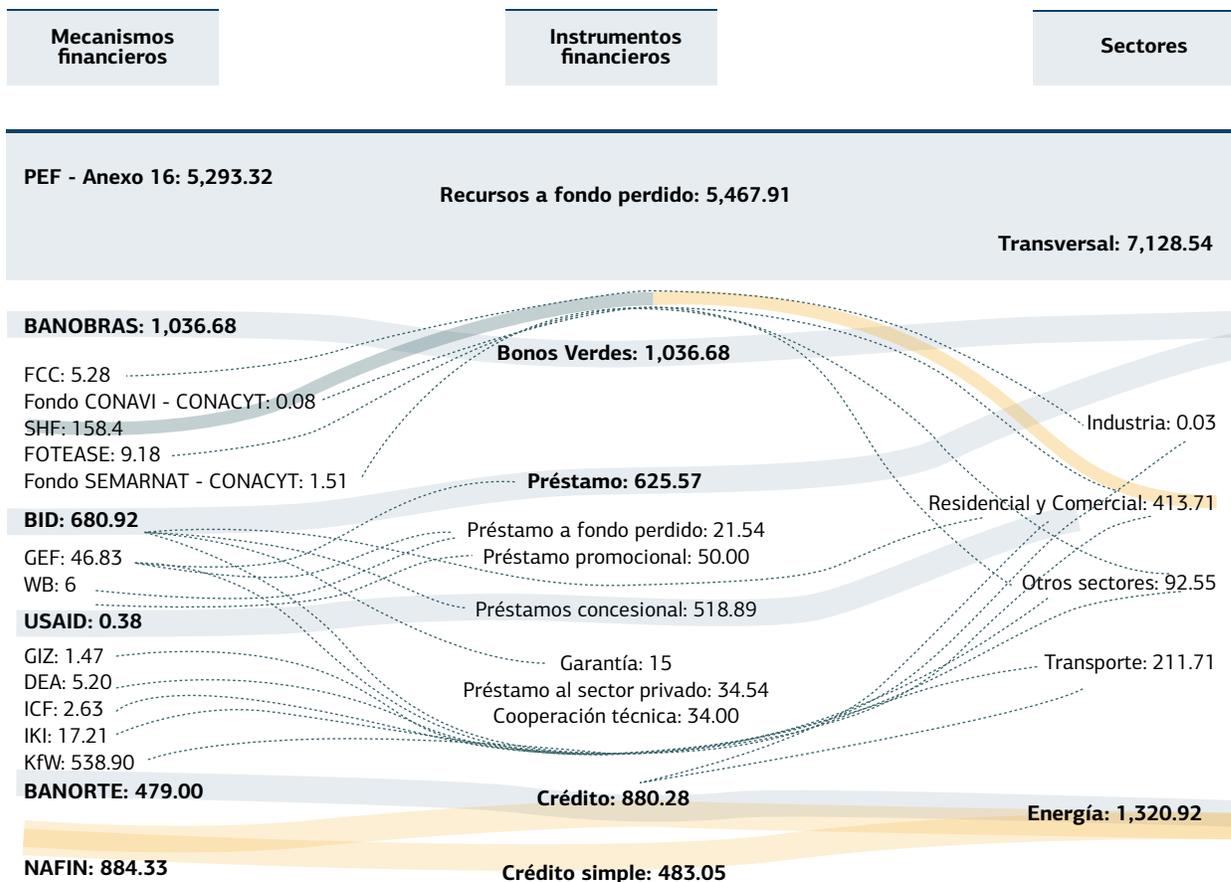
Fuente , INECC, 2018b

Con base en la información recopilada de los diferentes mecanismos de financiamiento (Fig. 38), los recursos con los que cuenta México para proyectos climáticos durante el periodo 2017-2018 (suma del financiamiento nacional e internacional que fue identificado), asciende a 9,167.44 mdd.

Dicho monto se distribuye, principalmente, a través de bonos verdes y recursos a fondo perdido, ya que por medio de estos instrumentos se entrega entre el 11 %y el 58 % de los fondos, respectivamente.



**Fig. 38 Mecanismos e instrumentos de financiamiento por sector en México (en millones de dólares)**



Fuente: INECC, 2018b

De acuerdo con los sectores en los que se canalizan los recursos, la principal modalidad es la transversal (que agrupa proyectos de consumo sustentable; investigación y fortalecimiento de capacidades; planeación, ordenamiento y desarrollo territorial; arreglos institucionales y transparencia; y turismo resiliente) con el 78%, seguido de los sectores de energía, residencial y comercial. En contraste, con poco fondeo se encuentran los sectores de transporte e industria, así como el de petróleo y gas, para el cual no se identificó ningún tipo de financiamiento.

Si bien se dispone de estas fuentes, dado que se concentran en mitigación de gases y compuestos de efecto invernadero, aún existen oportunidades para su movilización y uso en estrategias y proyectos vinculados con la mitigación de forzantes climáticos de vida corta.

Una de estas oportunidades consiste tanto en aprovechar actores incipientes en la materia como la banca comercial, así como explorar la diversidad de portafolios de financiamiento existentes, por ejemplo, aquellos que están virando al sector ambiental, como los fondos de pensiones o el desarrollo de garantías y bonos sociales y verdes. Una segunda oportunidad se aloja en la necesidad de reducción de costos de transacción y mejorar las capacidades de gestión de los desarrolladores de proyectos para el acceso a los instrumentos de financiamiento, en rubros tales como los procedimientos y requisitos necesarios para acceder a financiamiento, siempre cuidando la efectividad de este en el cumplimiento de objetivos ambientales.

Otra oportunidad para analizar es la escala de los proyectos; debe revisarse la pertinencia del apoyo a proyectos principalmente a pequeña escala, que sean apropiados por las comunidades locales.

Una última oportunidad para tomar en cuenta es la necesidad de articular esfuerzos entre proveedores de financiamiento y desarrolladores de proyectos climáticos, tanto sobre instrumentos y mecanismos financieros disponibles como los proyectos climáticos y modelos de negocio ya desarrollados por parte de algunos agentes, tanto del sector público como privado. La conformación de alianzas público-privadas también contribuye a detonar y acelerar el despliegue de nuevas tecnologías encaminadas al cumplimiento de objetivos ambientales y climáticos, en el marco de programas o políticas públicas.

## **Desarrollo de modelos de negocio como indicador de la viabilidad económica**

Las estrategias nacionales, para ser ejecutadas, deben aterrizar en proyectos con resultados concretos, que permitan corroborar la sostenibilidad y solidez financiera.

Hay un gran faltante en el desarrollo de guías e insumos económicos, tecnológicos, administrativos y comerciales que puedan utilizarse como soporte para el desarrollo de modelos de negocios locales para la mitigación de forzantes climáticos, como el esfuerzo ya realizado, por ejemplo, para el sector ladrillero como más adelante se indicará. Estas guías y modelos de negocio específicos ofrecen información relevante sobre la rentabilidad económica social y privada de las estrategias de mitigación, considerando además las condiciones y restricciones actuales del mercado.

### **Algunas notas sectoriales**

**Sector transporte.** Para el sector transporte, existen suficientes incentivos y razones económicas para que tanto los gobiernos como la iniciativa privada participen en el financiamiento de este sector, toda vez que las medidas de mitigación asociadas con cambios tecnológicos con vehículos eléctricos y modelos propuestas, generan ahorros principalmente por la reducción en el consumo de combustible, el uso creciente de otras fuentes de energía, la disminución de distancias recorridas y la cantidad de

viajes. Además, existen los modelos de negocio para que el sector privado participe, desde asociaciones público-privadas hasta la concesión de rutas.

De los 26 principales mecanismos financieros localizados en México para temas climáticos, solo 5 destinan recursos para proyectos del sector. Durante 2017 y 2018, estos recursos ascendieron a 211.71<sup>20</sup> mdd, principalmente a través de créditos (91.42 mdd) y préstamos (112.71 mdd). El sector transporte recibe recursos esencialmente a través de préstamos concesionales (53%), instrumentos que permiten períodos de amortización más prolongados y tasas de interés más bajas.

Una estrategia útil para fortalecer las acciones de mitigación en este sector consistiría en eliminar gradualmente los subsidios remanentes y aumentar los impuestos a los combustibles para transporte, con el fin de incentivar el uso de tecnologías alternativas de movilidad que eviten las emisiones de CO<sub>2</sub> e incrementen los ingresos presupuestarios (IEA, 2017).

**Ladrilleras.** Para el caso de la producción artesanal ladrillera y sus medidas de mitigación, vinculadas con la transformación a partir de esquemas organizativos, regulatorios y tecnológicos más eficientes, el INECC ha desarrollado estudios específicos tanto ambientales como económicos. Al respecto pueden destacarse un estudio de mercado en el ámbito nacional (INECC, 2016) y el desarrollo de un modelo de negocio (INECC, 2018c), con base en la adopción de tecnologías más limpias, la identificación de oportunidades de inversión y con un enfoque de mejora en las condiciones sociales de los actores involucrados. Entre los aspectos más importantes de este sector, destacan los siguientes desafíos para su transformación: A los estudios económicos demuestran que la rentabilidad económica y robustez del negocio del modelo de negocio transformacional (INECC, 2018c). De igual forma, se manifiestan algunas fuerzas de cambio que contribuyen y pueden sumar a este proceso de transformación productiva, tales como: los liderazgos asociativos que se presentan en diversas comunidades ladrilleras; algunos de los gobiernos locales han brindado soporte técnico y liderazgo; se desarrollan redes de intercambio, además de innovaciones tecnológicas que tienen a cero emisiones en el proceso de fabricación.

**20** Dólares estadounidenses del 2017, con base en el promedio diario de 18.92 pesos.

## A manera de conclusión

Esta estrategia SNAP II aunque aporta elementos valiosos para la construcción de un modelo de desarrollo bajo en carbono, requiere del acompañamiento de la disciplina económica, no solo para análisis económicos que permitan identificar los costos, beneficios y fuentes de su

implementación, sino también para entender y mitigar las causas subyacentes y consecuencias de este problema ambiental, tal como los patrones de producción, consumo y distribución de la riqueza, así como proponer los instrumentos económicos de política pública más apropiados que sustentan este modelo de desarrollo.

<b>Político</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Invisibilidad del sector</li> <li>• Voluntad política</li> </ul>
<b>Normativo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requisitos legales y fiscales complejos para constituir sistemas colectivos</li> <li>• Poca o ninguna regulación o falta de cumplimiento de las leyes (sobre las emisiones, el uso del suelo, la calidad del producto, el trabajo, el trabajo infantil, las normas de salud, etc.)</li> <li>• La clasificación de la actividad como industria pesada en algunos municipios</li> </ul>
<b>Técnico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de incentivos para inducir cambios en los productores</li> <li>• Poco conocimiento empresarial, de cálculo de costes, marketing,</li> <li>• Dificultad de asociación</li> <li>• Falta de emprendimiento</li> </ul>
<b>Financiero</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo acceso a créditos</li> <li>• Aversión al riesgo</li> <li>• Desconocimiento del sector del ladrillo en las entidades financieras</li> <li>• Requisitos rígidos</li> </ul>
<b>Productor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de incentivos para inducir cambios en los productores</li> <li>• Poco conocimiento empresarial, de cálculo de costes, marketing,</li> <li>• Dificultad de asociación</li> <li>• Falta de emprendimiento</li> </ul>

# 15

## LOS COBENEFICIOS DE REDUCIR LOS CCVC



**OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE**

## Los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) ,y los CCVC en México

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ods), también conocidos como Objetivos Mundiales, son un llamado universal a la adopción de medidas para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad. Los ods surgieron de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible Río + 20 de 2012. Los 17 objetivos y las 169 metas abordan aspectos diversos e interrelacionados de las necesidades y los desafíos humanos y ambientales. Para cumplir con los ods para 2030 se requiere la implementación de estrategias y acciones coordinadas y concertadas que minimicen los posibles intercambios y conflictos y maximicen las sinergias para contribuir a múltiples ods (A.Haines et al 2017)<sup>21</sup>.

Las medidas para mitigar las emisiones de ccvc son un ejemplo de las acciones que contribuyen a múltiples resultados relevantes para el desarrollo. Esta perspectiva destaca los vínculos entre los contaminantes y los ods, y muestra que la implementación de medidas de reducción de emisiones puede contribuir al logro de muchos de los ods. El enfoque de las estrategias integradas del SNAP-II con respecto a los ods, se define desde dos ópticas, donde la bidireccionalidad de la mitigación se establece a partir

del cumplimiento de alguno de los ods, o desde el resultado de una acción de mitigación en calidad del aire y cambio climático y su impacto en los ods.

Las estrategias desarrolladas en este documento tienen el carácter de indicar el beneficio sobre alguna de las metas de los ods, el cumplimiento de las rutas de mitigación y su impacto en los ods son analizados en cada uno de ellos como se muestra a continuación.

<sup>21</sup> <https://www.nature.com/articles/s41558-017-0012-x>

### Rutas de mitigación y cobeneficios sobre las medidas propuestas



**Erradicar la pobreza en todas sus formas** está relacionada con el acceso a combustibles o energías limpias para cocción de alimentos y calentamiento de agua. La propuesta aborda una ruta que permita tener tecnologías y combustibles acordes a la situación real de las comunidades que en la mayoría de los casos no tienen recursos suficientes por condiciones económicas relacionadas con la pobreza extrema. El sector ladrillero artesanal se mantiene en muchos casos en condiciones de pobreza extrema y falta de oportunidades. El desarrollo de este sector en el entorno comunitario puede ser una fuente de ingresos que permita salir de la pobreza a muchas comunidades. Los residuos como las aguas residuales y los residuos sólidos son un problema de sanidad relacionado con falta de servicios básicos e infraestructura; las comunidades en extrema pobreza carecen de estos servicios, lo que provoca problemas de salud ambiental importantes.



El desarrollo sustentable del sector agropecuario en México debe ser una estrategia prioritaria desde la óptica del cambio climático en términos de mitigación y adaptación al mismo, para **evitar la pérdida de bosques y suelos, así como la productividad del sector, que ponen en riesgo la seguridad alimentaria**, razón por la cual es importante promover prácticas sostenibles con agricultores y evitar los daños a los cultivos y cuerpos de agua por contaminantes atmosféricos.



**3** SALUD Y BIENESTAR



Lograr una **cobertura universal de salud, con la finalidad de reducir las enfermedades y la mortalidad.** La reducción de emisiones vinculadas con la combustión contribuye a mitigar la exposición intramuros y ambiental a contaminantes que también son forzantes climáticos. La formación de ozono y sus altas concentraciones, principalmente por compuestos orgánicos y emisiones de metano derivadas de sectores que no provienen de procesos de combustión, son importantes para la salud ambiental y la de los ecosistemas.

**5** IGUALDAD DE GÉNERO



**Reducir las formas de discriminación contra las mujeres y niñas, buscando empoderarlas con la finalidad de promover el crecimiento económico,** es uno de los objetivos de las estrategias del sector residencial, ya que el acceso a combustibles y tecnologías limpias permitirá que las mujeres y niñas puedan desarrollar otras actividades diferentes relacionadas con los temas de cocción de alimentos que en México suelen llevar hasta 12 horas de trabajo frente a un fogón o estufa y que solo realizan las mujeres. Con respecto al sector ladrillero artesanal, se ha demostrado en Latinoamérica que las mujeres pueden ser un eje importante del cambio cuando el sector se transforma y se tecnifica.

**6** AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO



**Con el fin de garantizar el acceso universal al agua potable segura y asequible para todos en 2030, es necesario realizar inversiones adecuadas en infraestructura, proporcionar instalaciones sanitarias y fomentar prácticas de higiene en todos los niveles;** la estrategia del sector de aguas residuales promueve el incremento de la infraestructura para su tratamiento y su uso en riego e industria, evitando el impacto en cuerpos de agua.

**7** ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE



**Para garantizar el acceso universal a la electricidad asequible para 2030, es necesario invertir en fuentes de energía limpia, como la solar, eólica y termal.** Las estrategias sectoriales desde sus diferentes objetivos buscan orientar la mitigación a través de fuentes de energías limpias. El subsector transporte avanza en la electrificación, principalmente en el transporte público. Los ingenios azucareros reducen emisiones con filtros, pero se debe orientar la transformación del sector a la cogeneración. Los subsectores agropecuario y residuos tienen una amplia oportunidad de generar energía por captura y procesamiento de metano. El subsector residencial requiere reducir precursores de ozono, como el gas LP en zonas urbanas y en zonas rurales se tiene que fomentar el uso de combustibles limpios o energías renovables para reducir el consumo de leña.

**8** TRABAJO DECENTE  
 Y CRECIMIENTO  
 ECONÓMICO


**Estimular el crecimiento económico sostenible mediante el aumento de los niveles de productividad y la innovación tecnológica. Fomentar políticas que estimulen el espíritu empresarial y la creación de empleo es crucial para este fin.** La estrategia del sector ladrillero artesanal pretende abordar la mitigación desde un enfoque transformacional del sector, impulsando un modelo de negocio con innovación tecnológica. Para el sector productivo de aire acondicionado, la medida fomentará el desarrollo de nuevas tecnologías para la refrigeración y, por lo tanto, menores consumos de refrigerantes.

**9** INDUSTRIA,  
 INNOVACIÓN E  
 INFRAESTRUCTURA


**La inversión en infraestructura y la innovación son motores fundamentales del crecimiento y el desarrollo económico. Los avances tecnológicos también son esenciales para encontrar soluciones permanentes a los desafíos económicos y ambientales.** Todas las estrategias sectoriales desarrolladas deben ser abordadas desde la innovación e inversión en tecnologías para mejorar la calidad del aire y mitigar el cambio climático.

**10** REDUCCIÓN DE LAS  
 DESIGUALDADES


**Es necesario adoptar políticas sólidas que empoderen el percentil inferior de la escala de ingresos y promuevan la inclusión económica de todos y todas, independientemente de su género, raza o etnia.** Para el sector residencial con ingresos bajos y zonas con alta marginalidad se requieren urgentemente políticas que permitan acceder a tecnologías, energías y combustibles limpios. Las condiciones de pobreza son un factor que incrementa otros problemas, principalmente de salud, por el consumo de leña. El sector ladrillero artesanal mantiene en su forma productiva condiciones de pobreza, desigualdad y con trabajo de mujeres y niños. Una estrategia sectorial transformacional puede mejorar las condiciones de los trabajadores, a través de mejores ingresos e igualdad de condiciones laborales.

**11** CIUDADES Y  
 COMUNIDADES  
 SOSTENIBLES


**El rápido crecimiento de las urbes en el mundo en desarrollo, en conjunto con el aumento de la migración del campo a la ciudad, provoca un incremento explosivo de las mega urbes. No es posible lograr un desarrollo sostenible sin transformar radicalmente la forma en que construimos y administramos los espacios urbanos.** En este contexto, las acciones de mitigación sectoriales se relacionan con el impacto de los contaminantes y las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero en las urbes en sus diferentes formas. Los beneficios de las estrategias pueden reducir de manera significativa la contaminación atmosférica y su impacto en la salud de sus poblaciones, patrimonio cultural y las zonas rurales en su área de influencia, así como las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero.

**12** PRODUCCIÓN  
Y CONSUMO  
RESPONSABLES



Para lograr crecimiento económico y desarrollo sostenible, es urgente reducir la huella ecológica mediante un cambio en los métodos de producción y consumo de bienes y recursos. La gestión eficiente de los recursos naturales compartidos y la forma en que se eliminan los desechos tóxicos y los contaminantes, son vitales para lograr este objetivo. La producción de azúcar, ladrillos artesanales, consumo de cármicos, la producción de refrigerantes y aerosoles, deben reducir su huella de carbono y fomentar el manejo sustentable de los residuos generados en toda la cadena de valor.

**13** ACCIÓN  
POR EL CLIMA



Las emisiones de gases de efecto invernadero continúan aumentando y hoy son un 50% superior al nivel de 1990. Con voluntad política, normatividades adecuadas y un amplio abanico de medidas tecnológicas, aún es posible limitar el aumento de la temperatura media global a 2°C. respecto de los niveles pre-industriales. Para lograrlo, se requieren acciones colectivas urgentes. Todas las estrategias sectoriales deben alinearse perfectamente para reducir las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero de manera integrada y evitar el aumento de temperatura por arriba de los 2°C.

**14** VIDA  
SUBMARINA



La contaminación marina, que proviene en su mayor parte de fuentes terrestres, ha llegado a niveles alarmantes: por cada kilómetro cuadrado de océano hay un promedio de 13.000 trozos de desechos plásticos. El manejo adecuado de los residuos sólidos y las aguas residuales en todo el país, contribuye a reducir la contaminación de los ríos, mares y océanos mexicanos.

**15** VIDA  
DE ECOSISTEMAS  
TERRESTRES



Conservar y recuperar el uso de ecosistemas terrestres como bosques, humedales, tierras áridas y montañas para 2020. Detener la deforestación también es de vital importancia para mitigar los impactos del cambio climático. Es urgente tomar medidas para reducir la pérdida de hábitats naturales y la biodiversidad, que son parte del patrimonio común de la humanidad. La reducción del uso de biomasa por tala indebida para uso residencial y producción de ladrillos artesanales, a través del manejo adecuado de los recursos y buenas prácticas, evitará la pérdida del hábitat natural. De igual manera, la reducción de precursores de ozono en las principales zonas con mayores niveles ambientales reducirá el impacto negativo en los ecosistemas.

**17** ALIANZAS PARA  
LOGRAR  
LOS OBJETIVOS



Los Objetivos de Desarrollo Sostenible solo se pueden lograr con el compromiso decidido a favor de alianzas mundiales y cooperación. Las alianzas mundiales donde México participa han demostrado beneficios para establecer rutas y reducir las emisiones de los contaminantes climáticos en México.

Como se observó, en cada ODS se establecieron los alcances de las rutas propuestas para reducir los ccvc y el beneficio. De manera esquemática se puede observar el alcance de todas las acciones en la (tabla 4) Se pueden

destacar en cada uno de los subsectores que emiten alguno de los ccvc, 72 beneficios para cumplir con los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible.

**Tabla 4. Matriz de impacto de las rutas de mitigación de los ccvc en los ods**

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	Transporte	Ingenios azucareros	Residencial	Ladrilleras	Ganado	Aguas residuales	HFC's	Residuos sólidos	Precursores de Ozono
1 FIN DE LA POBREZA			✓	✓		✓		✓	
2 HAMBRE CERO					✓				✓
3 SALUD Y BIENESTAR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4 EDUCACIÓN DE CALIDAD									
5 IGUALDAD DE GÉNERO			✓	✓					
6 AGUA LIMPA Y SANEAMIENTO						✓			
7 ENERGÍA ASESIBLE Y TIPOCOSTA	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓
8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO				✓					
9 INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGNALES			✓	✓					
11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
13 ACCIÓN POR EL CLIMA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
14 VIDA SUBMARINA						✓	✓	✓	
15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES			✓	✓					✓
16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS									
17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

# 16

LA CIENCIA COMO SOPORTE  
PARA MEJORAR LA CALIDAD  
DEL AIRE Y MITIGAR EL  
CAMBIO CLIMÁTICO

# REDCAM

RED TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN EN  
CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

## Red de Investigación en Contaminación Atmosférica y Mitigación del Cambio Climático

**D**urante el desarrollo de la SNAP-II, se trabajó con la comunidad académica y científica en México, y como parte de esa colaboración surgió con apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), una red temática cuyo objetivo principal es mantener un espacio de discusión académica y apropiación social del conocimiento generado en México sobre la emisión, evolución y control de la contaminación atmosférica y los ccvc.

La Red de Investigación en Contaminación Atmosférica y Mitigación al Cambio Climático (REDCAM)<sup>22</sup>, constituye una asociación voluntaria de académicos, profesionistas, servidores públicos y estudiantes, relacionada con diversos temas de contaminación atmosférica y cambio climático.

Durante 2019, la Unidad de Apoyo sobre ccvc de la CCAC, trabajó de manera conjunta con el comité organizador para la realización del primer taller “Soporte científico para las políticas públicas a implementar en el ProAire de la zona metropolitana del valle de México 2021-2030”, con el objetivo principal de elaborar una propuesta de agenda científica que apoye la elaboración del ProAire de la ZMVM para la década 2021-2030, así como sentar las bases de otros programas de calidad del aire integrados con estrategias de cambio climático.

Las propuestas de investigación fueron dirigidas a generar conocimiento útil para reducir la contaminación atmosférica y mitigar el cambio climático en las ciudades del país, como es el caso de la primera red experimental de carbono negro (Peralta et al 2019) en la ZMVM y su área de influencia, para fortalecer el proceso de toma de decisiones en el ámbito nacional. La participación de la comunidad científica, tomadores de decisión y estudiantes, fue encaminada a revisar los diferentes temas de interés relacionados con la contaminación y el cambio climático, entre los que destacan:

- La exposición personal a contaminantes y carbono negro
- Los inventarios de emisiones en la calidad del aire y el cambio climático

- El impacto de las emisiones de carbono negro en la calidad del aire urbano, regional y el clima
- La expansión urbana como fuerza motriz de la contaminación atmosférica y el impacto al cambio climático
- El ozono y su régimen de formación a partir de precursores y aerosoles secundarios
- La relación entre la contaminación y el cambio climático a partir de sus fuentes comunes
- El impacto de la contaminación atmosférica en la salud
- La complejidad y el enfoque sistémico de la calidad del aire y el cambio climático
- Los costos de la contaminación y el cambio climático
- El marco normativo nacional

La REDCAM ha mostrado capacidad para promover el diálogo multidisciplinario y servir de enlace entre la academia, el sector público y el sector social. La propuesta de planeación nacional de este documento incorporó recomendaciones de esta comunidad.



<sup>22</sup> <http://redcam.org/>

17

# ESTRATEGIA DE COMUNICACIÓN PARA REDUCIR LOS CCVC



Dentro de las acciones para la implementación de las estrategias de mitigación se debe apoyar con las mejores herramientas de comunicación para sensibilizar a la población y principalmente a los tomadores de decisión. En este contexto, se establecieron procesos previos de sensibilización para incrementar el conocimiento de los ccvc en México.

El INECC, en colaboración con la Coalición de Clima y Aire Limpio, realiza de manera continua campañas específicas de difusión sobre ccvc en medios digitales, y actividades de sensibilización y capacitación a periodistas y medios de comunicación sobre este importante tema. Estas campañas se realizan en el marco de la estrategia y campaña de comunicación del Instituto denominada Cambio Yo Cambias Tú Cambia Todo.

La estrategia de comunicación e información se centra en difundir la presencia en la atmósfera de los ccvc, sus efectos en la salud de la población y en los ecosistemas, así como las medidas que está tomando México para mitigar su emisión. La campaña digital se estableció para tener identificadores relacionados con los temas de mitigación en medios nacionales bajo los siguientes *hashtags*:

**#ElCambioClimáticoNosToca,**  
**#ReducimosNuestrasEmisiones,**  
**#AireLimpio,**  
**#ContaminantesClimáticosDeVidaCorta**

Fue dirigida a tomadores de decisiones de los ámbitos local y estatal, la sociedad civil y el público en general, en especial a los jóvenes. En 2018 se difundió de forma orgánica en las redes sociales del Instituto, teniendo una buena recepción en especial entre el público joven urbano en ciudades del país.

Para incrementar el potencial de penetración de la campaña, se realizaron talleres de sensibilización y capacitación a medios de comunicación, en los que se mostraron las experiencias y la ruta a seguir con los ccvc.

A partir del estudio de percepción llevado a cabo entre el INECC y el PNUD en 2017, se identificaron entre otros, los siguientes resultados al hablar sobre el cambio climático y temas relacionados en una muestra de la población general en todo el país:

- 89% de los encuestados ha escuchado sobre el cambio climático, pero sólo 39% tenía conocimiento real sobre el tema.
- La población más escolarizada o aquella con menor edad es la que identifica la problemática climática como prioritaria en México.

- Los jóvenes son los más interesados en el cambio climático y en modificar sus hábitos de consumo para cuidar el planeta.
- 7 de cada 10 encuestados afirmaron que el fenómeno del cambio climático ha empezado a suceder y que afecta directamente su salud.
- Sólo 3 de cada 10 mexicanos afirman que todos somos responsables del cambio climático.
- El sector agropecuario se percibe como uno de los más afectados por el cambio climático.
- El sector transporte reconoce la necesidad de realizar transformaciones profundas para disminuir emisiones de GEI.
- El sector de la energía considera urgente la inversión en energías alternativas.

De acuerdo con esta información, se identifica una desconexión entre el conocimiento particular de la población sobre el fenómeno del cambio climático y sus causas y consecuencias, y aunque de manera específica la encuesta no hizo referencia a los ccvc, se puede inferir que mucho menos se comprende de manera general la relación e impacto de estos contaminantes y sus precursores con la salud humana y el impacto directo que tienen en los ecosistemas.

Es importante recomendar la continuidad de las actividades de difusión y sensibilización en materia de cambio climático, calidad del aire y en particular, sobre la relación de las actividades humanas que favorecen las emisiones de los ccvc, y a su vez, dar a conocer sus impactos directos en la salud, la economía y otros aspectos para dar sentido de realidad y urgencia en el actuar de las principales audiencias y tomadores de decisiones en el país.

El dar iniciativas de cómo generar una cultura de prevención y manejo sustentable basada en el conocimiento adecuando los contenidos y mensajes a la diversidad de audiencias y actores sociales desde sus contextos y particularidades socioculturales y ambientales, buscando impulsar un enfoque de derechos como punto de partida para la toma de decisiones desde el ciudadano y los funcionarios públicos, académicos, sociedad civil y demás actores que deben participar en todas políticas públicas integral y compleja como es el atender y actuar en esta dirección.

## CONSIDERACIONES GENERALES

- México ha tomado medidas estratégicas para reducir el impacto al cambio climático al incluir en sus políticas climáticas a los ccvc, estableciendo un vínculo para mejorar también la calidad del aire y mejorar la salud ambiental.
- La estrategia nacional integrada desarrollada (SNAP-II) es un documento guía que permite establecer un dialogo, entre calidad del aire y cambio climático, buscando como objetivo principal definir los múltiples beneficios de las acciones integradas a nivel nacional y subnacional. Es importante destacar que los resultados obtenidos son completamente dinámicos y están sujetos a las circunstancias nacionales e internacionales del periodo de análisis.
- Los resultados obtenidos a través de la modelación sectorial permiten establecer que la mitigación en calidad del aire y cambio climático tienen un objetivo común, “las mismas fuentes de combustión” derivando en narrativas sectoriales integradas. De igual forma se demostró que beneficios múltiples se pueden alcanzar en el corto tiempo si abordan de manera sistémica y con un enfoque bidireccional, sin perder de vista los impactos locales y globales.
- Derivado del avance en el conocimiento sobre la situación actual de los ccvc país. Por primera vez, las acciones de calidad del aire y cambio climático están integradas dentro del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT), la cuales fueron incluidas al establecer de manera clara la relación cambio climático y la calidad del aire a través de los ccvc.
- A nivel subnacional algunos estados han comenzado a integrar los programas para mejorar la calidad del aire y los programas de acción sobre el cambio climático, con el objetivo de armonizar las acciones y buscando siempre el máximo beneficio en el corto plazo.
- Se debe establecer una hoja de ruta para tener inventarios integrados y evitar errores en la estimación de la mitigación (sobre o subestimar las mitigaciones sectoriales), siempre buscando el cumplimiento de los acuerdos internacionales y las normativas nacionales en materia de inventarios de emisiones.
- Para alcanzar los mayores beneficios en mitigación y adaptación, la planificación territorial y la integración con los objetivos del desarrollo sostenible deberán incluirse en todos los programas de calidad del aire y cambio climático.
- Las mayores emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero, así como de ccvc, se encuentran en las principales ciudades, en este contexto se recomienda que la gestión sobre calidad del aire y cambio climático en zonas urbanas, periurbanas y rurales debe integrarse de manera transversal en: salud, género, energía, economía, ordenamiento territorial y orientadas a la realidad de las comunidades.

## REFERENCIAS

Christian, T. J., Yokelson, R. J., Cardenas, B., Molina, L. T., Engling, G., and Hsu, S.-C. (2010). Trace gas and particle emissions from domestic and industrial biofuel use and garbage burning in central Mexico, *Atmos. Chem. Phys.*, 10, 565–584.

ENCA-SEMARNAT 2017 Estrategia Nacional de Calidad del Aire, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México Gobierno de México. 2018.  
<https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/estrategia-nacional-de-calidad-del-aire-enca-153921>

ENCC-SEMARNAT-2013 Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40, Gobierno de la República México.  
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/41978/Estrategia-Nacional-Cambio-Climatico-2013.pdf>

INECC (2011) Temas emergentes en cambio climático: Metano carbono negro, posibles co-beneficios y desarrollo de planes de investigación., Informe final 2011, Centro de Ciencias de la Atmosfera. (UNAM), Molina Center for Energy and Environment, MCE2., Instituto Nacional de Ecología (INE).  
[https://www.researchgate.net/publication/262915533\\_Temas\\_emergentes\\_en\\_cambio\\_climatico\\_metano\\_y\\_carbono\\_negro\\_sus\\_posibles\\_co-beneficios\\_y\\_desarrollo\\_de\\_planes\\_de\\_investigacion](https://www.researchgate.net/publication/262915533_Temas_emergentes_en_cambio_climatico_metano_y_carbono_negro_sus_posibles_co-beneficios_y_desarrollo_de_planes_de_investigacion)

INECC 2013 Apoyo a la Iniciativa de Planificación Nacional sobre Contaminantes Climáticos de Vida Corta en México, informe final, 2013, Molina Center for Strategic Studies in Energy and the Environment,(MCE2) Instituto nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Climate Clean Air Coalition,(CCAC).  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/191436/2013\\_Plan\\_Nacional\\_de\\_Contaminantes.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/191436/2013_Plan_Nacional_de_Contaminantes.pdf)

INECC (2016) Análisis de Mercado del Sector de la Construcción y Proyecto piloto a nivel región, basado en un Portafolio de políticas Públicas, con el objetivo de reducir los ccvc, de Ladrilleras Artesanales en México.  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/208070/8\\_CGCV\\_2016\\_An\\_lisis\\_de\\_Mercado\\_Ladrilleras\\_Artesanales\\_CDMEX.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/208070/8_CGCV_2016_An_lisis_de_Mercado_Ladrilleras_Artesanales_CDMEX.pdf)

IEA (2017) International Energy Agency. <https://www.iea.org/countries/mexico>

INECC, PNUD-Mexico (2017) Generación del Inventario Nacional de Compuestos Orgánicos Volátiles: relación con los forzantes climáticos de vida corta, salud ambiental, cambio climático y medidas de mitigación. Año Base 2014. Proyecto 85488 "Sexta Comunicación Nacional de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", Saran, Estudios y Proyectos Ambientales, S. De R.L. de C.V 110 pp. México.

INECC (2018a) Costos de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas de México. Medidas Sectoriales no Condicionadas. INECC: México.  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/330857/Costos\\_de\\_las\\_contribuciones\\_nacionalmente\\_determinadas\\_de\\_M\\_xico\\_\\_dobles\\_p\\_ginas\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/330857/Costos_de_las_contribuciones_nacionalmente_determinadas_de_M_xico__dobles_p_ginas_.pdf)

INECC (2018b) Oportunidades y barreras para aprovechar las fuentes de financiamiento internacional que favorezcan el alcance de los objetivos climáticos sectoriales de México, [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/422301/Barreras\\_Oportunidades\\_Financiamiento\\_CGCV.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/422301/Barreras_Oportunidades_Financiamiento_CGCV.pdf)

INECC (2018c) Estudio para Desarrollar un Modelo de Negocio Piloto en Ladrilleras Artesanales, para Reducir Emisiones de Contaminantes Climáticos, Así como mejorar la calidad de Vida de los Actores Clave. INECC: México [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/451770/LADRILLERAS\\_final-08.04.19.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/451770/LADRILLERAS_final-08.04.19.pdf)

INECC, PNUD-MEXICO(2018) Diagnóstico del estado del arte de la química atmosférica en México con relación a los gases de efecto invernadero y los contaminantes climáticos. Informe final. Proyecto 85488, Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático., Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD. Luis Gerardo Ruiz Suárez. 99 pp. Mexico. <http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/handle/publicaciones/245>

IPCC 2013 Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5\\_SummaryVolume\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL.pdf)

OMS 2018, Calidad del aire y Salud, Centro de prensa WHO, publicado el 2 mayo del 2018, [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

Ortínez, A., 2018. Peralta, O., Álvarez-Ospina, H., Martínez-Arroyo, A., Castro, T., Paramo, V., Ruiz-Suárez, L.G., Garza, J., Saavedra, I.B., Espinosa, M.L., Vizcaya-Ruiz, A.D., Gavilán, A., Basaldud, R., & Munguía-Guillén, J.L. (2017). Concentration profile of elemental and organic carbon and personal exposure to other pollutants from brick kilns in Durango, Mexico. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 11, 285-300. "Concentration profile of elemental and organic carbon and personal exposure to other pollutants from brick kilns in Durango, Mexico." *Air Quality, Atmosphere & Health* 11 (2017): 285-300.

Peralta, O., Ortínez-Alvarez A., Basaldud R., Santiago N., Alvarez-Ospina, H., De la Cruz K., Barrera, V., Espinosa M., Saavedra, I., Castro, T., Martínez-Arroyo, A., Páramo, V., Ruíz-Suárez, L.G., Vazquez-Galvez, F., Gavilán, A. 2019., Atmospheric black carbon concentrations in Mexico, *Atmospheric Research*, Volume 230. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.104626>.

SEMARNAT-INECC 2018 Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD, Global Environment Facility, GEF, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales México, SEMARNAT., Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático., INECC. <http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/handle/publicaciones/117>



