

# HACIENDO CUENTAS

CUANTIFICANDO LOS CO-BENEFICIOS DE LA ACCIÓN CLIMÁTICA  
PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN MÉXICO

*RESUMEN EJECUTIVO*

---

El presente Resumen Ejecutivo refleja los principales resultados del estudio *Crunching numbers: Quantifying the sustainable development co-benefits of Mexico's climate commitments*, elaborado por  SD STRATEGIES

Sus contenidos fueron desarrollados bajo la coordinación de la Jefatura de la Oficina de la Presidencia de la República (OPR) y el proyecto "Iniciativa Agenda 2030" de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, financiada por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (BMZ). Coordinadora: Alejandra Cervantes Enríquez ([alejandra.cervantes@giz.de](mailto:alejandra.cervantes@giz.de)).

# HACIENDO CUENTAS

CUANTIFICANDO LOS CO-BENEFICIOS  
DE LA ACCIÓN CLIMÁTICA  
PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN MÉXICO.

*RESUMEN EJECUTIVO*



**GOBIERNO DE  
MÉXICO**



**giz** Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



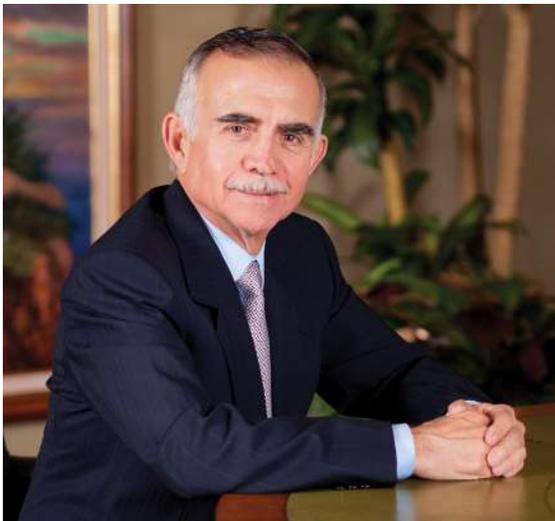
# ÍNDICE

<b>Mensaje de bienvenida</b> .....	8
<b>Prólogo</b> .....	9
<b>Agradecimientos</b> .....	11
<b>Abreviaturas</b> .....	12
<b>Transformando la acción climática en beneficios para México</b> .....	14
<b>Guía para el lector: criterios de selección de las acciones climáticas y los beneficios para el desarrollo</b> .....	16
<b>1 Energizando el desarrollo de México con fuentes limpias</b> .....	19
1 Antecedentes: energía limpia en México.....	20
2 Energía limpia para la mitigación de emisiones.....	20
3 Energía limpia como motor de desarrollo en México.....	21
3.1 Co-beneficios sociales.....	21
3.2 Co-beneficios económicos.....	21
3.3 Co-beneficios ambientales.....	21
4 Análisis de los co-beneficios de la energía limpia seleccionados.....	22
4.1 Escenarios aplicados y co-beneficios seleccionados.....	22
4.2 Mejoría en la salud pública mediante energía limpia.....	22
4.3 Creación de empleo a través de energía limpia.....	23
4.4 Aportaciones a la seguridad energética.....	24

<b>2 Protegiendo los bosques de México para impulsar el desarrollo nacional</b> ....	27
1 Antecedentes: deforestación en México .....	28
2 Deforestación neta cero como motor del desarrollo en México .....	30
2.1 Co-beneficios sociales .....	30
2.2 Co-beneficios económicos.....	30
2.3 Co-beneficios ambientales .....	30
3 Análisis de los co-beneficios seleccionados de la deforestación neta cero.....	31
3.1 Escenarios aplicados y co-beneficios seleccionados.....	31
3.2 Mejoría de los medios de subsistencia y potenciación de la resiliencia mediante la protección de los bosques.....	31
3.3 Contribución de los bosques a la mejoría en la condición de los recursos hídricos.....	33
<b>3 Tratamiento de aguas residuales para el progreso de México</b> .....	37
1 Antecedentes: estatus del tratamiento de aguas residuales en México .....	38
2 Tratamiento de las aguas residuales para la mitigación y adaptación al cambio climático .....	39
3 Tratamiento de aguas residuales como motor de desarrollo en México .....	39
3.1 Co-beneficios sociales .....	40
3.2 Co-beneficios económicos.....	40
3.3 Co-beneficios ambientales .....	40
4 Análisis de los co-beneficios seleccionados del tratamiento de aguas residuales	40
4.1 Escenarios aplicados y co-beneficios seleccionados.....	40
4.2 Mejoría de los medios de subsistencia a través del tratamiento de aguas residuales .....	41
4.3 Contribución del tratamiento de aguas residuales a la mejoría en la condición de los recursos hídricos .....	42
4.4 Aportaciones a la seguridad energética mediante el tratamiento de aguas residuales .....	43
<b>4 Impulso a los vehículos eléctricos para promover el bienestar en México</b> .	45
1 Antecedentes: vehículos eléctricos y transporte en México .....	46
1.1 Infraestructura de carga.....	46
1.2 Panorama político .....	47
1.3 Industria automotriz .....	47

2 Vehículos eléctricos para la mitigación de emisiones.....	47
3 Vehículos eléctricos como motor para el desarrollo en México .....	47
3.1 Co-beneficios sociales .....	48
3.2 Co-beneficios económicos.....	48
3.3 Co-beneficios ambientales .....	48
4 Análisis de los co-beneficios seleccionados de los vehículos eléctricos.....	49
4.1 Escenarios aplicados y co-beneficios seleccionados.....	49
4.2 Creación de empleo a partir de los vehículos eléctricos .....	49
4.3 Aportaciones a la seguridad energética por medio de los vehículos eléctricos....	50
4.4 Mejoría en la salud pública a través de los vehículos eléctricos.....	51
<b>5 Impulsando el desarrollo y aumentando la eficiencia energética en la</b>	
<b>industria mexicana .....</b>	<b>55</b>
1 Antecedentes: eficiencia energética en México.....	56
2 Eficiencia energética para la mitigación de emisiones .....	56
3 Eficiencia energética como motor del desarrollo en México .....	57
3.1 Co-beneficios sociales .....	57
3.2 Co-beneficios económicos.....	57
3.3 Co-beneficios ambientales .....	58
4 Análisis de los co-beneficios seleccionados de las metas de eficiencia energética	
industrial.....	58
4.1 Escenarios aplicados y co-beneficios seleccionados.....	58
4.2 Creación de empleo a partir de las medidas de eficiencia energética industrial ..	58
4.3 Mejorar la seguridad energética mediante medidas de eficiencia energética	
industrial .....	60
<b>Cosechando los beneficios de la acción climática para el desarrollo de</b>	
<b>México .....</b>	<b>65</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>68</b>
<b>Figuras, tablas y cajas .....</b>	<b>74</b>
<b>Créditos de fotos .....</b>	<b>76</b>

## MENSAJE DE BIENVENIDA



El cambio climático es el mayor desafío de nuestro tiempo. Las consecuencias no han dado tregua a la vida, ni de los diversos ecosistemas, ni de la gente misma. Por ello es que nos encontramos en un momento decisivo para hacer algo por nuestro país y por el planeta.

Frente a este desafío, la Jefatura de la Oficina de la Presidencia, por medio de la Dirección de la Agenda 2030, tiene la firme convicción de que, para alcanzar el desarrollo económico y el bienestar de todas las personas, es imperante adoptar un enfoque de desarrollo sostenible. Este debe atender no solo las causas estructurales de la vulnerabilidad, la degradación de los ecosistemas y la explotación de los recursos naturales, sino también la desigualdad y la pobreza. Dicho enfoque, de carácter transformador, fomentará la incorporación de todos los esfuerzos multisectoriales para garantizar medidas con bajas emisiones contaminantes, que sean a su vez resilientes al cambio climático y que no dejen a nadie atrás. Nos encontramos en un momento histórico: es tiempo de reforzar la innovación, de promover colaboraciones con quienes quizás no imaginamos, y de ver la disrupción como fortaleza y no como debilidad. Depende de nosotros, y de nadie más, reaccionar ya ante esta crisis.

Agradezco a la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable por el trabajo colaborativo y cercano para avanzar en la política pública que haga reales y factibles las acciones climáticas transversales. Asimismo, agradezco a las diversas dependencias del Gobierno federal por participar en todas las etapas de este proyecto. Su invaluable ayuda proveyó de información, modelos, datos y apoyo técnico, lo que permitió llegar a un análisis más robusto de los beneficios de la acción climática para el desarrollo sostenible en México. Con el presente estudio de cuantificación, instamos a los sectores público, privado, social y académico a impulsar acciones que generen conocimiento. De hacerlo, se incrementarán, tanto el compromiso, como la ambición nacional colectiva para avanzar hacia el desarrollo sostenible. La consecuencia de estas acciones es la que buscamos: mitigar el cambio climático para la construcción de sociedades más sostenibles, incluyentes y conscientes de su entorno.

## PRÓLOGO



Combatir el cambio climático y promover el desarrollo sostenible son los compromisos más importantes de la comunidad internacional. México ha jugado un papel destacado en la negociación, defensa y ratificación de compromisos internacionales que han derivado en las grandes agendas globales que hoy orientan los esfuerzos por un futuro más próspero para todas las personas. Por un lado, se adoptó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible como una hoja de ruta para la erradicación de la pobreza, la protección del planeta y el bienestar, sin comprometer el desarrollo de futuras generaciones. Por otro lado, en el marco del Acuerdo de París, México formuló su Contribución Nacionalmente Determinada (NDC, por sus siglas en inglés) con un ambicioso conjunto de medidas de adaptación y mitigación para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y limitar el aumento de la temperatura global a 1.5-2°C.

El cambio climático puede reducir, obstaculizar e incluso revertir los avances en materia de desarrollo. Por sus características geográficas, México es un país altamente vulnerable a los efectos de este fenómeno, el cual tiene el potencial de generar riesgos sociales, ambientales y económicos que tienden a afectar de manera más prominente a poblaciones en mayor condición de vulnerabilidad. Por lo anterior, sólo si abordamos el combate al cambio climático como una precondition para el desarrollo, podremos garantizar el bienestar en nuestro país, donde nadie se quede atrás.

Debemos entender el combate al cambio climático como una oportunidad para actuar de manera contundente. Como demuestra el presente estudio, la acción climática tiene el potencial de promover sustantivamente el desarrollo de nuestro país. Por ejemplo, cumplir con la meta de la NDC de generar el 43% de la electricidad de fuentes limpias para 2030 puede ser un motor importante de desarrollo social a través de la mejora de la salud (ODS 3), pues ello implicaría un ahorro de 2.7 mil millones de dólares en 2019-2030 por costos relacionados a la atención de enfermedades causadas por la contaminación del aire. Lo anterior, equivale a un 41% del presupuesto asignado a SALUD en 2019 - ahorros sumamente útiles en un contexto de austeridad.

Hablar de co-beneficios contribuye a identificar oportunidades para acelerar los avances en ambas agendas, orienta la toma de decisiones, evita la duplicidad de esfuerzos y reduce los costos de

implementación. En México existen las capacidades institucionales que pueden contribuir a acelerar la respuesta para cumplir de manera integral con el Acuerdo de París y la Agenda 2030. No obstante, resulta apremiante transversalizar la mitigación y la adaptación al cambio climático en la planeación del desarrollo. Las acciones climáticas y las políticas de desarrollo pueden y deben armonizarse e integrarse, ya que lejos de oponerse, se refuerzan mutuamente y, por lo tanto, logran más juntas.

En coordinación con la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (GIZ), surge el presente estudio que representa un primer paso esencial para romper los silos sectoriales, pues cuantifica una selección de co-beneficios sociales, económicos y ambientales importantes de la acción climática en diversos sectores, y su impacto potencial para el cumplimiento de la Agenda 2030. La acción climática debe ser entendida entonces como una palanca que facilita la consecución de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), pues no se puede lograr un desarrollo realmente inclusivo y duradero si no se integra la dimensión económica, social y medioambiental de manera articulada.

Para el Gobierno de México, la construcción de una sociedad más sostenible es un reto que requiere soluciones integrales y un compromiso permanente de los sectores público, privado, social y académico. En ese sentido, este estudio contribuye a la generación de evidencia nacional que nos permitirá transitar hacia una implementación integrada de ambas Agendas para continuar trabajando por el desarrollo humano, la inclusión y la resiliencia. Comprender que la relación entre el desarrollo sostenible y el cambio climático va más allá del ODS 13 (Acción por el clima), nos llevará hacia un nuevo paradigma en el que la acción climática sea considerada una pieza medular para la política de desarrollo; y las estrategias de desarrollo se conciben como vitales para la mitigación y adaptación al cambio climático. Combatir el cambio climático para alcanzar el desarrollo sostenible es tarea de todas y todos.



# AGRADECIMIENTOS

La Oficina de la Presidencia de la República y la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (GIZ) agradecen al equipo de SD Strategies. De manera especial, agradecemos a Alexander Ochs y Dean Gioutsos por el trabajo y conocimiento demostrado en la elaboración de este estudio.

Diversas secretarías, agencias e institutos del Gobierno de México compartieron sus ideas, información y datos, incluyendo a: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), Secretaría de Bienestar (BIENESTAR), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Energía (SENER), Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (CENAPRECE), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP).

También agradecemos al Centro Mario Molina (CMM) que contribuyó con apoyo técnico, proporcionando datos e información en materia de generación eléctrica, transporte eléctrico y los sectores de eficiencia energética en México.

Finalmente, damos las gracias al Instituto de Estudios Avanzados de Sustentabilidad (Institute for Advanced Sustainability Studies, IASS), así como a Andrea Hurtado, Karen Holm Olsen, Georg Maue, Günter Hörmandinger, Mario Boccucci, Kimberly Todd, Gonzalo Chapela, Timothy Pearson, Jacob Bukoski, y Steven Lawry; y a las y los muchos otros expertos quienes no han sido mencionados aquí pero que generosamente apoyaron el desarrollo de este proyecto.

# ABREVIATURAS

AbE	Adaptación basada en ecosistemas
BAU	Escenario de no acción (Business as Usual)
BEV	Vehículo eléctrico de batería
BIENESTAR	Secretaría de Bienestar
CB	Co-beneficios
CCVC	Contaminantes climáticos de vida corta
CENAPRECE	Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CMM	Centro Mario Molina
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CO <sub>2</sub> -eq	Dióxido de carbono equivalente
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONAVI	Comisión Nacional de Vivienda
CONUE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
DBO <sub>5</sub>	Demanda bioquímica de oxígeno de cinco días
EFC	Empresa forestal comunitaria
EnRes	Programa de Aprovechamiento Energético de Residuos Urbanos de GIZ
ENT	Enfermedades no transmisibles
ER	Energía renovable
FV	Fotovoltaico
GEI	Gases de efecto invernadero
Gt	Gigatoneladas
GWh	Gigawatt-hora
ha	Hectáreas
HEV	Vehículo eléctrico híbrido
hm <sup>3</sup>	Hectómetro cúbico
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INSP	Instituto Nacional de Salud Pública
ISAN	Impuesto sobre automóviles nuevos

ISR	Impuesto sobre la renta
ISTUV	Impuesto sobre tenencia o uso de vehículos
LTE	Ley de Transición Energética
MFC	Manejo forestal comunitario
Mg c ha <sup>-1</sup>	Biomasa
MtCO <sub>2</sub> -eq	Toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente
NDC	Contribución nacionalmente determinada
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
PECC	Programa Especial de Cambio Climático
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PETE	Programa Especial de la Transición Energética
PFNM	Productos forestales no maderables
PHEV	Vehículo híbrido eléctrico enchufable
PJ	Petajoule
PM	Material particulado
PM <sub>2.5</sub>	Material particulado de diámetro igual o menor a 2.5 micrómetros
PRODESEN	Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional
PROSENER	Programa Sectorial de Energía
PSA	Pago por servicios ambientales
PTAR	Plantas de tratamiento de aguas residuales
RRD	Reducción del riesgo de desastres
SADER	Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural
SD+	Escenario más ambicioso
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaría de Energía
SO <sub>2</sub>	Dióxido de azufre
tCO <sub>2</sub>	Toneladas de dióxido de carbono
TJ	Terajoule
UTCUTS	Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura
VE	Vehículo eléctrico
VMCI	Vehículos con motor de combustión interna

# TRANSFORMANDO LA ACCIÓN CLIMÁTICA EN BENEFICIOS PARA MÉXICO

El Acuerdo de París marcó un importante hito en los esfuerzos globales por combatir el cambio climático. Todas las partes involucradas acordaron presentar una Contribución Nacionalmente Determinada (NDC), definiendo metas y políticas específicas de amplio alcance para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y limitar el aumento de la temperatura promedio global a 1.5-2°C, con relación a niveles preindustriales (UNFCCC, 2018).

Siendo uno de los mayores emisores del mundo (11vo en 2017), México presentó su NDC en 2015, incluyendo la meta incondicional de reducir las emisiones de GEI en 22% y los contaminantes climáticos de vida corta (CCVC) en un 51% con respecto a las proyecciones hacia 2030. Los escenarios de cambio climático descritos en la NDC de México anticipan un incremento en la temperatura media anual en el corto plazo (2015-2039) de hasta 2°C en el norte del país, y de entre 1°C y 1.5°C para el resto del territorio nacional (Gobierno de la República de los Estados Unidos Mexicanos, 2016). Un cambio de esta magnitud tendrá implicaciones negativas de gran alcance para los ecosistemas, la sociedad y la economía. Aunque la NDC se enfoca en la mitigación de emisiones y adaptación al cambio climático, su

implementación tiene el potencial de generar importantes beneficios intersectoriales en otros ámbitos del desarrollo (IASS, 2017b; Oficina de la Presidencia et al., 2018). De hecho, la implementación de la NDC conlleva por sí misma importantes co-beneficios sociales, económicos y ambientales, haciendo de la acción climática un imperativo fundamental para el desarrollo sostenible, tal como lo reconoce la Agenda 2030. Los co-beneficios climáticos pueden definirse como “[...] los beneficios directos o indirectos que resultan de una acción o proyecto, [...] adicionalmente a la reducción de emisiones de GEI o de la vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático” (Oficina de la Presidencia et al., 2018, p. 24). Sin embargo, estos co-beneficios apenas comienzan a ser reconocidos en el debate internacional y aún hay mucho trabajo por hacer para su cuantificación y valoración, así como para comunicar su potencial a los hacedores de política pública.

Una de las principales razones por las que se percibe una contradicción entre la política climática y la de desarrollo, es precisamente la limitada evidencia existente, a nivel país, sobre la interrelación entre la acción climática y los objetivos de desarrollo (Helgenberger et al., 2019). En ese sentido, entender los beneficios ambientales, sociales y

económicos de la acción climática, permite a los tomadores de decisiones diseñar políticas de atención al cambio climático y de desarrollo con conocimiento pleno de la multiplicidad de beneficios que podrían ser aprovechados directa o indirectamente. Cuantificar y valorar las oportunidades de desarrollo sostenible a partir de la política climática es crucial para promover una mayor colaboración y respaldo mutuo entre distintos sectores.

Reconociendo la ambiciosa agenda de desarrollo social y económico del Gobierno de México, que pone al bienestar de todas las personas en el centro de sus prioridades, así como el compromiso nacional con la acción climática, el presente estudio va más allá de la evidencia existente al proponer una

cuantificación de los co-beneficios de las medidas actuales y prospectivas de la NDC, así como su contribución a las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para México. Mediante una revisión de las sinergias existentes, el estudio ilustra cómo una acción climática más ambiciosa puede contribuir a otras prioridades del desarrollo para México. Este documento analiza seis co-beneficios prioritarios que resultan de la implementación de tres compromisos actuales y dos potenciales de la NDC y, a partir de un análisis cualitativo previo de la Oficina de la Presidencia et al. (2018), explora las sinergias y posibles co-beneficios entre la NDC de México y los ODS de la Agenda 2030.

#### Las cinco medidas seleccionadas de la NDC (existentes y potenciales) incluyen:



Generar el 43% de la electricidad con fuentes limpias para 2030 (NDC existente)



Lograr una tasa de deforestación cero para el 2030 (NDC existente)



Garantizar y monitorear el tratamiento de aguas urbanas e industriales en asentamientos humanos mayores a 500,000 habitantes (NDC existente)



Lograr ventas de 500,000 vehículos eléctricos en México para 2030 (NDC potencial)



Reducir para 2030 la demanda energética de los sectores industriales más intensivos en su uso: Cemento (en 1.8%), Químico (en 9.6%) y Siderúrgico (en 14.7%) (NDC potencial)

#### Los seis co-beneficios seleccionados son:



Mejoría de los medios de subsistencia y potenciación de la resiliencia



Mejoría en la salud pública



Aportaciones a la seguridad alimentaria



Mejoría en la condición de los recursos hídricos



Creación de empleo



Contribuciones a la seguridad energética

# GUÍA PARA EL LECTOR: CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LAS ACCIONES CLIMÁTICAS Y LOS BENEFICIOS PARA EL DESARROLLO

Este estudio toma en consideración las orientaciones de política y el contexto nacional actual con el fin de incrementar la relevancia de los resultados y la conectividad con las deliberaciones políticas en curso. El reporte se estructura alrededor de las áreas de acción climática claves para México, incluyendo las medidas actuales y potenciales de la NDC.

Las medidas de la NDC y los co-beneficios seleccionados son el resultado de un análisis de los objetivos de desarrollo en México (ver Tablas 1 y 2). Además, este análisis está ampliamente basado en el estudio previo: “Tejer la Red: El enfoque de co-beneficios para la instrumentación integrada de la

Agenda 2030 y el Acuerdo de París en México”, el cual analiza las interrelaciones entre las 49 medidas de la NDC de México, los 17 ODS de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y una gama de 25 posibles co-beneficios (Oficina de la Presidencia de la República et al., 2018). Dicho estudio determinó que existen numerosos vínculos entre la acción climática y la Agenda 2030, con casi el 40% de las metas de los ODS teniendo una conexión con medidas de mitigación y/o adaptación y, efectivamente todas las acciones climáticas teniendo beneficios sociales, económicos y medioambientales adicionales que son relevantes para otros sectores.

**Tabla 1:** Priorización y criterios de selección utilizados para el análisis.

Criterios de selección de las acciones climáticas	Criterios de selección de los co-beneficios
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medidas orientadas a la mitigación y adaptación</li> <li>• Representación de los sectores clave para las emisiones</li> <li>• NDC actuales y prospectivas</li> <li>• Alineación de co-beneficios con la NDC</li> <li>• Potencial de cuantificación</li> <li>• Disponibilidad de datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prioridad para el Gobierno de México</li> <li>• Alineación de co-beneficios con las medidas de la NDC</li> <li>• Alineación de co-beneficios con los ODS</li> <li>• ODS prioritarios para México</li> <li>• Potencial de cuantificación</li> <li>• Disponibilidad de datos</li> </ul>

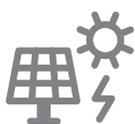
**Tabla 2:** Co-beneficios de las acciones climáticas vinculados y cuantificados en el estudio. Los vínculos identificados están marcados con una ✓ y los co-beneficios a cuantificar para cada medida de la NDC están resaltados. Tomar en cuenta que no todos los vínculos pudieron ser cuantificados debido a razones metodológicas.

						
Co-beneficios	Mejoría de los medios de subsistencia y potenciación de la resiliencia <sup>1</sup>	Aportaciones a la seguridad alimentaria	Mejoría en la salud pública	Mejoría en la condición de los recursos hídricos	Creación de empleo	Aportaciones a la seguridad energética
Acciones Climáticas						
 Generar 43% de la electricidad con fuentes limpias para 2030	✓		✓	✓	✓	✓
 Lograr una tasa de deforestación cero para 2030	✓	✓	✓	✓	✓	
 Garantizar y monitorear el tratamiento de aguas residuales urbanas e industriales en asentamientos humanos mayores a 500,000 habitantes	✓	✓	✓	✓	✓	✓
 Lograr ventas de 500,000 vehículos eléctricos para 2030			✓	✓	✓	✓
 Reducir para 2030 la demanda energética de los sectores industriales más intensivos en su uso: Cemento (en 1.8%), Químico (en 9.6%), Siderúrgico (en 14.7%)	✓		✓	✓	✓	✓

<sup>1</sup> El co-beneficio mejoría de los medios de subsistencia y potenciación de la resiliencia se adaptó a partir de dos co-beneficios identificados en Oficina de la Presidencia et al., 2018 (disminución de la vulnerabilidad y potenciación de la resiliencia), con el fin de tener una orientación más social y extenderse más allá del objetivo primario de las medidas de adaptación.



# 1



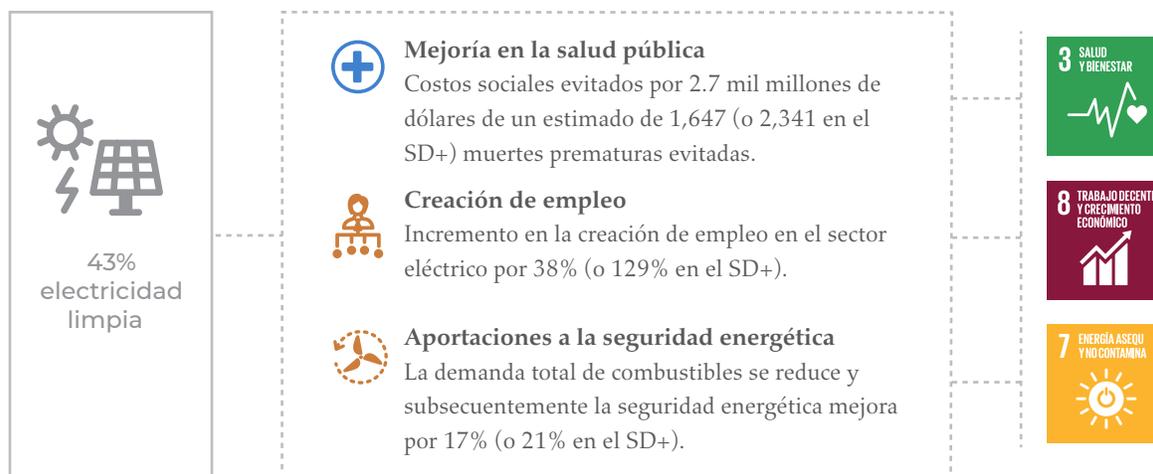
## ENERGIZANDO EL DESARROLLO DE MÉXICO CON FUENTES LIMPIAS

### PRINCIPALES RESULTADOS

- La generación de energía con fuentes limpias contribuye significativamente al logro del **ODS 3** (Salud y bienestar):
  - » 1,647 muertes relacionadas con  $PM_{2.5}$  pueden evitarse con la implementación de la NDC, y el número aumenta a 2,341 en el escenario más ambicioso (SD+).
  - » Los costos sociales evitados por la reducción de la mortalidad relacionada con  $PM_{2.5}$  se estiman en 2.7 mil millones de dólares si el compromiso actual se cumpliera en su totalidad. Esto equivale al 41% del presupuesto nacional asignado a la Secretaría de Salud en 2019.
  - » El escenario SD+ indica que el utilizar el 100% de los recursos renovables mexicanos a precios competitivos resulta en costos evitados de 3.8 mil millones de dólares, o el 58% del presupuesto anual de 2019.
- La energía renovable (ER) puede ser un motor importante de desarrollo económico y contribuir al logro del **ODS 8** (Trabajo decente y crecimiento económico):
  - » El empleo en el sector eléctrico podría aumentar en un 38% como resultado de la implementación de la meta de la NDC.
  - » Alcanzar las metas del escenario SD+ podría resultar en un aumento en el empleo de hasta el 129%.
- La ER también puede contribuir de manera considerable a la seguridad energética y al **ODS 7** (Energía asequible y no contaminante):
  - » El ahorro de energía en 2030 representa el 60% de las importaciones de gas natural, el 8% de las importaciones de diésel y más de cinco veces las importaciones de combustible en comparación con las importaciones totales de 2018 en México.
  - » Estos valores aumentan en escenario SD+ a un 123% (gas natural) y un 9% (diésel), mientras que el ahorro de combustible permanece cinco veces mayor al de su nivel en 2018.
  - » En términos financieros, el ahorro de gas natural tan solo en 2030 representa 1.2 mil millones de dólares en el escenario NDC, llegando a más de 2.5 mil millones de dólares en el escenario SD+.



**Figura 1:** Resumen de resultados y su vínculo con los ODS para la medida de la NDC de generación eléctrica con fuentes limpias (SD Strategies, Naciones Unidas, 2019ONU, s.f.).



## 1 ANTECEDENTES: ENERGÍA LIMPIA EN MÉXICO

La integración de fuentes de energía limpias en México está respaldada por la legislación y diversas políticas. Publicada en 2014, la Ley de Transición Energética (LTE) estableció objetivos intermedios que se alinean con la NDC para combustibles no convencionales (limpios) del 25% en 2018, del 30% para 2021, y del 35% para 2024. En respuesta a la Estrategia Nacional de Cambio Climático (SEMARNAT e INECC, 2013), la LTE dispuso además la elaboración de una Estrategia Nacional para la Transición Energética que indica que para 2050, el 50% de la energía se generará de fuentes limpias.

Sin embargo, la Estrategia de Medio Siglo (SEMARNAT e INECC, 2016) describe que para el 2050, el país debe descarbonizar todo el sector eléctrico para alcanzar su objetivo general de reducción de emisiones. Asimismo, otras políticas pretenden acelerar la diversificación de la combinación energética. Por ejemplo, el quinto objetivo del Programa Sectorial de Energía (PROSENER) promueve la expansión de la energía limpia<sup>2</sup> y fuentes de ER; y el Programa Especial de la Transición Energética (PETE) busca extender la capacidad instalada de energía limpia.

## 2 ENERGÍA LIMPIA PARA LA MITIGACIÓN DE EMISIONES

En 2016 la generación de energía y calor representó aproximadamente el 42% de las emisiones globales de GEI (IEA, 2019), convirtiéndose en la segunda fuente más grande de emisiones después del sector transporte, y constituye el 18.3% del total de dióxido de carbono equivalente del país (CO<sub>2</sub>-eq) (SEMARNAT e INECC, 2018). La meta de la NDC de generar el 43% de la energía con fuentes limpias para 2030 tiene un potencial total de mitigación de GEI de 370 MtCO<sub>2</sub>-eq. Esto equivale al 15% de la reducción total requerida para cumplir con la NDC en 2030. Además, esta medida tiene un mayor potencial de mitigación de emisiones de GEI en relación con otras de la NDC en el sector eléctrico. Por ejemplo, la modernización de las plantas de generación eléctrica tiene un potencial de mitigación total de 110 MtCO<sub>2</sub>-eq; reducir las pérdidas técnicas en la red eléctrica puede mitigar 55 MtCO<sub>2</sub>-eq; y reemplazar los combustibles pesados con gas natural asciende a solo 28 MtCO<sub>2</sub>-eq (INECC, 2018). Estos números enfatizan la importancia de la medida de la NDC para la mitigación de GEI en México.

<sup>2</sup> En la narrativa mexicana, las fuentes limpias incluyen cogeneración eficiente y nuclear, además de fuentes renovables comunes. Las fuentes de energía renovable incluyen hidroeléctrica, eólica, geotérmica, solar fotovoltaica, solar térmica y biomasa.

**Figura 2:** Gama completa de co-beneficios inducidos por la medida NDC de energía limpia (SD Strategies, basado en el análisis de la Oficina de la Presidencia et al., 2018). Los co-beneficios seleccionados para el análisis están resaltados.



### 3 ENERGÍA LIMPIA COMO MOTOR DE DESARROLLO EN MÉXICO

La transición hacia un sistema de energía limpia abarca una serie de co-beneficios sociales, ambientales y económicos que se alinean directamente con el ODS 7 (Energía asequible y no contaminante).



#### 3.1 Co-beneficios sociales

Aumentar la proporción de energía limpia puede mejorar significativamente la salud pública. La exposición a las emisiones de GEI se asocia con el aumento de la mortalidad y las enfermedades relacionadas con la contaminación del aire ambiental exterior (OMS, 2019). A nivel mundial, casi tres millones de personas mueren prematuramente cada año por causas relacionadas con la contaminación del aire, como cáncer, enfermedades respiratorias y enfermedades cardiovasculares (IEA, 2016). En México, entre 18,000 y 31,000 muertes por año son causadas por dicha contaminación (Enciso, 2018; INSP e INECC, 2016, p. 8; Larsen, 2015; SDP Noticias, 2018), de las cuales 24,390 se atribuyen a PM<sub>2.5</sub> y 1,645 al ozono (CONEVAL, 2018).



#### 3.2 Co-beneficios económicos

La expansión de las fuentes de energía limpia puede beneficiar al empleo, la creación de empresas, la productividad, y los ingresos de las personas y las

empresas. Invertir en ER genera importantes oportunidades de empleo directo, entre tres y cinco veces más que la energía convencional (Gioutsos & Ochs, 2017; Konrad, 2009; UKERC, 2014). Las ganancias en empleo en los sectores de energías renovables (y eficiencia) generalmente superan en gran medida las pérdidas relacionadas con el sector de energía convencional (WWF, 2009). Adicionalmente, ampliar la participación de la energía limpia también puede contribuir a la seguridad energética, al reducir los costos atribuidos a la producción de energía.



#### 3.3 Co-beneficios ambientales

Incrementar el uso de fuentes de energía limpias asegura que los recursos y ecosistemas intactos se conserven en lugar de explotarse. Esto mantiene importantes servicios ambientales, como la purificación del agua y el secuestro de CO<sub>2</sub>. Además, en comparación con las plantas de combustibles fósiles, las tecnologías de generación de energía limpia, como la fotovoltaica y la eólica, consumen poco o nada de agua durante sus operaciones (IRENA, 2015). Asimismo, se puede reducir o eliminar la liberación de gases nocivos asociados con la combustión de recursos basados en combustibles fósiles. Esto contribuye a mejorar la calidad del aire, la condición de las cuencas atmosféricas, la salud pública, y a reducir la formación de lluvia ácida y evitar sus impactos.

## 4 ANÁLISIS DE LOS CO-BENEFICIOS DE LA ENERGÍA LIMPIA SELECCIONADOS

### 4.1 Escenarios aplicados y co-beneficios seleccionados

El análisis en esta sección se enfoca en tres co-beneficios clave para aumentar la proporción de generación de energía con fuentes limpias al 43% para 2030: mejoría en la salud pública, creación de empleo y aportaciones a la seguridad energética. Cuatro escenarios son considerados:

1. Escenario de no acción (BAU)
2. Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN)
3. Contribución nacionalmente determinada (NDC)
4. Escenario más ambicioso (SD+ [REP 100])

Más información sobre las metodologías y procedimientos analíticos utilizados en cada

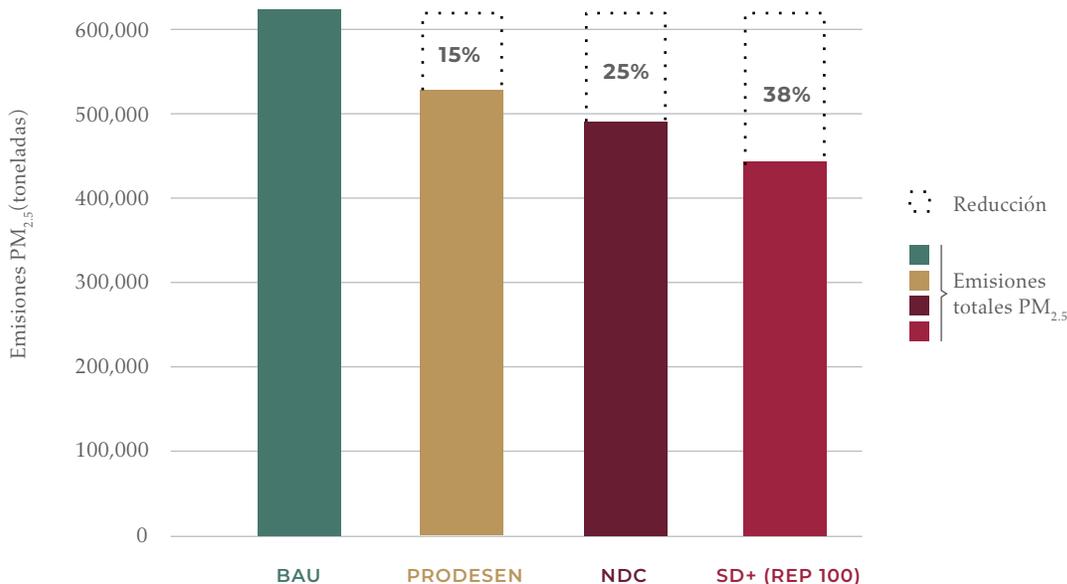
escenario y para cada co-beneficio se encuentra en el reporte completo.



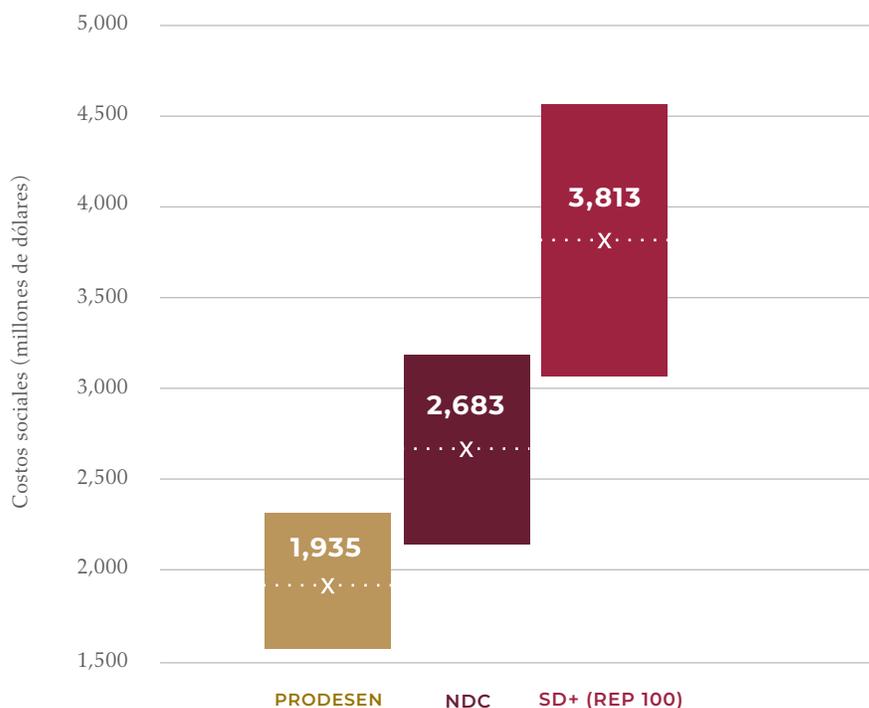
### 4.2 Mejoría en la salud pública mediante energía limpia

Como se muestra en la Figura 3, aumentar la penetración de fuentes limpias en la mezcla de energía reduce las emisiones totales de  $PM_{2.5}$ . Sin embargo, incluso en el escenario más ambicioso (SD+ [REP 100]), las emisiones de  $PM_{2.5}$  aún tendrán efectos adversos en la salud pública. La Figura 4 muestra que la implementación de la meta de la NDC resulta en aproximadamente 2.68 mil millones de dólares en costos evitados para 2030. Este valor representa aproximadamente el 41% del presupuesto de 6.54 mil millones de dólares que México asignó a la Secretaría de Salud en 2019 (Diario Oficial de la Federación, 2019). La implementación del escenario SD+ [REP 100] resultaría en costos evitados de 3.81 mil millones

**Figura 3:** Emisiones totales  $PM_{2.5}$  de la generación eléctrica entre 2019 y 2030, incluyendo la reducción en % por escenario.



**Figura 4:** Costos totales de salud y sociales evitados por la reducción en la mortalidad relacionada con  $PM_{2.5}$ , en relación con el escenario BAU (de 2019 a 2030).



de dólares, proporción aún mayor del presupuesto 2019 de la Secretaría de Salud (58%). En suma, la generación eléctrica de fuentes limpias puede generar contribuciones significativas para el cumplimiento de las metas 3.4 (reducir la mortalidad prematura por enfermedades no transmisibles y promover la salud mental y el bienestar) y 3.9 (reducir el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo) del ODS 3 (Salud y bienestar) (ONU, s.f.).

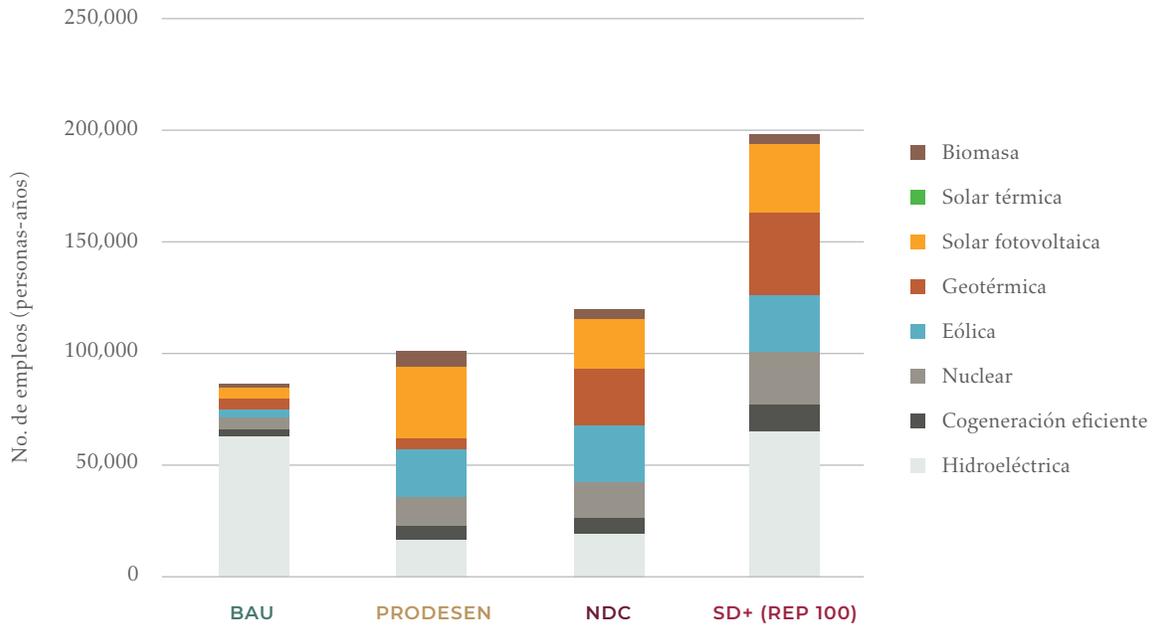


#### 4.3 Creación de empleo a través de energía limpia

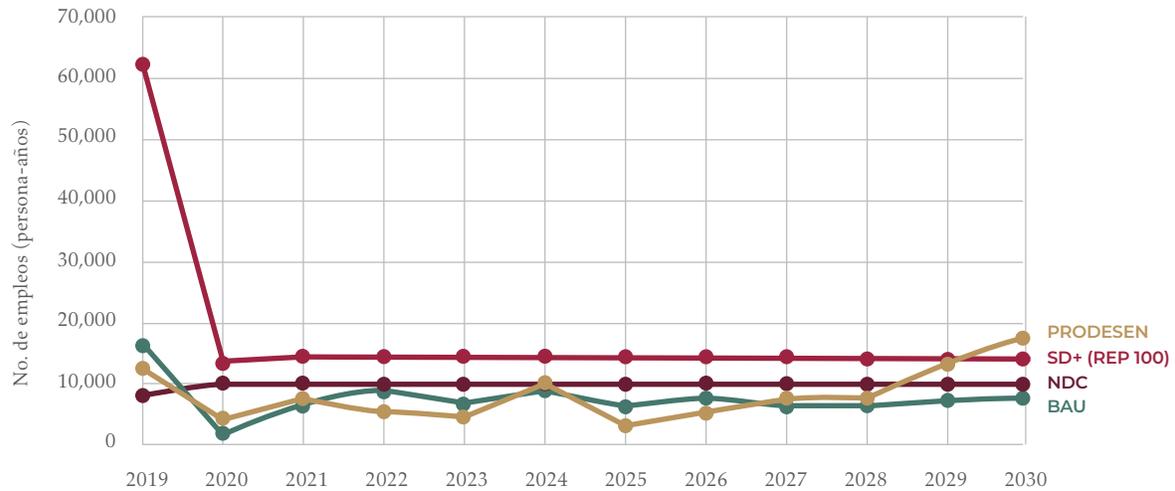
Las Figuras 5 y 6 muestran que la expansión de la generación de energía con fuentes limpias tendrá un impacto positivo en el empleo en todos los escenarios. El empleo por año varía según la

capacidad instalada por tecnología. Bajo el escenario PRODESEN se generarían 100,684 empleos (aumento del 16%), 119,335 empleos en el escenario NDC (aumento del 38%) y 198,247 empleos en el escenario SD+ [REP 100] (aumento del 129%). Estos resultados respaldan la afirmación de que la creación de empleo en el sector de energía limpia es suficientemente intensiva en mano de obra como para compensar las pérdidas de empleo en el sector de los combustibles fósiles. En suma, el sector de energía limpia puede contribuir directamente a las metas 8.3 (promover políticas que apoyen las actividades productivas, la creación de empleo, y la formalización y el crecimiento de las microempresas y las pequeñas y medianas empresas) y 8.5 (lograr el empleo pleno y productivo y el trabajo decente, así como la igualdad de remuneración por trabajo de igual valor) del ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico) (ONU, s.f.).

**Figura 5:** Creación de empleo total por año de fuentes limpias entre 2019 y 2030.



**Figura 6:** Creación de empleo de fuentes limpias por año, de 2019 a 2030.



#### 4.4 Aportaciones a la seguridad energética

El gas natural es el combustible más utilizado en el sector energético en México. El combustóleo y el carbón son los segundos más empleados, seguidos por el diésel y, por último, el biogás. Los ahorros generados en el escenario NDC en el 2030 contri-

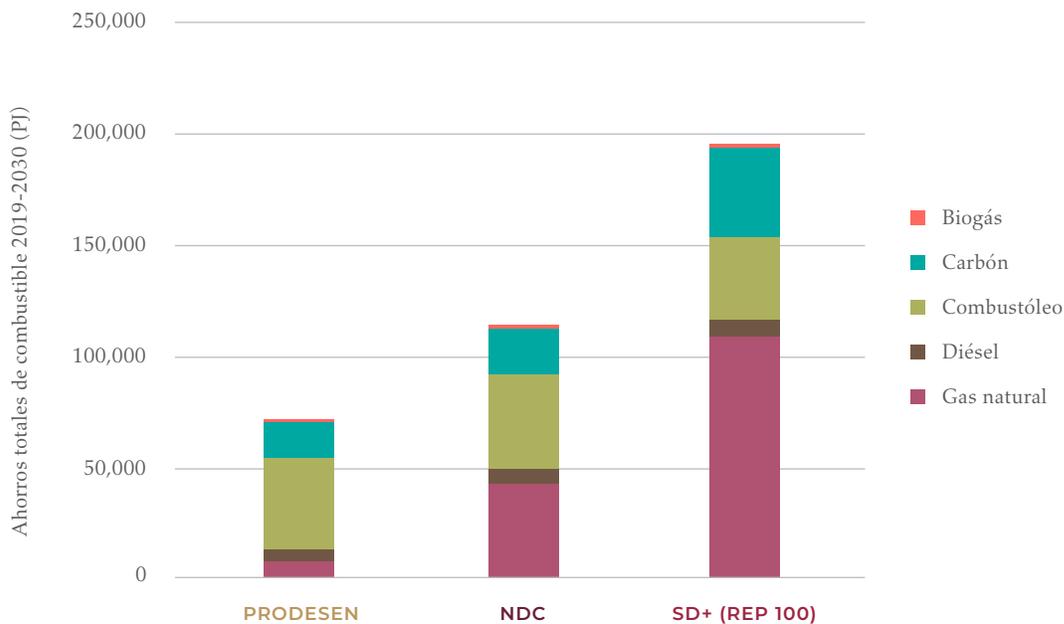
buyen de manera significativa a la seguridad energética. Dichos ahorros representan el 60% de las importaciones de gas natural, el 8% de las importaciones de diésel, y más de cinco veces las importaciones de combustible en comparación con las importaciones totales de combustible en México en 2018 (PEMEX, 2019b). En términos financieros, el ahorro de gas natural tan solo en 2030 represen-

ta un valor de 1.2 mil millones de dólares en el escenario NDC, aumentando a más de 2.5 mil millones en el escenario SD+ (según los precios de importación de 2018) (PEMEX, 2019a). Adicionalmente, se prevé que los precios de las tecnologías de generación renovable disminuyan (Kost et al., 2018), lo que los hace aún más competitivos. Por ello, asegurar el futuro del suministro de energía en México puede contribuir al logro de la meta 7.1 (acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos) del ODS 7 (Energía asequible y no contaminante) (ONU, s.f.).

Sin embargo, para aprovechar todo el potencial de los co-beneficios asociados con la generación de energía limpia, se deben implementar diversas

acciones complementarias. Estas incluyen ampliar las redes que permitan evitar cuellos de botella en la transmisión de energía, utilizar todo el potencial de la energía renovable del país y desarrollar soluciones de almacenamiento de energía. La construcción de un sistema de energía renovable confiable, seguro y asequible será una base sólida para el crecimiento económico e implicará justicia intergeneracional al preservar los recursos limitados para las generaciones futuras. Adicionalmente, los hábitos de uso de energía deben ser reforzados hacia unos más económicos, ya que el cambio de generación de energía renovable por sí sola será insuficiente para cumplir con el objetivo de mitigación de emisiones de la NDC de México.

**Figura 7:** Ahorros totales de combustible en la generación eléctrica 2019-2030 (PJ).



Aumentar la penetración de fuentes limpias en la mezcla de energía reduce las emisiones totales de  $PM_{2.5}$ .



# 2



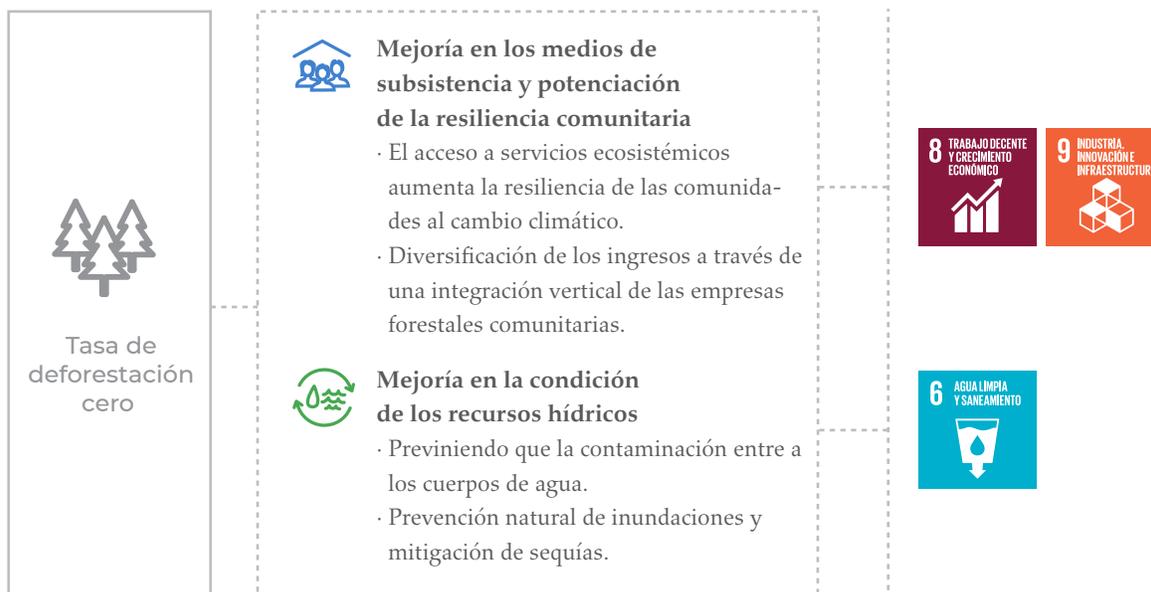
## PROTEGIENDO LOS BOSQUES DE MÉXICO PARA IMPULSAR EL DESARROLLO NACIONAL

### PRINCIPALES RESULTADOS

- Reducir la tasa actual de deforestación del 0.2% a cero neto para el año 2030 protegerá los medios de subsistencia, fortalecerá la resiliencia de las comunidades y mantendrá el acceso a los servicios ecosistémicos de las 64 millones de hectáreas en México. Además, creará nuevas oportunidades de empleo, diversificará los ingresos y será un importante impulsor de la protección de los recursos hídricos.
- Detener la deforestación contribuirá directamente al **ODS 8** (Trabajo decente y crecimiento económico), así como al **ODS 9** (Industria, innovación e infraestructura). Preservar los bosques:
  - » Aumenta significativamente la resiliencia al cambio climático.
  - » Permite a las comunidades que viven dentro y fuera de los bosques implementar prácticas comerciales basadas en los recursos forestales, como el ecoturismo o la silvicultura comunitaria sostenible. Las comunidades también pueden aprovechar los servicios ecosistémicos, como los alimentos, los materiales de construcción y los refugios.
- Proteger los bosques también contribuye al cumplimiento del **ODS 6** (Agua limpia y saneamiento):
  - » Reduce el nivel de contaminación de los ya amenazados recursos hídricos de México: El 20% de los acuíferos y el 30% de las aguas superficiales estaban significativamente contaminados en México en 2016.
  - » Contribuye a la prevención de inundaciones y mitigación de la sequía.



**Figura 8:** Resumen de resultados y su vínculo con los ODS para la medida de la NDC de tasa de deforestación cero.



## 1 ANTECEDENTES: DEFORESTACIÓN EN MÉXICO

Más allá de su relevancia socioeconómica, y de albergar algunos de los ecosistemas más biodiversos del mundo, los bosques funcionan como sumideros de carbono (Pompa-García y Sigala Rodríguez, 2017) y proporcionan un amplio espectro de servicios ecosistémicos (Klooster y Masera, 2000). En suma, los bosques proporcionan medios de subsistencia y albergan el patrimonio cultural de aproximadamente 12 millones de personas en todo el país, muchas de las cuales forman parte de comunidades indígenas (Toledo et al., 2003; Klooster y Masera, 2000).

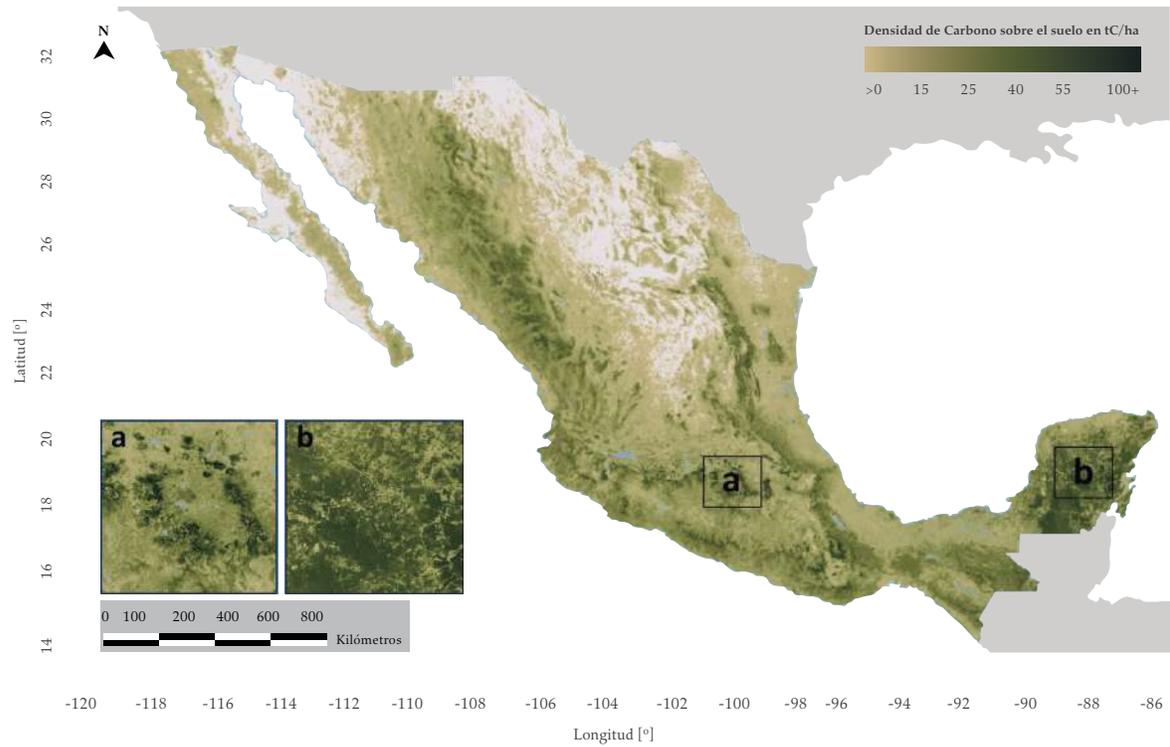
Los bosques cubren el 34.5% del total del territorio de México, lo que se traduce en 64 millones de hectáreas (ha), incluyendo 34 millones de ha de bosques templados y 31.6 millones de ha de bosques tropicales (CONAFOR, 2017).

Sin embargo, la deforestación amenaza los bosques mexicanos. Entre 1990 y 2015, se perdieron aproximadamente 3.72 millones de ha de cobertura

forestal total, lo que corresponde a casi el 5.3% de la superficie forestal nacional (FAO, 2015). A pesar de que la tasa de deforestación ha disminuido en las últimas décadas, sigue ascendiendo a una tasa anual del 0.2%. De continuar con esta tendencia, el 70% del bosque de niebla, rico en biodiversidad, se perderá para el 2080 (Rodríguez-Romero et al., 2018). Detener la deforestación y promover la reforestación intensiva es indispensable para mitigar y adaptarse al cambio climático, ya que proporcionan casi el 37% de la mitigación total necesaria para alcanzar los objetivos del Acuerdo de París (Climate and Land use Alliance, 2019).

Diversas investigaciones sugieren que los bosques mundiales almacenan más de tres mil millones de toneladas de dióxido de carbono ( $tCO_2$ ) y contribuyen con aproximadamente el 28% del secuestro mundial de carbono (Climate and Land use Alliance, 2019). Si las reservas forestales de carbono fueran liberadas a la atmósfera a través de la deforestación, estas emisiones superarían el presupuesto total de carbono estimado para el siglo XXI.

**Figura 9:** Áreas forestales de México mapeadas por la densidad de carbono sobre el suelo (Cartus et al., 2014).



**Figura 10:** Gama completa de co-beneficios inducidos por la medida NDC de tasa cero de deforestación (SD Strategies, basado en el análisis de la Oficina de la Presidencia et al., 2018). Los co-beneficios seleccionados para el análisis están resaltados.



## 2 DEFORESTACIÓN NETA CERO COMO MOTOR DEL DESARROLLO EN MÉXICO

De todos los sectores de las NDC en México, el uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS) es uno de los más importantes a priorizar, ya que sus beneficios sociales y ambientales se extienden mucho más allá de la acción climática (Oficina de la Presidencia et al., 2018).

### 2.1 Co-beneficios sociales

Un ecosistema forestal saludable permite mejorar los medios de subsistencia y diversificar los ingresos, lo que a su vez reduce la vulnerabilidad ante impactos externos (Adger, 2006; Bray, Antinori y Torres-Rojo, 2006). Además, los bosques contribuyen a la seguridad alimentaria y a la diversidad dietética de las comunidades forestales (Wildburger y Mansourian, 2015); benefician a la salud pública debido a que mejorar la calidad del agua puede reducir la prevalencia de enfermedades diarreicas (Mokondoko et al., 2016). Finalmente, la preservación de los bosques no sólo fortalece el capital socioeconómico, sino también la cohesión social y la gobernanza, a través de los sistemas de

gobernanza forestal comunitaria que gestionan los bosques en todo México.

### 2.2 Co-beneficios económicos

Los bosques intactos permiten a las comunidades locales aprovechar las múltiples empresas forestales comunitarias (EFC) que operan en todo el país. Las estimaciones sugieren que cientos de estas empresas proporcionan con éxito ingresos a las comunidades forestales (Antinori y Bray, 2005), ofreciendo oportunidades de empleo y de creación de otras empresas. Mientras que muchas EFC se limitan actualmente a los mercados locales, existe el potencial de integrar a estas empresas en la cadena global de valor (Antinori y Bray, 2005; Cronkleton et al., 2011), lo que tendría repercusiones positivas en términos de adopción de nuevas tecnologías y aumento de la productividad (Page, 2012).

### 2.3 Co-beneficios ambientales

Además de los beneficios de secuestrar carbono, la conservación de los bosques mejorará naturalmente la biodiversidad de los ecosistemas, ya que el hábitat de las especies y la vegetación tendrían oportunidad de prosperar (FAO, 2018). Además, el

sistema de raíces de los bosques proporciona a las laderas una infraestructura natural que mantiene el suelo en su lugar, previniendo la erosión y ayudando a mantener una alta calidad de suelo al absorber el agua y transpirarla a la atmósfera, lo que regula eficazmente el contenido de humedad del suelo y evita que se inunde de manera excesiva (Bathurst et al., 2007). Los bosques también mejoran la calidad de los recursos hídricos y de las cuencas atmosféricas (Fletcher y Gartner, 2017).

### 3 ANÁLISIS DE LOS CO-BENEFICIOS SELECCIONADOS DE LA DEFORESTACIÓN NETA CERO

#### 3.1 Escenarios aplicados y co-beneficios seleccionados

El análisis en esta sección se centra en los siguientes co-beneficios: mejoría de los medios de subsistencia y potenciación de la resiliencia, y mejoría en la condición de los recursos hídricos. Cada co-beneficio es analizado a través de la aplicación de tres escenarios:

1. Escenario de no acción (BAU)
2. Contribución nacionalmente determinada (NDC)
3. Escenario más ambicioso (SD+ [REP 100])

Más información sobre las metodologías y procedimientos analíticos utilizados en cada escenario y para cada co-beneficio se encuentra en el reporte completo.



#### 3.2 Mejoría de los medios de subsistencia y potenciación de la resiliencia mediante la protección de los bosques

Los ecosistemas forestales están íntimamente relacionados con la prosperidad de las personas que viven en ellos y en sus alrededores. Debido al acceso inconsistente a los servicios públicos y al mercado laboral privado, muchas comunidades dependen de la capacidad de los bosques para proporcionar

servicios económicos, naturales y culturales (Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, 2015). En ese sentido, México ha identificado que la mayoría de los municipios más vulnerables del país se encuentran en áreas forestales (Gobierno de la República de los Estados Unidos Mexicanos, 2016).

Bajo el escenario BAU, todos los tipos de bosques sufrirán una continua deforestación, siendo el de los bosques perennes uno de los más amenazados para el año 2050 (Mendoza-Ponce et al., 2018). La tasa actual de deforestación puede afectar negativamente los ingresos locales y el acceso a los recursos, como la producción de madera, los productos forestales no maderables (PFNM), los ingresos del turismo, los pagos por servicios ambientales (PSA) y el manejo del agua (Klooster y Masera, 2000). Además, en este escenario se degradarán los puntos críticos de biodiversidad, y se contribuirá a la erosión del suelo y a los cambios hidrológicos en cuencas críticas (Klooster y Masera, 2000). En general, el deterioro de los recursos locales aumentará la pobreza, impulsará la migración urbana y disminuirá la seguridad alimentaria (Mendoza-Ponce et al., 2018). Bajo el escenario NDC, los bosques serán uno de los mayores activos de México para combatir el cambio climático y asegurar la vitalidad de la tierra. Al utilizar los recursos forestales de manera sostenible, las comunidades pueden diversificar sus ingresos y reducir su vulnerabilidad socioeconómica. Asimismo, los alimentos forestales pueden ser especialmente eficaces para mitigar la escasez estacional de alimentos, como complemento en caso de malas cosechas o de fluctuación de los precios de los productos básicos agrícolas (Bhaskar et al., 2015). Otra oportunidad es maximizar el potencial del manejo forestal comunitario (MFC) de México y sus EFC asociadas que gobiernan más del 60% de los recursos forestales de México (Hodgdon et al., 2013). El MFC ha demostrado ser eficaz para frenar la deforestación y a menudo incluye métodos tradicionales menos inclinados a agotar los recursos ambientales (Toledo et al., 2003). Ejemplos de diversificación económica observados en las

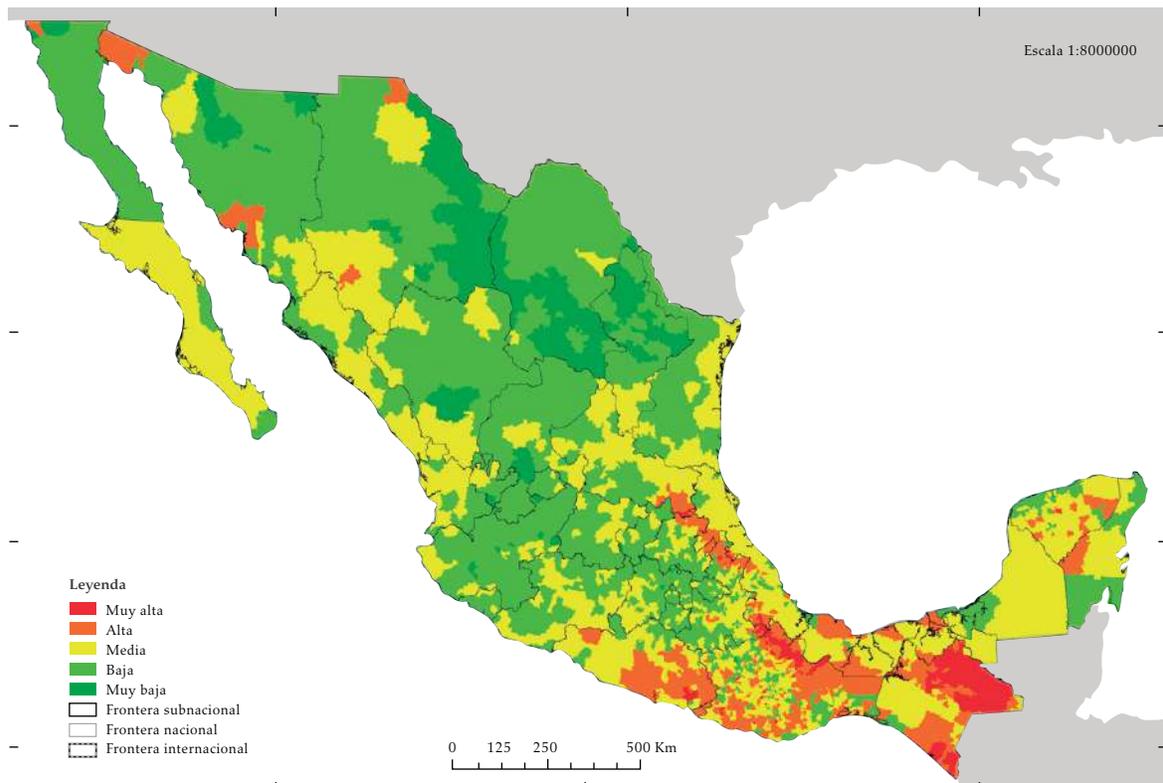
comunidades forestales son la producción de muebles certificados, el ecoturismo, el transporte, los servicios hidrológicos y el embotellamiento de agua (Klooster y Masera, 2000; Cronkleton et al., 2011).

En un escenario de reforestación y forestación positiva (SD+), los beneficios de desarrollo discutidos en el escenario compatible con la NDC pueden ser escalados. Sin embargo, debido a que la eficiencia de reforestación y forestación en las tierras forestales varía de una región a otra, es importante planificar estratégicamente los esfuerzos para obtener el máximo beneficio. Otro aspecto importante para tomar en cuenta es el tiempo de recuperación de los bosques; por ejemplo, se ha comprobado que los ecosistemas de manglares se recuperan notablemente rápido, generando un alto impacto con costos relativamente bajos.

En suma, la mejoría de los medios de subsistencia y potenciación de la resiliencia contribuye

directamente al logro del ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico). Por ejemplo, el fortalecimiento de las EFC y su integración en las cadenas globales de valor apoya a la meta 8.2 (lograr niveles más elevados de productividad económica mediante la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación) (ONU, s.f.). Si la silvicultura sostenible basada en la comunidad se realiza plenamente, tiene el potencial de disociar el desarrollo comunitario de la degradación ambiental, contribuyendo así a alcanzar la meta 8.4 (mejorar la producción y el consumo eficientes y procurar desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente) (ONU, s.f.). El desarrollo de las EFC beneficia al ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), en particular a la meta 9.3 (aumentar el acceso de las pequeñas industrias a los servicios financieros, y su integración en las cadenas de valor y los mercados) (ONU, s.f.).

**Figura 11:** Grado de vulnerabilidad al cambio climático en los municipios de México (Gobierno de la República de los Estados Unidos Mexicanos, 2015).



### Caja 1: La importancia y el valor de los manglares.

#### ESTUDIO DE CASO: MANGLARES EN MÉXICO

Los manglares representan menos del 1% del total de los bosques de México. Sin embargo, su contribución a la mitigación del cambio climático, la adaptación y el bienestar de las comunidades locales es considerable. Pueden secuestrar de tres a cuatro veces más CO<sub>2</sub> por ha que la mayoría de los ecosistemas terrestres, almacenando hasta 1,000 Mg c ha<sup>-1</sup> en comparación con 200 y 300 Mg c ha<sup>-1</sup> para los bosques tropicales y templados, respectivamente. Así, los manglares de México pueden capturar 0.78 Gt de CO<sub>2</sub> de la atmósfera anualmente, lo que hace que la capacidad de almacenamiento de carbono sea muy alta. Por el contrario, la deforestación de los manglares libera grandes cantidades de CO<sub>2</sub>-eq. En términos de adaptación, los manglares protegen a las comunidades costeras de las tormentas tropicales al proporcionar barreras naturales contra las mareas (Zhang et al., 2012). Incluso 40-50 cm/km de bosque pueden reducir el impacto de las tormentas marítimas (McIvor et al., 2012).

Más allá del secuestro de carbono y la reducción del riesgo de desastres (RRD), los manglares proporcionan un valor de uso directo, incluido el suministro de leña, madera, pesca y otros recursos, así como un valor de uso indirecto, como la protección contra la erosión, la conservación de la biodiversidad endémica y el valor cultural (Rizal et al., 2018).

El valor de uso directo de los manglares en México para el periodo entre 2019 y 2030 se estima en 0.09 - 7.8 mil millones de dólares. El valor indirecto se estima entre 2.9 y 111 mil millones de dólares. Sin embargo, los manglares han sido deforestados a tasas altas, con una pérdida estimada de más de 80,850 ha, lo que representa alrededor del 10% del total de los bosques de manglar desde 1970 (Osland et al., 2018). Lo anterior puede atribuirse al cambio de uso de la tierra a través de la agricultura, la cría de camarones, el desarrollo costero y la sobreexplotación de la pesca y la madera.



### 3.3 Contribución de los bosques a la mejoría en la condición de los recursos hídricos

México cuenta con 37 regiones hidrológicas en las que existen 757 fuentes de agua, de las cuales 649 están disponibles para su uso. Cuenta con aproximadamente 451.585 hectómetros cúbicos (hm<sup>3</sup>) de agua renovable, lo que se traduce en 3.656 m<sup>3</sup> de recursos hídricos renovables per cápita por año (CONAGUA, 2018b). A pesar de ello, el 77% de la población tiene acceso a sólo el 33% de los recursos hídricos renovables nacionales (CONAGUA, 2018b).

Bajo el escenario BAU, la deforestación conllevará que la cantidad de bosques cercanos a los recursos hídricos sea menor. El cambio climático, la degradación del medio ambiente y el fenómeno

de El Niño<sup>3</sup> ya ejercen presión sobre el agua, lo que se ve exacerbado por el desequilibrio entre la oferta y la demanda (CONAGUA, 2018b). Asimismo, en 2016 se estimó que el 20% de los acuíferos y el 30% de las aguas superficiales en México estaban significativamente contaminados (Madrigal et al., 2018). Adicionalmente, cerca del 16.6% del territorio mexicano (32.5 millones de ha) está severamente erosionado (Klooster y Masera, 2000). Por otra parte, la pérdida de depósitos de suelo en presas, ríos, lagos y humedales costeros ya tiene repercusiones en la navegación, la producción de energía, la pesca y el control de los alimentos (Klooster y Masera, 2000).

<sup>3</sup> El Niño es un fenómeno meteorológico no cíclico que provoca anomalías en el patrón meteorológico normal. Puede causar tormentas severas y sequías fuertes cada cinco a diez años.

La implementación exitosa de la tasa cero de deforestación (escenario NDC) puede mejorar la condición de los recursos hídricos en México. Considerando que los bosques de las zonas ribereñas minimizan la cantidad de sedimentos, contaminantes y productos químicos que entran en la corriente de agua, la cubierta forestal resultará un componente esencial en el ecosistema para asegurar la salud de los recursos hídricos (Dittrich et al., 2018).

Las contribuciones antes mencionadas y la mejora de la calidad de los recursos hídricos pueden ser implementadas a mayor escala (escenario SD+). En un escenario de expansión de la cubierta forestal, las zonas ribereñas deben ser priorizadas debido al doble impacto sobre la calidad del agua y el secuestro de carbono.

En conclusión, la tasa cero de deforestación coadyuvará al logro del ODS 8 (Trabajo decente y cre-

cimiento económico), particularmente a las metas 8.2 (lograr niveles más elevados de productividad económica mediante la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación) y 8.4 (mejorar la producción y el consumo eficientes y procurar desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente). También contribuye al ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), especialmente a la meta 9.3 (aumentar el acceso de las pequeñas industrias y otras empresas a los servicios financieros, y su integración en las cadenas de valor y los mercados) (ONU, s.f.). Esta medida también abona al logro del ODS 6 (Agua limpia y saneamiento), en particular a la meta 6.6 (proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua) al mejorar las condiciones de los recursos hídricos y al asegurar la salud de las personas y los ecosistemas (ONU, s.f.).



El deterioro de los recursos locales  
aumentará la pobreza, impulsará la  
migración urbana y disminuirá  
la seguridad alimentaria.





# 3



## TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL PROGRESO DE MÉXICO

### PRINCIPALES RESULTADOS

- Lograr la meta de la NDC de tratar todas las aguas residuales en ciudades de más de 500,000 habitantes, mejorará de manera significativa la resiliencia climática de México al reducir las extracciones de agua para atender necesidades de agua no potable.
- Aumentar la cobertura de tratamiento de aguas residuales y su reutilización mediante un proceso adecuado mejora la calidad de los recursos hídricos, contribuye a la salud pública y de los ecosistemas, y mejora la seguridad energética.
- Cumplir con la meta de la NDC y reutilizar el 80% de las aguas residuales tratadas dará como resultado que 4.6 millones de m<sup>3</sup> de aguas residuales estén disponibles para las necesidades de agua no potable; o 7.5 mil millones de m<sup>3</sup> bajo el escenario más ambicioso (SD+).
- Tratar las aguas residuales y prevenir su derrame en los cuerpos de agua también beneficiará a la salud pública y de los ecosistemas, contribuyendo al cumplimiento del **ODS 3** (Salud y bienestar):
  - » Se evitará que 1.34 millones de toneladas de contaminantes orgánicos sean arrojados a las aguas superficiales y al suelo bajo la NDC actual.
  - » Se evitará la liberación de 2.24 millones de toneladas bajo el escenario más ambicioso (SD+)
- Las aguas residuales procesadas pueden ser una fuente de energía renovable, contribuyendo así al **ODS 7** (Energía asequible y no contaminante); ya que ésta podría generar suficiente energía a base de biogás para cubrir las necesidades de al menos 50,000 hogares mexicanos.



**Figura 12:** Resumen de resultados y su vínculo con los ODS para la medida de la NDC de tratamiento de aguas residuales.



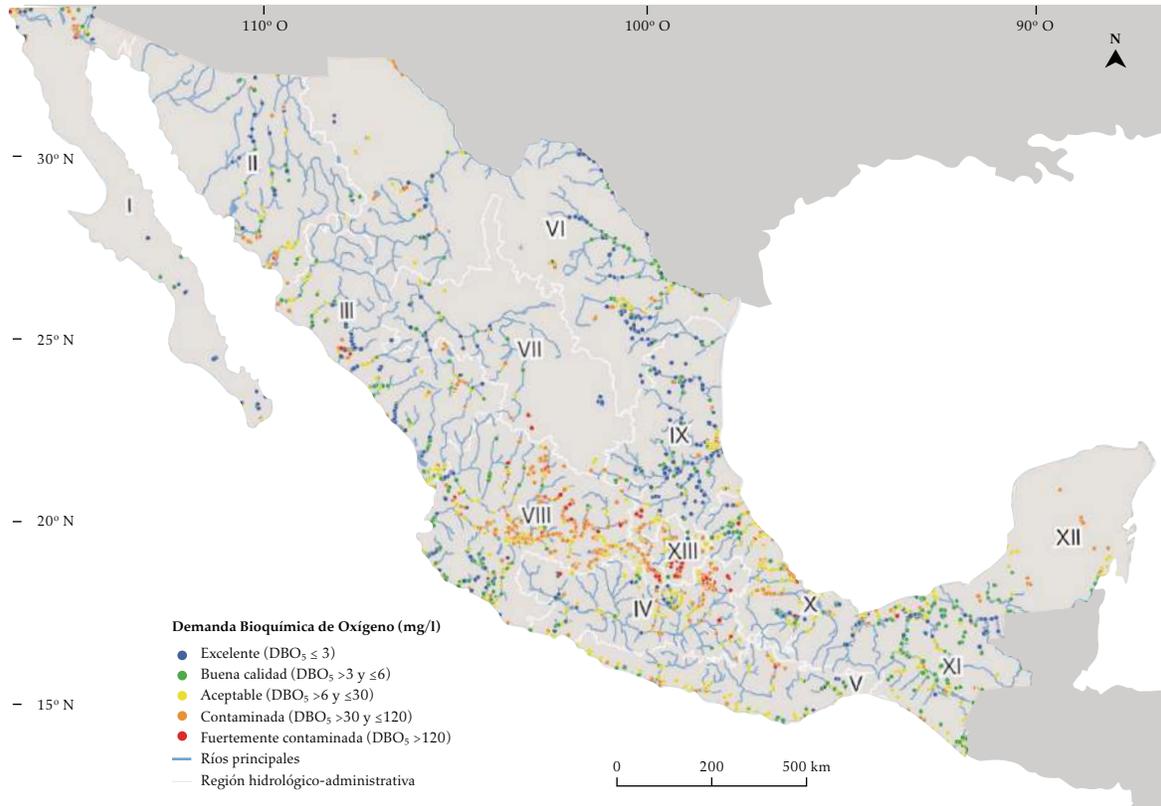
## 1 ANTECEDENTES: ESTATUS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN MÉXICO

A pesar de que México ha progresado en el suministro de agua potable y saneamiento en las últimas tres décadas, el tratamiento de aguas residuales ha sido más lento. En materia de agua, saneamiento y alcantarillado, México superó en 2017 los promedios latinoamericanos y globales, con el 95.3% de la población con acceso a agua potable y el 92.8% con acceso a saneamiento y alcantarillado. Sin embargo, el país cae por debajo del promedio mundial (68%) respecto al tratamiento de aguas residuales, tratando sólo el 63% de las aguas residuales generadas en 2017, mediante sus 2,526 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) (CONAGUA, 2018b). El 92.8% de las aguas residuales son drenadas, pero no siempre son desechadas mediante el sistema de alcantarillado público, ya que pueden descargarse

sin ningún tratamiento en arroyos, lagos, ríos o el océano (IMTA, SEMARNAT & GIZ, no publicado<sup>4</sup>). La [Figura 13](#) ilustra que la baja calidad del agua se concentra en las áreas más pobladas del país (CONAGUA, 2018a). Hay 42 localidades con 500,000 o más habitantes y se proyecta que 12 adicionales superen esta marca para el 2030 (IMTA, SEMARNAT & GIZ, no publicado). De estas 42 localidades, solo cuatro tienen PTAR funcionando en su capacidad total. Esta brecha en el tratamiento de aguas residuales se debe a tres razones principales: (1) capacidad instalada insuficiente; (2) la capacidad instalada no es operativa debido a la extensión limitada de redes de alcantarillado; y (3) tratamiento insuficiente de aguas residuales. Cerrar esta brecha, cerrar esta brecha para 2030 requerirá inversiones de alrededor de 8.8 mil millones de dólares (De la Peña et al., 2013).

<sup>4</sup> El estudio, comisionado por la GIZ y la SEMARNAT, y elaborado por IMTA en 2018, no está publicado, pero fue compartido con los autores del presente estudio.

**Figura 13:** Calidad del agua en México (CONAGUA, 2018a).



## 2 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

La NDC de México incluye compromisos para implementar las contribuciones de adaptación en tres áreas: 1) adaptación en el sector social, 2) adaptación basada en ecosistemas (AbE), y 3) adaptación de infraestructura estratégica y sistemas productivos. A pesar de que la NDC de México aborda el tratamiento de aguas residuales (área 3) como una medida de adaptación, es importante considerar cómo puede mitigar el cambio climático. Las descargas de aguas residuales no tratadas contribuyen a las emisiones de GEI y son, por tanto, un importante componente en la mitigación. Si bien, el tratamiento de aguas residuales también produce emisiones

(3.3% del total de las emisiones del país) (SEMARNAT e INECC, 2018), aquellas provenientes de las aguas residuales no tratadas son tres veces más altas (IWA, 2009).

## 3 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES COMO MOTOR DE DESARROLLO EN MÉXICO

El agua es el principal medio a través del cual el cambio climático influye en los ecosistemas (UN Water, 2010). Consecuentemente, está intrínsecamente vinculado a los medios de vida y bienestar de las personas (UN-Water, 2010). La [Figura 14](#) demuestra los vínculos entre las medidas de la NDC en materia de tratamiento de aguas residuales y los co-beneficios sociales, ambientales y económicos.

**Figura 14:** Gama completa de co-beneficios inducidos por la medida de la NDC de tratamiento de aguas residuales (SD Strategies, basado en el análisis de la Oficina de la Presidencia et al., 2018). Los co-beneficios seleccionados para el análisis están resaltados.



### 3.1 Co-beneficios sociales

La reutilización adecuada de aguas tratadas para fines apropiados, como la agricultura, puede contribuir a atender la seguridad alimentaria y aliviar la creciente demanda de agua (WWAP, 2017), al tiempo que puede evitar el uso de agua contaminada que afecta la fertilidad de la tierra y la salud de las personas (GIZ, 2014), previniendo enfermedades diarreicas y parasitarias (UNICEF y WHO, 2009).

### 3.2 Co-beneficios económicos

Existe un creciente reconocimiento de la importancia de las aguas residuales como una fuente asequible y sostenible de agua, energía, nutrientes, materias orgánicas y otros subproductos útiles (WWAP, 2017), contribuyendo así a la transición hacia patrones de consumo circulares. Otro beneficio se presenta en materia de empleos, ya que éstos se pueden generar desde la extracción del agua hasta su regreso a los ecosistemas (WWAP, 2016).

### 3.3 Co-beneficios ambientales

El tratamiento de aguas residuales está vinculado a la mejora de la calidad del agua mediante la eliminación de sustancias contaminantes, generando

co-beneficios ambientales en la provisión de ésta. El tratamiento de aguas residuales también mejora las condiciones de las cuencas atmosféricas debido a la reducción de emisiones y disminución de la descarga de cuerpos sólidos, lo que a su vez mejora la condición del suelo.

## 4 ANÁLISIS DE LOS CO-BENEFICIOS SELECCIONADOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

### 4.1 Escenarios aplicados y co-beneficios seleccionados

El análisis de este capítulo utiliza información de la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) e incluye 54 localidades proyectadas a tener más de 500,000 habitantes para el 2030. Los siguientes tres escenarios se utilizan en el análisis de los tres co-beneficios seleccionados (mejoría de los medios de subsistencia y potenciación de la resiliencia, mejoría en la condición de los recursos hídricos y aportaciones a la seguridad energética):

- Escenario de no acción (BAU)
- Contribución nacionalmente determinada (NDC)
- Escenario más ambicioso (SD+ [Escenario de la Agenda del Agua 2030])

Más información sobre las metodologías y procedimientos analíticos utilizados en cada escenario y para cada co-beneficio se encuentra en el reporte completo.



#### 4.2 Mejoría de los medios de subsistencia a través del tratamiento de aguas residuales

Los resultados presentados en la Tabla 3 demuestran que, bajo ciertos supuestos, apoyar el tratamiento de aguas residuales municipales y promover su reúso en línea con la meta de la NDC haría que 4.6 mil millones de m<sup>3</sup> de agua tratada adecuadamente estén disponibles para su utilización en actividades como la agricultura y el saneamiento. Por

ende, el uso de aguas residuales tratadas reduce la vulnerabilidad de las comunidades y de sus actividades económicas ante la escasez y las sequías. El escenario de la NDC resulta en el tratamiento del 61% de todas las aguas residuales generadas en todo el país. Sin un incremento del tratamiento de las aguas residuales en el resto del país, esto no será suficiente para alcanzar la meta 6.3 (mejorar la calidad del agua reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando el reciclado y la reutilización) (ONU, s.f.) del ODS 6, la cual es equivalente a tratar el 81% de las aguas residuales colectadas a nivel mundial para el 2030. A fin de lograr dicha meta, la capacidad de tratamiento de aguas residuales necesita incrementar para alcanzar al menos un 66% de cobertura.

**Tabla 3:** Aguas residuales generadas, recolectadas y tratadas a nivel nacional en México, para los escenarios analizados (1) (CONAGUA, 2018) y (2) (CONAVI, n.d.).

	Línea Base 2017*	2030 bajo cada escenario		
		BAU [no acción]	NDC	SD+ [Agenda del Agua 2030]
<b>Población</b> (millones)				
· País (1)	122.275	137.483	137.483	137.483
<b>Aguas residuales municipales generadas</b> (miles de millones de m <sup>3</sup> )	7.41 (2)	9.41	9.41	9.41
<b>Aguas residuales recolectadas</b>				
· Volumen (miles de millones de m <sup>3</sup> )	6.79 (2)	6.79*	7.05	9.31
· Proporción de las aguas residuales generadas	92%	72%	75%	99%*
<b>Aguas residuales recolectadas y tratadas</b>				
· Volumen (miles de millones de m <sup>3</sup> )	4.28 (2)	4.28*	5.74	9.31
· Proporción de aguas residuales recolectadas	63%	63%	80%	100%*
· Proporción de aguas residuales generadas	58%	45%	61%	99%
<b>Aguas residuales sin tratar</b>				
· Volumen (miles de millones de m <sup>3</sup> )	3.13	5.13	3.67	0.09
· Proporción de aguas residuales generadas	42%	55%	39%	1%
<b>Aguas residuales reutilizadas</b>				
· Volumen (miles de millones de m <sup>3</sup> )	1.25*	1.25*	4.59	7.45
· Proporción de aguas residuales tratadas	29%	29%	80%*	80%*
· Proporción de aguas residuales generadas	17%	13%	49%	79%

\* Supuestos

Además de contribuir al ODS 6 (Agua limpia y saneamiento), la reutilización de aguas residuales tratadas adecuadamente para fines agrícolas contribuiría al logro del ODS 2 (Hambre cero), específicamente a las metas 2.1 (poner fin al hambre y asegurar el acceso universal a una alimentación sana, nutritiva y suficiente) y 2.3 (duplicar la productividad agrícola y los ingresos de los productores de alimentos en pequeña escala) (ONU, s.f.). Asimismo, el reúso de aguas residuales para fines no potables en localidades propensas a las sequías puede contribuir al ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), particularmente a la meta 11.5 (reducir el número de muertes causadas y pérdidas económicas provocadas por los desastres) (ONU, s.f.).



#### 4.3 Contribución del tratamiento de aguas residuales a la mejoría en la condición de los recursos hídricos

La Tabla 4 ilustra que, bajo una serie de ciertos supuestos, incrementar la capacidad de tratamiento de aguas residuales para lograr la meta de la NDC evitaría la descarga de 1.34 millones de toneladas de contaminantes orgánicos en los cuerpos de agua y el suelo mexicano para 2030. Esto equivale a evitar la contaminación orgánica contenida en las descargas de aguas residuales de aproximadamente 20 millones de hogares del país en un año. Esto

tendría un efecto positivo en la calidad del agua y del suelo, lo que, a su vez, generaría beneficios a la salud humana y de los ecosistemas, así como en actividades productivas y recreativas que dependen del acceso y disponibilidad de agua limpia. El logro del escenario más ambicioso (SD+ [Agenda del Agua 2030]) podría casi duplicar los beneficios, evitando la descarga de 2.18 millones de toneladas de contaminantes orgánicos. Si no se logra aumentar la capacidad de tratamiento de aguas residuales, 1.62 millones de toneladas de contaminantes podrían ser arrojadas a ríos, arroyos, océanos y otros cuerpos de agua en 2030, un incremento de 540,000 toneladas comparado con 2017.

La prevención del derrame de contaminantes orgánicos y de otro tipo, en los cuerpos de agua y el suelo, contribuirá al logro de la meta 3.9 (reducir el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo) del ODS 3 (Salud y bienestar) (ONU, s.f.). Adicionalmente, al evitar que los contaminantes lleguen a los océanos, el tratamiento de aguas residuales ayudará a avanzar en la meta 14.1 (prevenir y reducir la contaminación marina) del ODS 14 (Vida submarina) (ONU, s.f.). Finalmente, incrementar el tratamiento de aguas residuales también contribuirá a la salud de los ecosistemas terrestres, coadyuvando en el avance hacia la consecución de la meta 15.1 (velar por la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible

**Tabla 4:** Cantidad de carga orgánica no descargada en cuerpos de agua. Cálculos propios basados en el Atlas de Agua de México 2018.

Parámetro	Línea Base 2017	Escenario		
		BAU [no acción]	NDC	SD+ [Agenda del Agua 2030]
Cantidad de carga orgánica -BOD <sub>5</sub> -generada (millones de toneladas)	2.00	2.54	2.54	2.54
Carga orgánica -BOD <sub>5</sub> -removida (millones de toneladas)	0.92	0.92*	1.34	2.18
Carga orgánica -BOD <sub>5</sub> -no removida				
· Cantidad (millones de toneladas)	1.08	1.62	1.20	0.36
· Diferencia respecto a la línea base (millones de toneladas)	-	0.54	0.12	-0.72

de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas de agua dulce) del ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres) (ONU, s.f.).



#### **4.4 Aportaciones a la seguridad energética mediante el tratamiento de aguas residuales**

Las PTAR que ya están equipadas con instalaciones adecuadas, podrían robustecerse a fin de participar en la producción de biogás. Las 27 plantas identificadas por el Programa de Aprovechamiento Energético de Residuos Urbanos (EnRes) de la GIZ (GIZ et al., 2017) tienen el potencial de producir 146.5 millones de m<sup>3</sup> de biogás y generar 304 GWh de

energía al año. Con relación a la medida de la NDC, es importante considerar que 16 de estas plantas se ubican en localidades con más de 500,000 habitantes. Juntas podrían producir 48 millones de m<sup>3</sup> de biogás y generar 100 GWh anualmente, esto equivale a proveer de energía a aproximadamente 50,000 hogares mexicanos durante un año.

La energía limpia del biogás a base de aguas residuales tiene un gran potencial de reducir el uso de fuentes de energía convencionales, haciendo una contribución sustantiva a la reducción de las emisiones de GEI. También coadyuvaría en la consecución de la meta 7.1 (acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos) del ODS 7 (Energía asequible y no contaminante) (ONU, s.f.).

El tratamiento de aguas residuales genera emisiones, sin embargo, aquellas provenientes de las aguas residuales no tratadas son tres veces más altas.



# 4



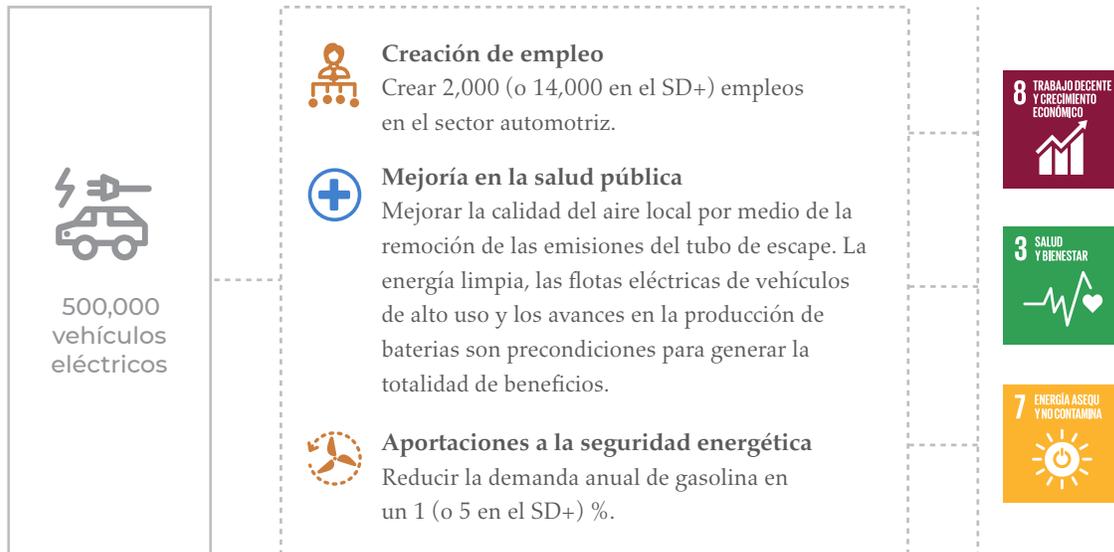
## IMPULSO A LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS PARA PROMOVER EL BIENESTAR EN MÉXICO

### PRINCIPALES RESULTADOS

- Los vehículos eléctricos pueden reducir la contaminación del aire y, a su vez, disminuir enfermedades y muertes asociadas a ella en las áreas urbanas. Para maximizar este potencial, debe ocurrir un cambio considerable hacia la producción de ER.
- Los vehículos eléctricos no son una panacea para todas las deficiencias del sistema de transporte de México, y tienen un impacto limitado. Así que resulta indispensable mejorar la capacidad y calidad del transporte público, además del transporte de mercancías, el ferroviario y el aéreo. Los incentivos para un cambio modal de los vehículos privados al transporte público, así como su electrificación, podrían disminuir radicalmente las emisiones urbanas de PM y los impactos a la salud asociadas a ellas.
- El aumento de las ventas de vehículos eléctricos a 500,000 para 2030 podría reducir la demanda anual de gasolina para vehículos con motor de combustión interna (VMCIs) en un 1%, incrementando significativamente la seguridad energética y contribuyendo al **ODS 7** (Energía asequible y no contaminante). Se podría ahorrar hasta un 5% de gasolina en el escenario más ambicioso (SD+), que anticipa poco menos de 3.7 millones de vehículos eléctricos vendidos.
- La producción de vehículos eléctricos y su infraestructura asociada representa una oportunidad para generar empleos adicionales en México, contribuyendo al **ODS 8** (Trabajo decente y crecimiento económico). Su implementación podría crear:
  - » Al menos 2,000 empleos en México en el escenario compatible con la NDC.
  - » Más de 14,000 empleos en el escenario más ambicioso SD+.
  - » Esto sería a pesar del declive en la fuerza laboral de la industria automotriz como resultado de una transición al abandono de VMCIs, los cuales demandan más trabajo que los vehículos eléctricos.



**Figura 15:** Resumen de resultados y su vínculo con los ODS para la medida de la NDC de vehículos eléctricos.



La meta de 500,000 ventas de vehículos eléctricos en México para 2030 se adoptó de la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (SEMARNAT, 2018). No existen medidas específicas para los vehículos eléctricos (VE) incluidas en el compromiso de la NDC de México, por lo que la electrificación de los medios de transporte representa una oportunidad para incrementar la ambición en la revisión de la NDC de México. Esta medida fue seleccionada no porque sea el área con el mayor potencial de reducción de emisiones de GEI en México, sino por su prominencia en el discurso internacional acerca del futuro del sector de transporte privado.

## 1 ANTECEDENTES: VEHÍCULOS ELÉCTRICOS Y TRANSPORTE EN MÉXICO

Los automóviles son uno de los principales medios de transporte en México. En 2017, había aproximadamente 45.5 millones de vehículos registrados en circulación (INEGI, 2019). Para el 2030, se estiman 69 millones. El crecimiento acelerado del número de automóviles en México ha llevado a fuertes aumentos en la contaminación del aire en las ciudades más grandes del país. De manera pa-

ralela, el número y la proporción de VE en el país también va en aumento. Entre principios de 2016 y junio de 2018, 590 vehículos eléctricos de batería (BEV), 2,419 vehículos híbridos eléctricos enchufables (PHEV) y 23,892 vehículos híbridos convencionales fueron registrados (UN Environment, 2018). Del total de ventas de vehículos en 2017, los vehículos híbridos constituyeron el 0.68% (10,512 vehículos) y los BEV representaron el 0.02% (257 vehículos) (Mexico Business Publications S.A., 2018).

### 1.1 Infraestructura de carga

La infraestructura de carga eléctrica mexicana se destaca a nivel regional. En el 2018, México tenía más estaciones públicas de carga que cualquier otro país en América Latina (SEMARNAT, 2018). A través del Fondo para la Transición Energética, la Secretaría de Energía (SENER), Petróleos Mexicanos (PEMEX) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE) llevan a cabo un programa para desplegar estaciones de carga públicas y gratuitas, que sean compatibles con todos los vehículos eléctricos en el mercado. Además, en cooperación con la industria

automotriz y el Gobierno de la Ciudad de México, la CFE construirá la primera red de estaciones de carga que conectará ciudades a través de 10 estados (CFE, 2017; SEMARNAT, 2018), la cual será el corredor más grande en la región (UN Environment, 2018).

## 1.2 Panorama político

La Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica, Visión 2030 (SEMARNAT, 2018) es el principal documento que aborda la transición hacia la electromovilidad en México. Las metas específicas son que los VE representen el 5% de las ventas de vehículos nuevos para 2030, el 50% para 2040 y el 100% para 2050, incluyendo a los vehículos ligeros y pesados (SEMARNAT, 2018).

Adicionalmente, los mecanismos que componen el sistema federal de incentivos para la electromovilidad son la exención del impuesto sobre automóviles nuevos (ISAN), deducciones crecientes del impuesto sobre la renta (ISR) para vehículos eléctricos e híbridos (así como los motores de hidrógeno), y créditos fiscales para invertir en la colocación de estaciones públicas de carga. Adicionalmente, la CFE proporciona medidores domiciliarios para diferenciar el consumo de energía de los hogares del consumo de energía para la carga de vehículos eléctricos, el cual tiene una tarifa menor. Algunos estados exentan a los vehículos eléctricos del impuesto sobre tenencia o uso de vehículos (ISTUV), de las verificaciones bianuales de emisiones de los automóviles y de las restricciones a la circulación (SEMARNAT, 2018).

## 1.3 Industria automotriz

El sector transporte es un pilar clave de la economía mexicana. Las exportaciones de este sector constituyeron 100 mil millones de dólares en 2016, el 25% de las exportaciones totales del país en ese año. México es el sexto mayor productor de vehículos ligeros (3.9 millones de vehículos en 2018) (AMIA, 2018), y el tercer mayor exportador de vehículos ligeros a nivel global (Mexi-

co Business Publications S.A., 2018). Asimismo, hay más de 875,000 personas empleadas en la industria automotriz en el país (Franco & Morán, 2016), de las cuales 793,456 fueron empleadas en el subsector de autopartes y 81,927 en el subsector de manufactura en 2015. La meta de VE ofrece la posibilidad de que México se posicione como líder en la producción y manufactura de vehículos eléctricos.

## 2 VEHÍCULOS ELÉCTRICOS PARA LA MITIGACIÓN DE EMISIONES

A nivel global, el sector transporte representa el 25% de las emisiones de GEI (IEA, 2019) y el transporte por carretera constituye el 74%. Hacia 2030, se prevé que las emisiones del sector transporte tendrán el crecimiento más alto, con un incremento estimado de un 20% entre 2015 y 2030 (UNFCCC, 2015).

En México, el sector del transporte es la mayor fuente de emisiones, constituyendo el 25.1% de las emisiones totales de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>-eq) del país. El 93% de estas emisiones (23.4% en total) provienen del transporte por carretera (SEMARNAT y INECC, 2018), lo cual posiciona al sector del transporte como el principal objetivo de acción inmediata para reducir las emisiones del país acorde a sus compromisos establecidos en la NDC. La Ley General de Cambio Climático de México reconoce este hecho, al establecer la meta incondicional de reducción de las emisiones de GEI del sector del transporte en un 18% para 2030 (Cámara de Diputados del H. Congreso de La Unión, 2012).

## 3 VEHÍCULOS ELÉCTRICOS COMO MOTOR DE DESARROLLO EN MÉXICO

Adicional a la mitigación de emisiones de GEI, los VE pueden mejorar la calidad del aire y el agua, favorecer la salud pública, y estimular la innovación, la creación de empleos y la seguridad energética.

**Figura 16:** Gama completa de co-beneficios inducidos por la medida NDC de vehículos eléctricos (SD Strategies, basado en el análisis de la Oficina de la Presidencia et al., 2018). Los co-beneficios seleccionados para el análisis están resaltados.



### 3.1 Co-beneficios sociales

Aunque a menudo son subestimados, los riesgos a la salud relacionados con el aire contaminado están asociados a la mortalidad prematura (Heo, Adams, y Gao, 2016a; Metrics, 2017). Las enfermedades no transmisibles (ENT), derivadas de la contaminación del aire, son responsables del 71% de las muertes globales cada año (OMS, 2018). En ese sentido, la construcción y expansión de la infraestructura de carga eléctrica es crucial para disminuir las barreras de la utilización de VE y para proporcionar una disponibilidad y experiencia similar de uso a la de los vehículos convencionales en la actualidad.



### 3.2 Co-beneficios económicos

El despliegue de 500,000 VE en México para 2030 requiere de la adaptación de las instalaciones de producción existentes o de la construcción de ins-

talaciones nuevas para satisfacer los requerimientos de ensamblaje alternos de los VE. Adicionalmente la adopción del cambio tecnológico en la cadena de engranajes de los vehículos disminuirá el uso de la gasolina en el sector del transporte. También, el cambio de los VMCI's propulsados por gasolina hacia VE representa una oportunidad para reducir la dependencia de México de la gasolina importada para el transporte, particularmente de Estados Unidos.



### 3.3 Co-beneficios ambientales

El uso de combustibles fósiles está asociado a la emisión de varios gases que afectan las cuencas atmosféricas y que pueden contribuir a la acidificación de las lluvias, lo cual perjudica subsecuentemente a los recursos hídricos. Al sustituir los motores de combustión por motores eléctricos, las emisiones de ruido de los vehículos, así como sus impactos a la salud pueden ser disminuidos.

En México, el sector transporte es la mayor fuente de emisiones, constituyendo el 25.1% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub>-eq del país.

## 4 ANÁLISIS DE LOS CO-BENEFICIOS SELECCIONADOS DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

### 4.1 Escenarios aplicados y co-beneficios seleccionados

El análisis de esta sección se concentra en tres co-beneficios importantes de los VE: la creación de empleo, las aportaciones a la seguridad energética y la mejoría en la salud pública. En el análisis se incluyen tres escenarios:

1. Escenario de no acción (BAU)
2. Escenario compatible con la contribución nacionalmente determinada (NDC)
3. Escenario más ambicioso (SD+ [30/30])

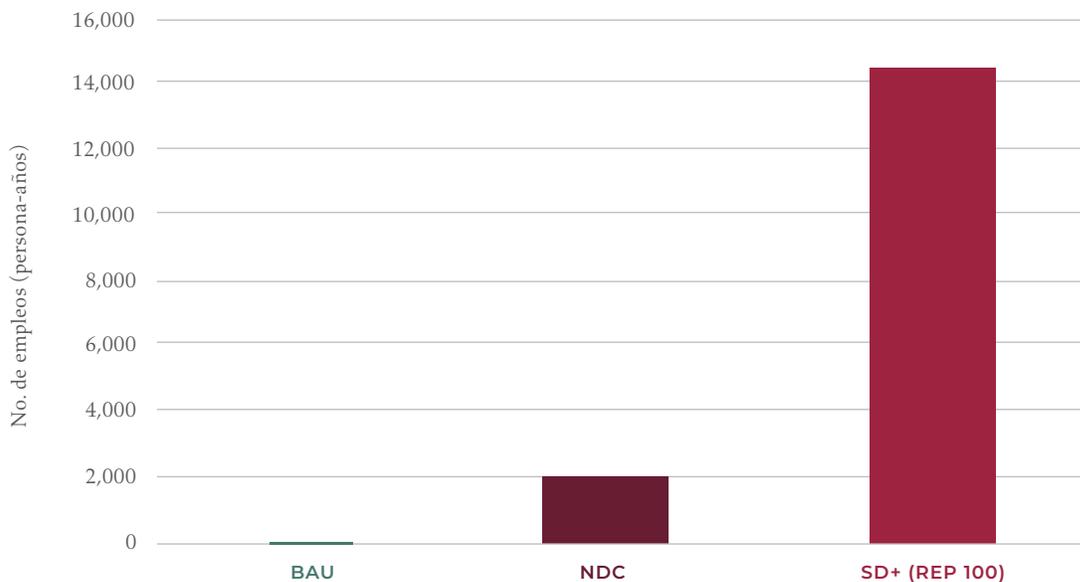
Más información sobre las metodologías y procedimientos analíticos utilizados en cada escenario y para cada co-beneficio se encuentra en el reporte completo.



### 4.2 Creación de empleo a partir de los vehículos eléctricos

En el escenario BAU, se crearían un total de 88 empleos por año en el período de análisis. Esto se debe a la pequeña pero constante proporción de 0.1% de ventas de VE, comparadas con las ventas totales de vehículos por año. En el escenario compatible con la NDC, se crearían 1,888 empleos por año relativos al escenario BAU, que representan 500,000 ventas de VE para 2030. En el escenario SD+, se crearían 14,422 empleos por año relativos al escenario BAU, como resultado de un total de 3,671,691 ventas de VE para 2030. Este nivel de creación de empleo puede contribuir al logro del ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico). En particular, a las metas 8.3 (promover políticas que apoyen las actividades productivas, la creación de empleo, y la formalización y el crecimiento de las microempresas y las pequeñas y medianas empresas, incluso mediante el acceso a servicios

**Figura 17:** Total de empleos creados a través de la cadena de valor de VE (2019-2030).



financieros) y 8.5 (lograr el empleo pleno y productivo y el trabajo decente, así como la igualdad de remuneración por trabajo de igual valor) (ONU, s.f.).

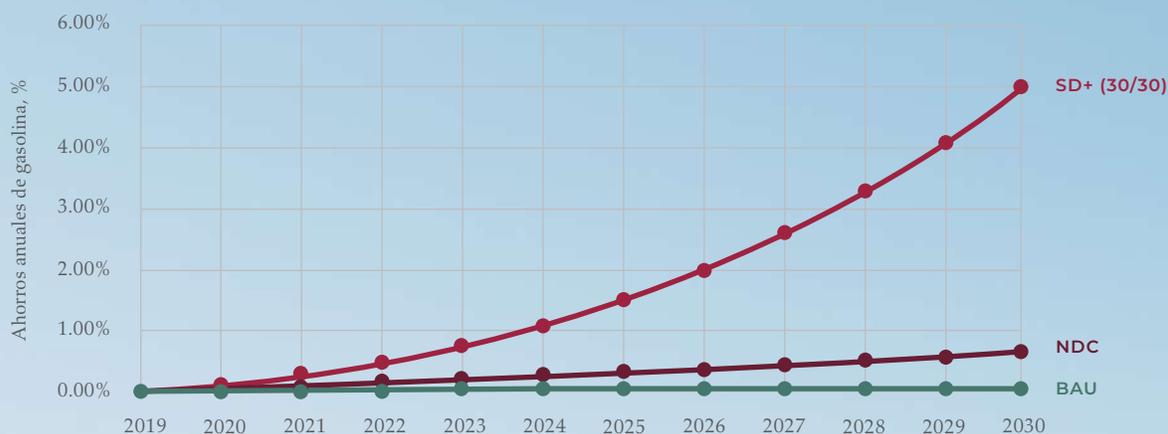
A pesar de que estos resultados muestran un panorama relativamente optimista de la creación de empleo, en la industria automotriz existe actualmente una tendencia generalizada hacia la digitalización y la automatización. Esta tendencia es responsable de reducir el empleo a nivel mundial en el sector, lo cual conlleva cambios no sólo en la fuerza de trabajo necesaria, sino también en las habilidades requeridas. No obstante, la producción de vehículos eléctricos y su infraestructura asociada presenta una oportunidad para generar empleos adicionales en México.



### 4.3 Aportaciones a la seguridad energética por medio de los vehículos eléctricos

La Figura 18 muestra el ahorro total de combustible que podría ser generado por los VE como porcentaje del uso total anual de gasolina de los VMCIs. Como se puede ver en la gráfica, la implementación del escenario compatible con la NDC puede reducir la demanda de gasolina de los vehículos en México en casi un 1% para 2030. Al considerar el escenario más ambicioso (SD+ 30/30), este valor incrementaría a poco más del 5%. La importancia de este resultado no debería ser subestimada pues, en 2017, México importó más del doble de gasolina de la que fue producida

**Figura 18:** Ahorros anuales de gasolina (%) relativo al pronóstico de demanda de gasolina de 2019 a 2030 (como % del uso de gasolina proyectado en BAU para autotransporte)<sup>5</sup>.



<sup>5</sup> El uso de gasolina proyectado (BAU) está basado en (SENER, 2016a)



nacionalmente (89% de la cual fue importada de Estados Unidos) (PEMEX, 2019b). Asegurar el futuro de la oferta de energía en México también puede contribuir al logro del ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), en particular a la meta 7.1 (acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos) (ONU, s.f.).



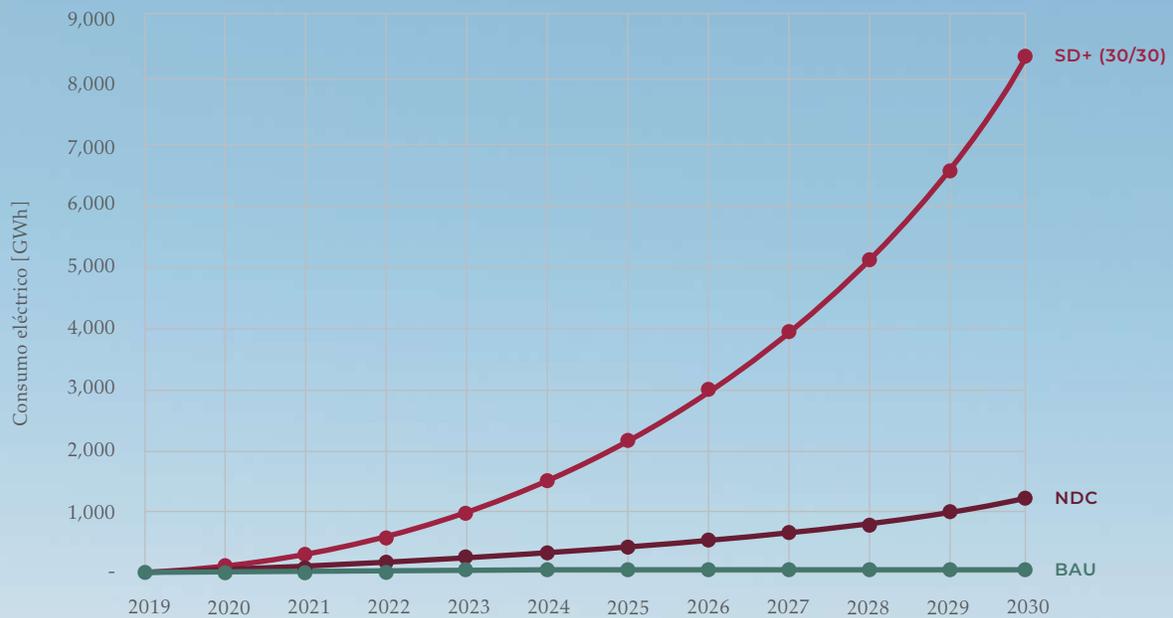
#### 4.4 Mejoría en la salud pública a través de los vehículos eléctricos

Los resultados de este análisis muestran que, durante su operación, cuando funcionan con la combinación de energía actual, los VE no contribuyen a una reducción general de las emisiones de  $PM_{2.5}$ , sino a un aumento considerable. Los VE pueden

contribuir a la descarbonización del sector transporte. Sin embargo, para sacar provecho de este potencial de mitigación, se deben cumplir ciertas condiciones suplementarias como maximizar las flotas de vehículos de alto uso propulsadas por energía renovable, e impulsar los avances tecnológicos en la producción de baterías.

Los resultados muestran que las emisiones de  $PM_{2.5}$  altamente dañinas para la salud, durante la fase de uso de los vehículos eléctricos son mayores que las de los vehículos de gasolina. La principal razón es que las emisiones de PM que resultan de la generación térmica convencional de energía eléctrica utilizando combustóleo son relativamente altas en México.

**Figura 19:** Consumo acumulado de energía de vehículos eléctricos, 2019 a 2030.

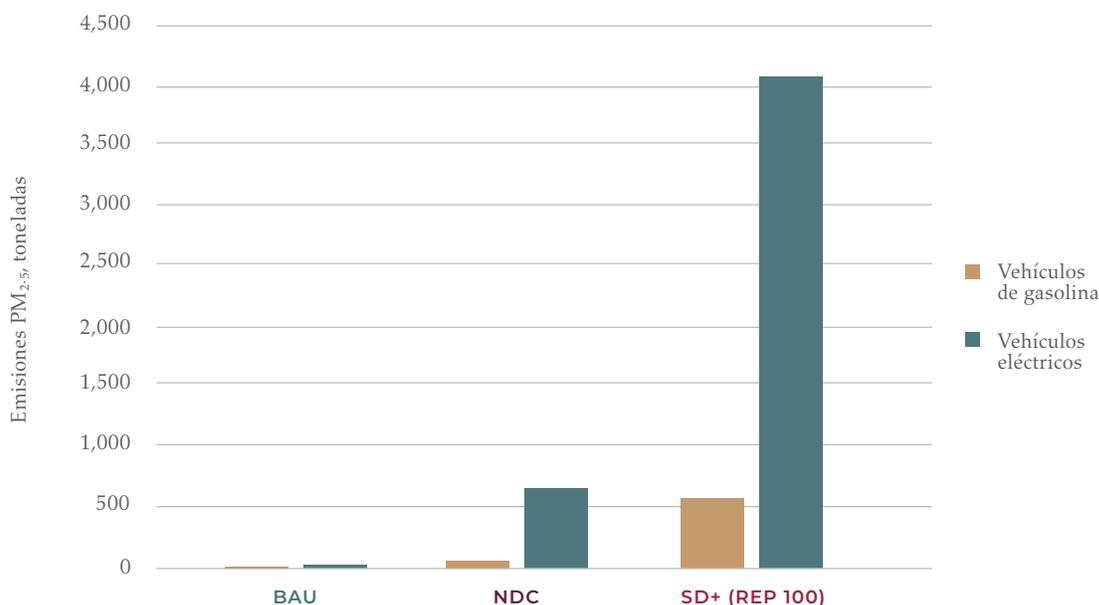


El análisis de este capítulo considera las emisiones de PM asociadas al abastecimiento de combustible de los VE (energía). Sin embargo, no incorpora las emisiones de PM relacionadas a la extracción y procesamiento del combustible requerido para los VMCI (gasolina). Por lo tanto, esto lleva a minimizar las emisiones de PM de los VMCI, lo cual podría cambiar significativamente los resultados. En ese sentido, el aprovechamiento de los beneficios potenciales expuestos podría servir para la consecución del ODS 3 (Salud y bienestar) y las metas 3.9 (reducir el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo) y 3.4

(reducir la mortalidad prematura por enfermedades no transmisibles y promover la salud mental y el bienestar) (ONU, s.f.).

Al ser propulsados por energía eléctrica proveniente de fuentes renovables, los VE podrían eliminar completamente las emisiones de GEI durante su operación. De ser así, las únicas emisiones de GEI asociadas a los vehículos eléctricos se producirían durante las fases de su producción y manufactura, la extracción y refinamiento de los materiales requeridos –en particular aquellos relacionados con la producción de baterías– y de reciclaje, las cuales dependerán de las tecnologías utilizadas.

**Figura 20:** Emisiones de  $PM_{2.5}$  de vehículos eléctricos y vehículos de gasolina alternativos (2019 a 2030).



Las enfermedades no transmisibles relacionadas con el aire contaminado están asociadas a la mortalidad prematura y son responsables del 71% de las muertes globales cada año.





# 5



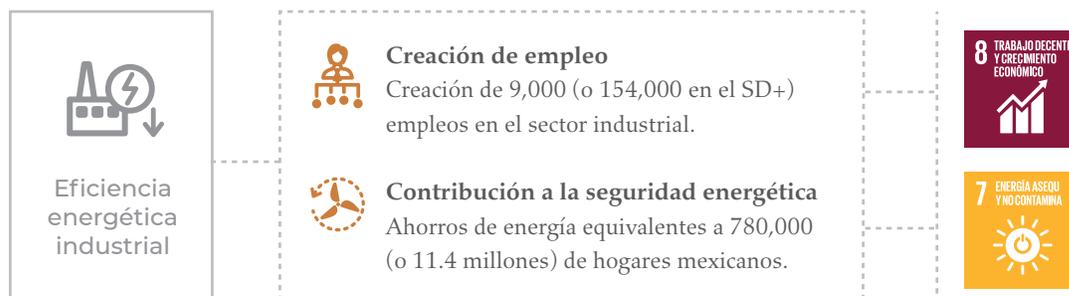
## IMPULSANDO EL DESARROLLO Y AUMENTANDO LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA INDUSTRIA MEXICANA

### PRINCIPALES RESULTADOS

- Mejorar la eficiencia energética contribuye a reducir la contaminación del aire y el agua, a mejorar la salud pública y a reducir el gasto en energía eléctrica de los hogares. Además, la eficiencia energética favorece la creación de empleos y aumenta la seguridad energética mediante la reducción de la importación de combustibles fósiles.
- La eficiencia energética industrial puede servir como un significativo motor de desarrollo económico y contribuir el logro del **ODS 8** (Trabajo decente y crecimiento económico). Su implementación tiene el potencial de crear:
  - » Más de 9,000 empleos directos en México,
  - bajo el escenario compatible con la NDC; y
  - » Más de 154,000 empleos en el escenario más ambicioso (SD+).
- Los ahorros de energía mejoran la seguridad energética en el país en un 0.2% bajo el escenario compatible con la NDC y en 7% bajo el escenario SD+. Tales ahorros contribuyen al logro del **ODS 7** (Energía asequible y no contaminante). En los escenarios modelados, los ahorros son equivalentes al consumo energético anual de:
  - » 780,000 hogares mexicanos en el escenario compatible con la NDC; y
  - » 11.4 millones de hogares en el escenario SD+.



**Figura 21:** Resumen de resultados y su vínculo con los ODS para la medida de la NDC prospectiva de eficiencia energética industrial.



## 1 ANTECEDENTES: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MÉXICO

Los componentes clave para reducir la demanda de energía comprenden: 1) mejorar la eficiencia de nuevos sistemas y equipos, 2) mejorar y expandir los procesos de reciclaje industrial, 3) sustituir equipos actuales con tecnologías más eficientes en los sectores comerciales e industriales, 4) aumentar el uso de transporte público al mismo tiempo que se reduce el uso de unidades individuales, y 5) electrificar lo mayor posible todos los medios de transporte (CONUEE y SENER, 2017).

La meta agregada de emisiones de México es reducir las emisiones de GEI de su industria en un 4.8% para 2030, con respecto a las proyecciones del escenario de no acción esperado a 2030 (INECC, 2018). Los sectores con el mayor potencial de reducir su consumo energético son transporte (50%), industria (41%) y construcción (35%) (APEC Energy Working Group, 2017). De estos, el sector industrial es el mayor consumidor de energía, representando el 34% del total de la demanda energética industrial en el país. Se espera que el consumo de energía del sector industrial sea el más alto para 2050 (CONUEE y SENER, 2017).

La estrategia de eficiencia energética propuesta por el gobierno fue establecida en términos de la tasa de reducción de la intensidad del consumo final de energía: una tasa media de reducción de 1.9% para el periodo de 2016-2030 como meta intermedia y,

como meta final, una tasa media de reducción de 3.7% para el periodo 2031-2050 (CONUEE y SENER, 2017).

## 2 EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA MITIGACIÓN DE EMISIONES

Para 2040, las emisiones anuales vinculadas a la energía podrían reducirse en 3.5 Gt CO<sub>2</sub>-eq (12%) con respecto a los niveles de 2017. Esto representaría más del 40% de los ahorros requeridos para cumplir las metas del Acuerdo de París (IEA, 2018). Se estima que, para 2040, las medidas de eficiencia energética podrían generar ahorros de energía a nivel global de hasta un 23%, comparado con la trayectoria actual. Para ese mismo año, se espera que el sector industrial haya reducido la demanda energética global en aproximadamente un 6%.

En México, los procesos y el uso de productos industriales son responsables de 7.9% del total de las emisiones de GEI del país (SEMARNAT e INECC, 2018), sin embargo, el consumo energético del sector industrial podría reducirse hasta en un 41% para 2050 (APEC Energy Working Group, 2017). Actualmente, los compromisos de la NDC de México no incluyen medidas específicas sobre mitigación. Por ello, el establecimiento y adopción de metas de eficiencia energética para el sector industrial representa una oportunidad para aumentar el grado de ambición de la próxima revisión de la NDC mexicana.

**Figura 22:** Gama completa de co-beneficios inducidos por la medida de la NDC prospectiva de eficiencia energética industrial (SD Strategies, basado en el análisis de la Oficina de la Presidencia et al., 2018). Los co-beneficios seleccionados para el análisis están resaltados.



### 3 EFICIENCIA ENERGÉTICA COMO MOTOR DEL DESARROLLO EN MÉXICO

Diversos estudios han destacado importantes co-beneficios sociales, económicos y ambientales que pueden esperarse de la implementación de medidas de eficiencia energética en el sector industrial, también vinculadas al ODS 7 (Energía asequible y no contaminante).



#### 3.1 Co-beneficios sociales

Las medidas de eficiencia energética pueden mejorar de manera significativa los niveles de salud pública, mediante una reducción de las emisiones vinculadas a la generación de energía y sustancias dañinas que se generan en los procesos industriales. A través de la reducción del uso de carbón en los sectores industrial y de la construcción, así como del uso de gasolina en el sector de transporte, las emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) podrían reducirse en un 42% para 2040, en comparación con los niveles de 2015. Las emisiones de PM<sub>2.5</sub> también podrían disminuir en un 15%, ya que el carbón es frecuentemente utilizado para la calefacción y generación de energía (IEA, 2018).



#### 3.2 Co-beneficios económicos

Diversos estudios de caso en México (CONUEE, 2019), así como el Programa Nacional para Sistemas de Gestión de la Energía 2013-2018 (CONUEE y SENER, 2019), han identificado los beneficios de las medidas de eficiencia energética para la industria mexicana, en términos de la reducción de costos y aumento de la productividad. Asimismo, mayor eficiencia energética tendrá impacto en la accesibilidad y asequibilidad de la energía. Para México, se estima que aproximadamente el 10% de los ahorros per cápita de los hogares durante el periodo de 2000 a 2017 es atribuible a medidas de eficiencia energética (IEA, 2018).

La eficiencia energética contribuye también a reducir la dependencia de las importaciones de gasolina, gas y carbón, pues disminuye los requerimientos de tales materias primas, aumentando así la seguridad energética. La reducción de importaciones también tiene significativos beneficios macroeconómicos, como el aumento de la competitividad y una mejora de la balanza de pagos (IEA, 2018). Además de ello, las medidas de eficiencia energética pueden impactar positivamente en el incremento de la

productividad, frecuentemente medida en términos de PIB por unidad de energía consumida.



### 3.3 Co-beneficios ambientales

El uso de fuentes de energía convencional conlleva la liberación de un gran número de emisiones de GEI que, entre otras cosas, contribuyen a la acidificación de las precipitaciones, incrementando la acidificación de los suelos y cuencas acuíferas, la liberación de metales tóxicos y el daño a plantas y animales expuestos a ellos. Maximizar la eficiencia energética, reduciendo de esa manera la demanda de energía basada en combustibles fósiles, puede por lo tanto reducir las emisiones de GEI que contribuyen a la lluvia ácida, así como su impacto respectivo en el estado de los ecosistemas y recursos acuíferos.

## 4 ANÁLISIS DE LOS CO-BENEFICIOS SELECCIONADOS DE LAS METAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA INDUSTRIAL

### 4.1 Escenarios aplicados y co-beneficios seleccionados

Aunque la eficiencia energética en el sector industrial no se destaca explícitamente en el NDC de México, si identifica los procesos y el uso de productos industriales como un componente clave de su compromiso de mitigación. Las metas seleccio-

nadas como base para el análisis implican una reducción de la demanda energética hacia 2030 en tres de los sectores industriales más intensivos en su uso: cemento (en un 1.8%), siderúrgico (en un 9.6%) y químico (en un 14.7%). El siguiente análisis se enfoca en dos co-beneficios en el sector industrial: creación de empleos y seguridad energética. Se han considerado tres posibles escenarios, los cuales son:

1. Escenario de no acción (BAU)
2. Escenario compatible con la contribución nacionalmente determinada (NDC)
3. Escenario más ambicioso (SD+)

Más información sobre las metodologías y procedimientos analíticos utilizados en cada escenario y para cada co-beneficio se encuentra en el reporte completo.



### 4.2 Creación de empleo a partir de las medidas de eficiencia energética industrial

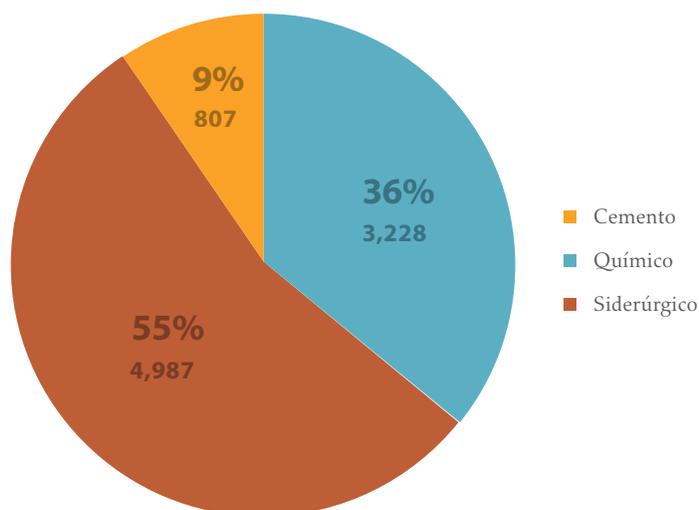
Las metas de eficiencia energética compatibles con la NDC tienen el potencial de crear aproximadamente 9,000 empleos directos en México. Estos empleos se crearían exclusivamente en los sectores de energía industrial, manufactura, construcción, operación y mantenimiento (Rutovitz & Atherton, 2009). Las medidas de eficiencia energética utilizadas en el SD+ podrían crear más de 144,000 empleos adicionales en México, en comparación

Maximizar la eficiencia energética, puede reducir las emisiones de GEI que contribuyen a la lluvia ácida, así como su impacto respectivo en el estado de los ecosistemas y recursos acuíferos.

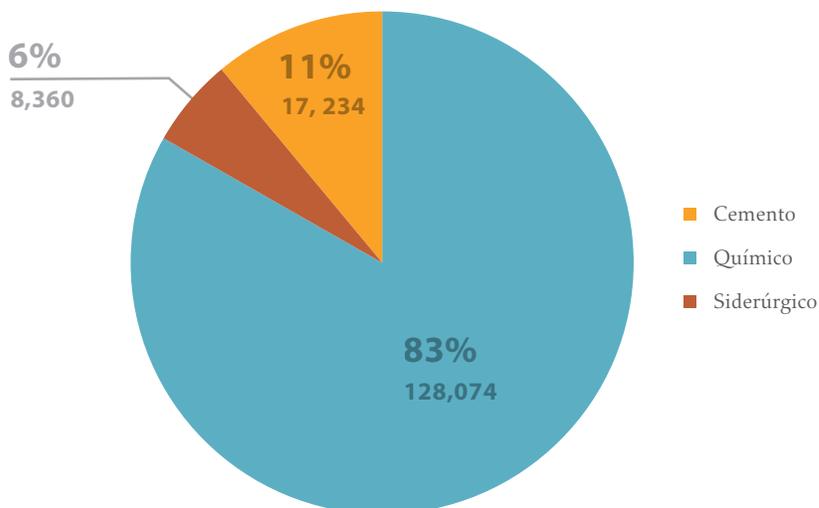
con el escenario compatible con la NDC, principalmente debido a ahorros energéticos en el sector químico. El promedio de empleos creados cada año en el escenario compatible con la NDC representa un aumento del 0.17% del empleo en el sector industrial, en comparación con los niveles de 2018. El empleo en el sector industrial se incrementaría sustantivamente en un 2.9% bajo el escenario SD+. Las medidas de eficiencia energética pueden

contribuir al cumplimiento del ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico), particularmente a la meta 8.3 (promover políticas que apoyen las actividades productivas, la creación de empleo, y la formalización y el crecimiento de las microempresas y las pequeñas y medianas empresas) y 8.5 (lograr el empleo pleno y productivo y el trabajo decente, así como la igualdad de remuneración por trabajo de igual valor) (ONU, s.f.).

**Figura 23:** Creación total de empleos mediante las medidas de eficiencia energética, 2019 a 2030, escenario compatible con la NDC.



**Figura 24:** Total de empleos creados mediante las medidas de eficiencia energética, 2019 a 2030, escenario SD+.



**Tabla 5:** Empleos creados por subsector industrial.

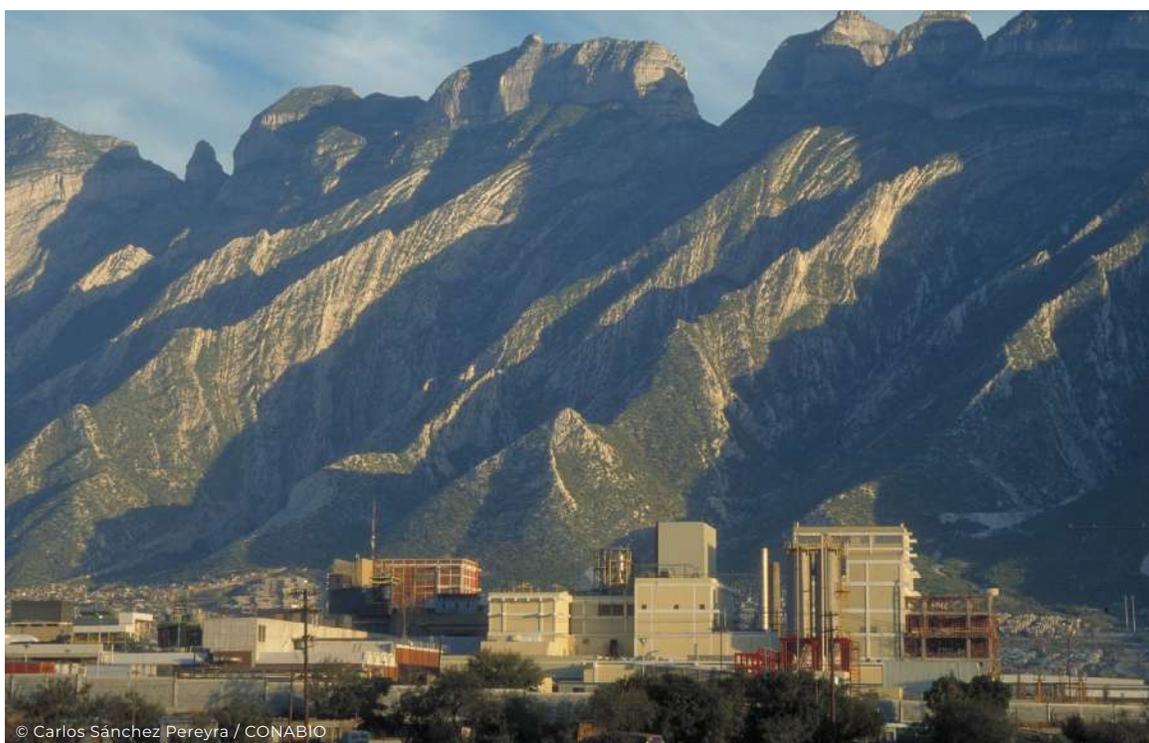
Empleos creados por subsector a 2030	Escenario compatible NDC	Escenario SD+
Químico	3,228	128,074
Siderúrgico	4,987	8,360
Cemento	807	17,234
Total	9,022	153,668

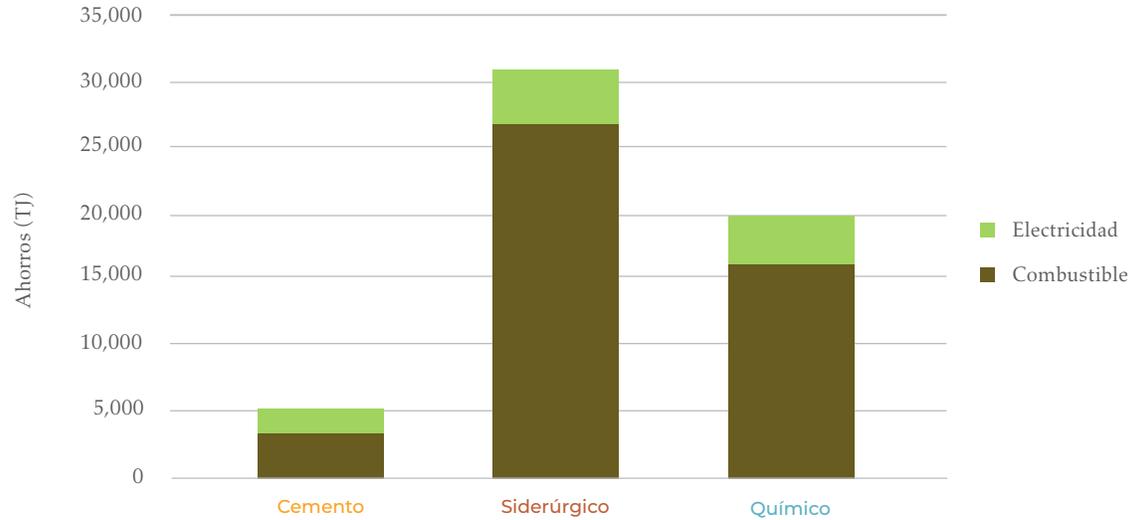
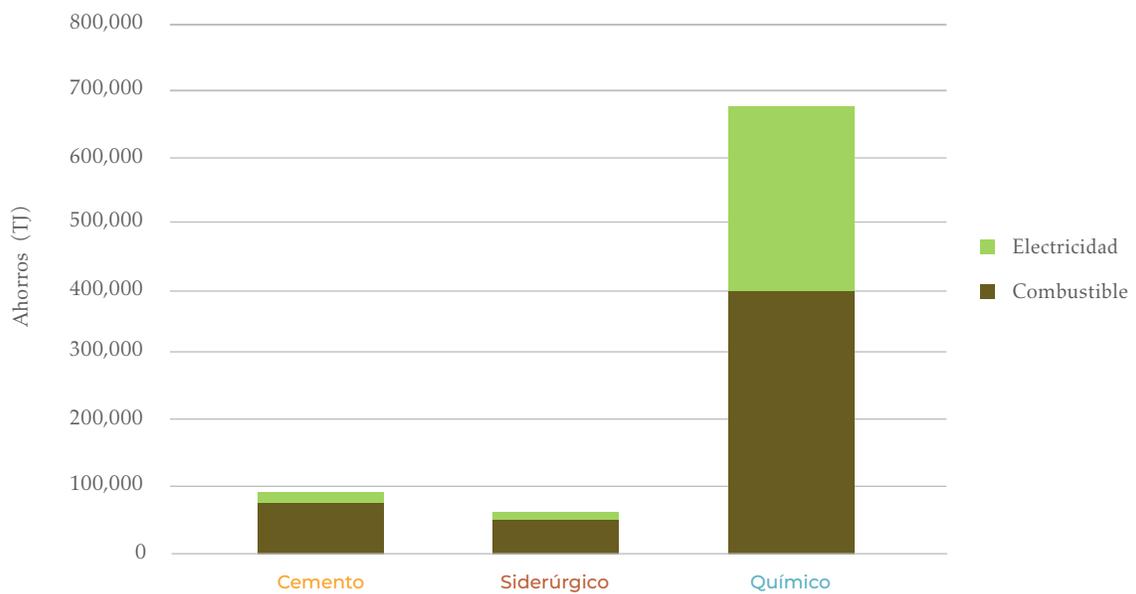


### 4.3 Mejorar la seguridad energética mediante medidas de eficiencia energética industrial

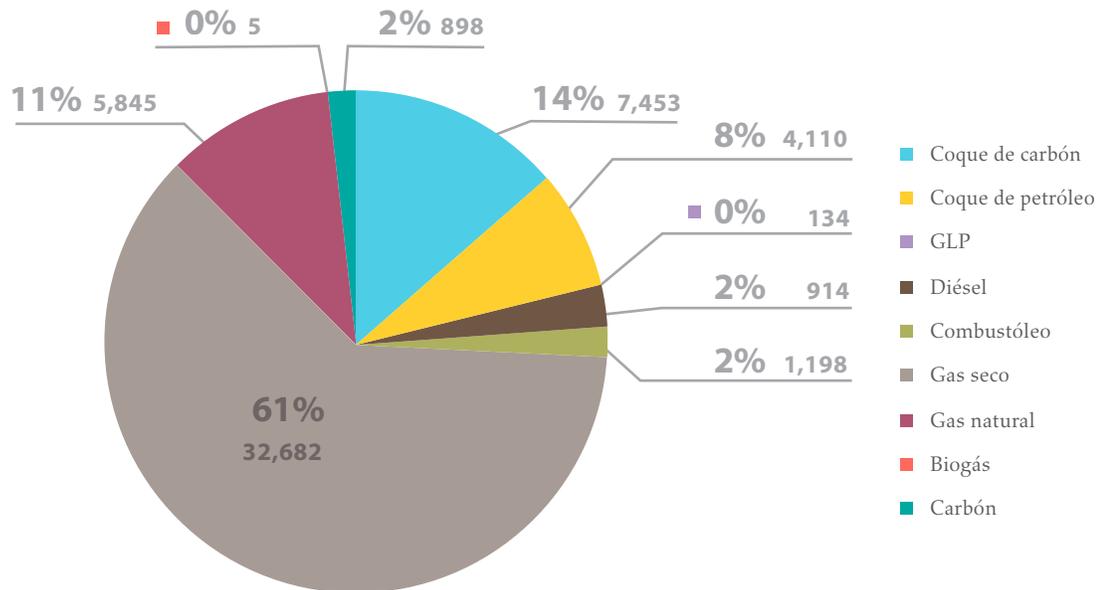
Como se muestra en la siguientes figuras, la implementación del escenario compatible con la NDC resulta en importantes ahorros de energía. Los ahorros medios de combustibles y electricidad serían suficientes para proveer energía a más de 780,000 hogares mexicanos promedio (World Energy Council, 2016). En el escenario SD+, esta cantidad aumenta a 11.4 millones de hogares, cerca de una tercera parte de todos los hogares en

México (Euromonitor International, 2018). Con respecto a los ahorros en el consumo de combustibles, el escenario compatible con la NDC resulta en ahorros de 53 PJ entre 2019 y 2030, con respecto al escenario BAU. Por otra parte, lograr las metas del escenario SD+ implica ahorros significativamente mayores, 16 veces más que el escenario compatible con la NDC, para un total de 860 PJ. Para 2030, los ahorros totales del escenario compatible con la NDC suman 4.4 PJ, mientras que en el escenario SD+, 129.7 PJ. Estos ahorros representan un 0.3% y un 7% de la demanda total de combustibles del sector industrial en 2017, respectivamente (SENER, 2019). El monto de estos ahorros es sumamente importante, pues reduce de manera significativa la dependencia nacional de la importación de combustibles fósiles, así como la demanda energética de la industria mexicana. Asegurar el futuro de la oferta y provisión de energía en México puede contribuir al ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), en particular a la meta 7.1 (Acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos) (ONU, s.f.).

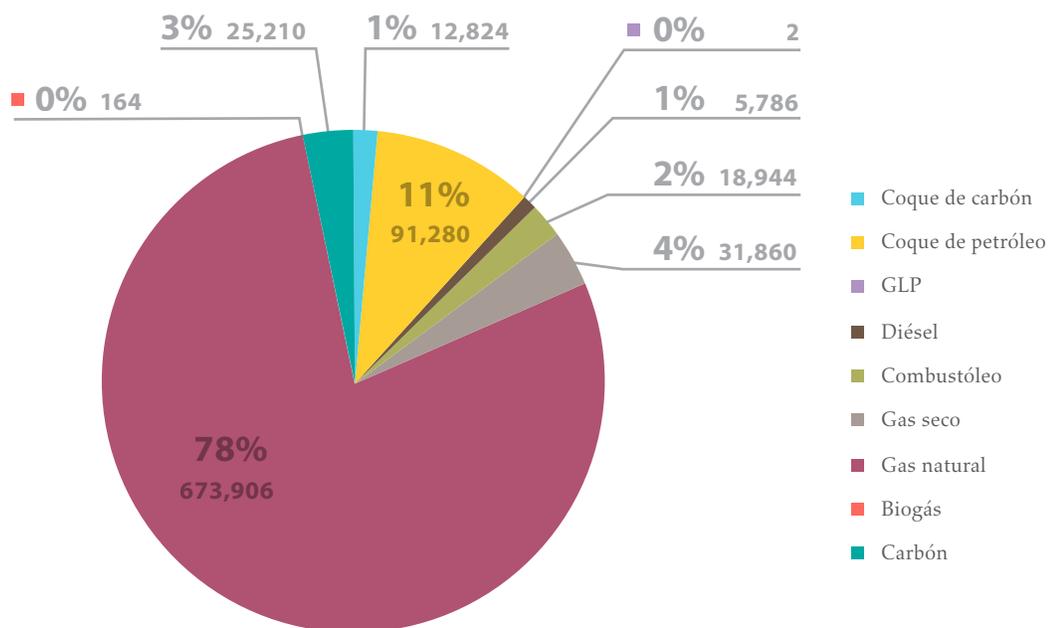


**Figura 25:** Ahorros de energía y combustibles por subsector en el escenario compatible con la NDC.**Figura 26:** Ahorros de energía y combustibles por subsector en el escenario SD+.

**Figura 27:** Ahorros de combustibles por medidas de eficiencia energética de 2019 a 2030, escenario compatible con la NDC [TJ].



**Figura 28:** Ahorros de combustibles por medidas de eficiencia energética de 2019 a 2030, escenario SD+ [TJ].



Mayor eficiencia energética beneficiará la accesibilidad y asequibilidad de la energía y puede impactar positivamente en el incremento de la productividad.





## COSECHANDO LOS BENEFICIOS DE LA ACCIÓN CLIMÁTICA PARA EL DESARROLLO DE MÉXICO

El discurso tradicional sobre el desarrollo sostiene que la acción climática y el desarrollo social y económico no son compatibles. Sin embargo, el presente estudio ha demostrado que la acción climática y la agenda de desarrollo pueden implementarse de manera complementaria. Este análisis de co-beneficios proporciona una mirada a los importantes conectores que deben considerarse en la coordinación de agendas políticas. Con el fin de sumar esfuerzos y construir alianzas entre los sectores público, privado, la academia y la sociedad civil, los resultados son de gran importancia para visualizar las oportunidades de desarrollo identificadas en la acción climática.

El objetivo de este estudio fue determinar la medida en que las acciones climáticas pueden generar co-beneficios sociales, económicos y ambientales adicionales, y así contribuir a la implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible a nivel nacional.

El cambio climático representa una gran amenaza para las personas en México y en todo el mundo. Las emisiones de GEI en México han crecido rápidamente a lo largo de las últimas décadas, por lo que detener y revertir esta tendencia es una prioridad para el gobierno mexicano. Prueba de ello es que México ha sido un ferviente promotor de los

esfuerzos internacionales para combatir el cambio climático: ha ratificado la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y apoya su objetivo central de limitar el calentamiento global a un nivel que no represente un peligro para presentes y futuras generaciones. La importancia de los alentadores hallazgos de este trabajo recae en que la protección climática y las políticas de desarrollo pueden ser integradas y armonizadas ya que, lejos de oponerse, se refuerzan mutuamente. Entender la relación entre el clima y el desarrollo debe resultar en un nuevo paradigma: la política climática debe pensarse como una política de desarrollo, y las estrategias de desarrollo deben ser entendidas como medulares para los objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático.

Este análisis demuestra que la salud pública puede mejorarse significativamente al transitar hacia la energía limpia, reducir la deforestación y mejorar el tratamiento de aguas residuales, acciones que son altamente efectivas en la mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático. La prevención de muertes prematuras y enfermedades graves representa una reducción sustancial de costos para las personas, así como para los gobiernos federales y subnacionales.

Existen grandes oportunidades para mejorar la seguridad energética en México. Este estudio demuestra un gran potencial de reducir la dependencia del país a la gasolina importada, gas natural, diésel y otros combustibles fósiles. Estas oportunidades surgirían al reemplazar la generación de energía basada en combustibles fósiles por la generación de energía de fuentes limpias, sustituir el consumo de gasolina de los VMCI por los VE, e implementando medidas de eficiencia energética industrial. Con respecto al empleo, este reporte demuestra que los sectores de las energías renovables y la eficiencia energética tienen el potencial de convertirse en verdaderos catalizadores del crecimiento económico y el desarrollo. Se podrían crear más de 100,000 empleos en México por medio de la implementación de estas acciones climáticas.

Finalmente, todas las medidas de mitigación y adaptación al cambio climático analizadas muestran impactos positivos en el medio ambiente, en particular al mejorar las condiciones atmosféricas y de los recursos hídricos en el país. De forma específica, reducir la deforestación y aumentar el tratamiento de aguas residuales hacen contribuciones importantes a estos beneficios ambientales. Adicionalmente, el tratamiento de aguas residuales representa, además, una oportunidad para aumentar la producción agrícola y la seguridad alimentaria en México.

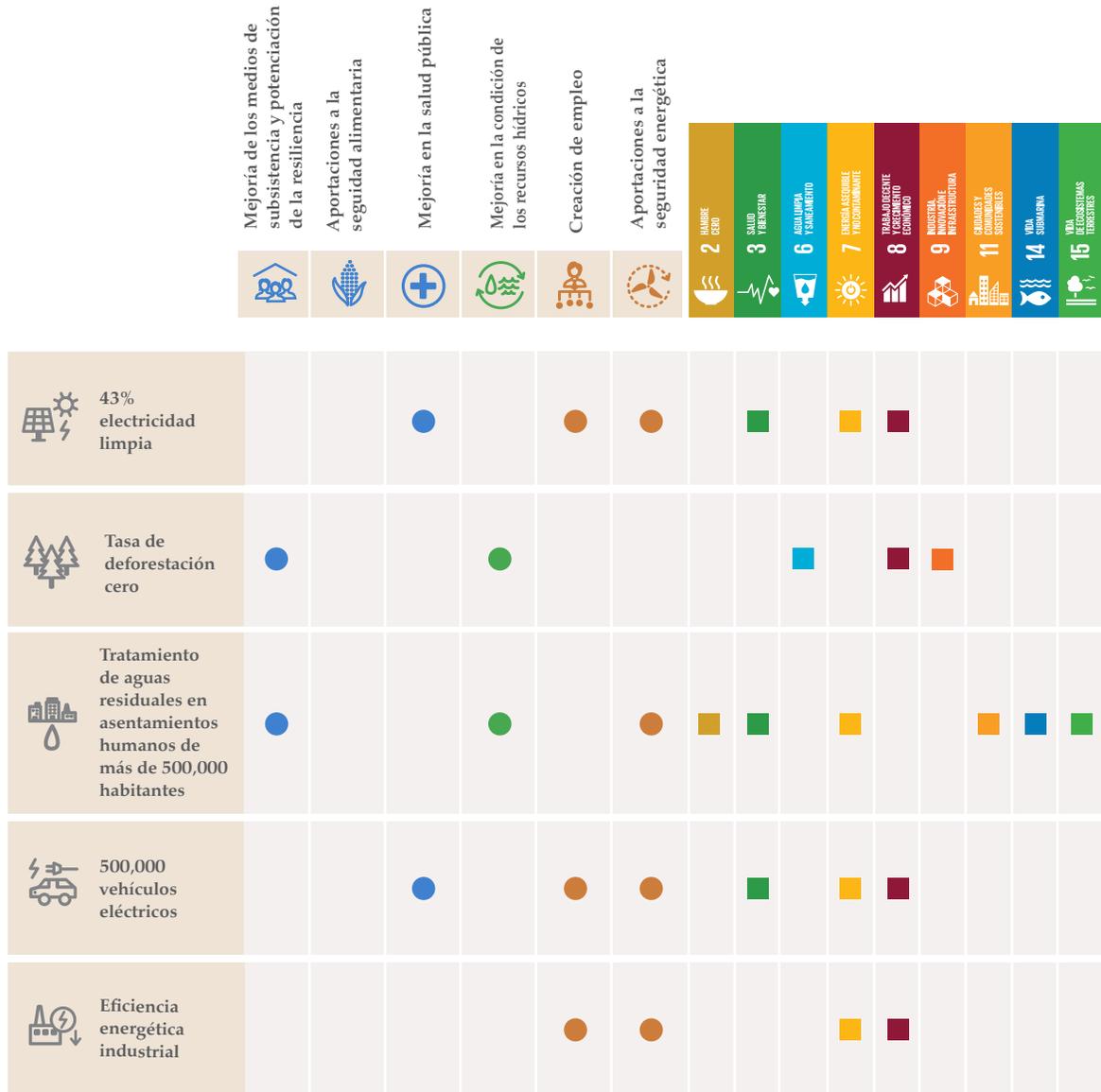
Es así como, los co-beneficios inducidos por las cinco acciones climáticas contribuyen al cumplimiento de 10 de los 17 ODS. Estos incluyen al ODS

2 (Hambre cero), ODS 3 (Salud y bienestar), ODS 6 (Agua limpia y saneamiento), ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico), ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), ODS 13 (Acción por el clima), ODS 14 (Vida submarina) y ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres).

El potencial de estudios como este para guiar la transversalización de objetivos climáticos y de desarrollo es enorme, ya que pueden proveer información y guiar el diseño de políticas, medidas, y de estrategias sectoriales e intersectoriales, cuyas consecuencias son cruciales para las y los mexicanos. Es necesario hacer un mejor trabajo en la integración de las dos agendas, por lo que nuestros esfuerzos deben ser fortalecidos y alineados significativamente. Examinar el espectro completo de co-beneficios, más allá de los presentados en este estudio, podría ilustrar aún más el amplio potencial de la acción climática para contribuir a los objetivos de desarrollo. México tiene la oportunidad de convertirse en un líder global en política climática y de desarrollo en dos maneras: primeramente, al incorporar activamente los beneficios de desarrollo en la toma de decisiones y las políticas climáticas y, en segundo lugar, al transversalizar los objetivos climáticos en sus planes de desarrollo nacionales y todos los programas sectoriales relevantes. Solo de esta forma, México podrá aprovechar todo el potencial de las sinergias establecidas entre el Acuerdo de París y la Agenda 2030.

Los co-beneficios inducidos por las cinco acciones climáticas contribuyen al cumplimiento de 10 de los 17 ODS.

**Figura 29:** Alineación de los ODS con los co-beneficios derivados de la serie de acciones climáticas analizadas en el estudio (ONU, s.f.).



## REFERENCIAS

- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268–281. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
- AMIA. (2018). Boletín de Prensa. Recuperado de <http://www.amia.com.mx/prensa/>
- Antinori, C., & Bray, D. B. (2005). Community forest enterprises as entrepreneurial Firms: Economic and institutional perspectives from Mexico. *World Development*, 33 (9 SPEC. ISS.), 1529–1543. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.10.011>
- APEC Energy Working Group. (2017). PEER Review on Energy Efficiency in Mexico. Recuperado de [https://aperc.iecej.or.jp/file/2017/11/17/APEC\\_PREE\\_in\\_Mexico\\_EWGEndorsed\\_Report\\_16+10+2017.pdf](https://aperc.iecej.or.jp/file/2017/11/17/APEC_PREE_in_Mexico_EWGEndorsed_Report_16+10+2017.pdf)
- Bathurst, J. C., Moretti, G., El-Hames, A., Beguería, S., & García-Ruiz, J. M. (2007). Modelling the impact of forest loss on shallow landslide sediment yield, Ijuez river catchment, Spanish Pyrenees. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(1), 569–583. Recuperado de <https://doi.org/10.5194/hess-11-569-2007>
- Bhaskar, V., Christoph, W., & Mansourian, S. (2015). IUFRO World Series Volume 33 Forests, Trees and Landscapes. Recuperado de [https://www.iufro.org/download/file/18901/5690/ws33\\_pdf/](https://www.iufro.org/download/file/18901/5690/ws33_pdf/)
- Bray, D. B., Antinori, C., & Torres-Rojo, J. M. (2006). The Mexican model of community forest management: The role of agrarian policy, forest policy and entrepreneurial organization. *Forest Policy and Economics*, 8(4), 470–484. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2005.08.002>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de La Unión. (2012). Decreto por el que se expide la Ley General de Cambio Climático. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgcc/LGCC\\_orig\\_06jun12.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgcc/LGCC_orig_06jun12.pdf)
- Cartus, O., Kellndorfer, J., Walker, W., Franco, C., Bishop, J., Santos, L., & Fuentes, J. M. M. (2014). A national, detailed map of forest aboveground carbon stocks in Mexico. *Remote Sensing*, 6(6), 5559–5588. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/rs6065559>
- CFE. (2017). Impulso a la electromovilidad en México. Recuperado de <https://docplayer.es/68299700-Impulso-a-la-electromovilidad-sustentable.html>
- Climate and Land use Alliance. (2019). Five reasons the Earth's climate depends on forests. Recuperado de <http://www.climateandlandusealliance.org/scientists-statement/>
- Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI). (2015). Indicadores Socioeconómicos de los Pueblos Indígenas de México, 2015. Ciudad de México, México: Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas. Recuperado de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/239921/01-presentacion-indicadores-socioeconomicos-2015.pdf>
- CONAFOR. (2017). Estrategia Nacional para REDD+ 2017-2030 (ENAREDD+). Jalisco, México. Recuperado de <http://www.enaredd.gob.mx/wp-content/uploads/2017/09/Estrategia-Nacional-REDD+-2017-2030.pdf>
- CONAGUA. (2011). Agenda del Agua 2030. Ciudad de México. Recuperado de [http://gia.imta.mx/geoportal/docs/Agenda\\_Agua\\_2030.pdf](http://gia.imta.mx/geoportal/docs/Agenda_Agua_2030.pdf)
- CONAGUA. (2013). Normas Oficiales Mexicanas NOM-003-SEMARNAT-1997. Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAA-15-13.pdf>

- CONAGUA. (2018a). Atlas del Agua en México 2018. Ciudad de México, México. Recuperado de [http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM\\_2018.pdf](http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf)
- CONAGUA. (2018b). Estadísticas del Agua en México 2018. Ciudad de México, México. Recuperado de <https://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/EAM2018.pdf>
- CONAGUA. (2018c). Programa Nacional Hídrico 2014-2018. Recuperado de <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/programa-nacional-hidrico-pnh-2014-2018>
- CONAVI. (n.d.). Proyecciones de Población, Sistema Nacional de Información de Indicadores de vivienda SNIIV 2.0. Recuperado de <http://sniiv.conavi.gob.mx/>
- CONEVAL. (2018). Estudio Diagnóstico del Derecho al Medio Ambiente Sano 2018. México. Recuperado de [https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/IEPSM/Documents/Derechos\\_Sociales/Estudio\\_Diag\\_Medio\\_Ambiente\\_2018.pdf](https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/IEPSM/Documents/Derechos_Sociales/Estudio_Diag_Medio_Ambiente_2018.pdf)
- CONUEE. (2019). Resultados: Estudios de Caso de Eficiencia Energética. Recuperado de <https://sites.google.com/a/conuee.gob.mx/proyecto-piloto-introduccion-a-los-sistemas-de-gestion-de-la-energia-para-pymes-de-mexico/resultados-estudios-de-caso-de-eficiencia-energetica>
- CONUEE y SENER. (2017). Hoja de ruta en materia de eficiencia energética. Recuperado de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00412.pdf>
- CONUEE y SENER. (2019). Programa Nacional para Sistemas de Gestión de La Energía 2013 - 2018. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/457626/Informe\\_PRONASGE\\_n\\_Final\\_30042019.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/457626/Informe_PRONASGE_n_Final_30042019.pdf)
- Cronkleton, P., Bray, D. B., y Medina, G. (2011). Community forest management and the emergence of multi-scale governance institutions: Lessons for REDD+ development from Mexico, Brazil and Bolivia. *Forests*, 2(2), 451–473. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/f2020451>
- De la Peña, M. E., Ducci, J., & Zamora, V. (2013). Tratamiento de aguas residuales en México. Banco Interamericano de Desarrollo: México. Recuperado de <https://publications.iadb.org/es/tratamiento-de-aguas-residuales-en-mexico>
- Diario Oficial de la Federación. (2019). Calendario de presupuesto autorizado para el ejercicio fiscal 2019. Recuperado de [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5548066&fecha=14/01/2019](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5548066&fecha=14/01/2019)
- Dittrich, R., Ball, T., Wreford, A., Moran, D., & Spray, C. J. (2018). A cost-benefit analysis of afforestation as a climate change adaptation measure to reduce flood risk. *Journal of Flood Risk Management*, e12482. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/jfr3.12482>
- Enciso, A. (2018). Mueren al año 18 mil mexicanos por mala calidad del aire: OMS. *La Jornada*. Recuperado de <https://www.jornada.com.mx/2018/06/08/sociedad/035n1soc>
- Euromonitor International. (2018). Mexico Country Factfile. Recuperado de <https://www.euromonitor.com/mexico/country-factfile>
- FAO. (2015). Global Forest Resources Assessment 2015. Roma, Italia. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i4808e.pdf>
- FAO. (2018). Forest and Water: Valuation and payments for forest ecosystem services. *Unasylva* (Vol. 58). Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.06.015>
- Fletcher, K., & Gartner, T. (2017). 3 Surprising Ways Water Depends on Healthy Forests. Recuperado

- de <https://www.wri.org/blog/2017/03/3-surprising-ways-water-depends-healthy-forests>
- Franco, A. B., & Morán, A. P. (2016). The Mexican Automotive Industry: Leading the World. *Negocios Proméxico*, 49, 10- 15. Recuperado de <http://www.promexico.gob.mx/documentos/revista-negocios/pdf/abr-2015.pdf>
- Gioutsos, D., y Ochs, A. (2017). The Employment Effects of Renewable Energy Development Assistance. Bruselas, Bélgica. Recuperado de <https://www.researchgate.net/profile/Alexander-Ochs/publication/321398329-The-Employment-Effects-of-Renewable-Energy-Development-Assistance/links/5a209b290f7e9b4d1927f38f/The-Employment-Effects-of-Renewable-Energy-Development-Assistance.pdf>
- GIZ. (2014). Repository of Adaptation Indicators - Real case examples from national Monitoring and Evaluation Systems. Bonn. Recuperado de [http://www.adaptationcommunity.net/?wpfb\\_dl=221](http://www.adaptationcommunity.net/?wpfb_dl=221).
- Gobierno de la República de los Estados Unidos Mexicanos. (2016). Nationally Determined Contribution. Recuperado de [https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Mexico First/MEXICO INDC 03.30.2015.pdf](https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Mexico%20First/MEXICO_INDC_03.30.2015.pdf)
- Helgenberger, S., Jänicke, M., & Gürtler, K. (2019). Co-benefits of Climate Change Mitigation. In *Climate Action: Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals*. Leal Filho, W., Azul, A. M., Brandli, L., Özuyar, P. G., & Wall, T. (Eds.) Cham: Springer International Publishing. Recuperado de [http://doi.org/10.1007/978-3-319-71063-1\\_93-1](http://doi.org/10.1007/978-3-319-71063-1_93-1)
- Heo, J., Adams, P. J., y Gao, H. O. (2016). Public Health Costs of Primary PM 2.5 and Inorganic PM 2.5 Precursor Emissions in the United States. *Environmental Science and Technology*, 50(11), 6061–6070. Recuperado de <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b06125>
- IASS. (2017b). Mobilizing the co-benefits of climate change mitigation: Connecting opportunities with interests in the new energy world of renewables. Potsdam, Alemania: Helgenberger, S., & Jänicke, M. Recuperado de [https://www.iass-potsdam.de/sites/default/files/files/iass\\_working\\_paper\\_co\\_benefits.pdf](https://www.iass-potsdam.de/sites/default/files/files/iass_working_paper_co_benefits.pdf)
- IEA. (2016). World Energy Outlook Special Report: Energy and Air Pollution. París, Francia. Recuperado de <https://webstore.iea.org/download/summary/343?fileName=English-WEO-Air-Pollution-ES.pdf>
- IEA. (2018). Energy Efficiency 2018: Analysis and outlooks to 2040. París, Francia. Recuperado de <https://doi.org/10.1787/9789264024304-en>
- IEA. (2019). CO2 Emissions Statistics. Recuperado de <https://www.iea.org/statistics/co2emissions/>
- INECC. (2018). Costos de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas de México. México. Recuperado de [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_Mexico_dobles_pginas.pdf)
- INSP e INECC. (2016). Estimación de impactos en la salud por contaminación atmosférica en la región centro del país y alternativas de gestión. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/208105/INECC\\_CAME\\_Final\\_14022017.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/208105/INECC_CAME_Final_14022017.pdf)
- INEGI. (2019). Total nacional de vehículos. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/temas/vehiculos/>
- IRENA. (2015). Renewable Energy in the Water, Energy & Food Nexus. Recuperado de <https://www.irena.org/documentdownloads/>

- [publications/irena\\_water\\_energy\\_food\\_nexus\\_2015.pdf](#)
- Klooster, D., y Masera, O. (2000). Community forest management in Mexico: Carbon mitigation and biodiversity conservation through rural development. *Global Environmental Change*, 10(4), 259–272. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(00\)00033-9](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(00)00033-9)
- Konrad, T. (2009). Not all Green Jobs were Created Equal. Recuperado de <https://grist.org/article/2009-07-06-green-jobs-equal/>
- Kost, C., Schlegl, T., Thomsen, J., Nold, S., Mayer, J., Hartmann, N., Saad, N. (2018). Levelized Cost of Electricity - Renewable Energy Technologies. Freiburg, Germany. Recuperado de [https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/EN2018\\_Fraunhofer-ISE\\_LCOE\\_Renewable\\_Energy\\_Technologies.pdf](https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/EN2018_Fraunhofer-ISE_LCOE_Renewable_Energy_Technologies.pdf)
- Larsen, B. (2015). Development Agenda Mexico Perspectives Air Pollution. Copenhagen Consensus Center: Post 2015 Consensus. Recuperado de [https://www.copenhagenconsensus.com/sites/default/files/mexico\\_resources\\_air\\_pollution.pdf](https://www.copenhagenconsensus.com/sites/default/files/mexico_resources_air_pollution.pdf)
- Madrigal, J. G., Van Der Zaag, P., & Van Cauwenbergh, N. (2018). A half-baked solution: Drivers of water crises in Mexico. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 376(2014), 57–62. Recuperado de <https://doi.org/10.5194/piahs-376-57-2018>
- McIvor, A., Spencer, T., Möller, I., & Spalding, M. (2012). Storm surge reduction by mangroves. *Natural Coastal Protection Series: Report 2*. Cambridge Coastal Research Unit Working Paper 41. *Natural Coastal Protection Series*, 35. Recuperado de [https://doi.org/ISSN\\_2050-7941](https://doi.org/ISSN_2050-7941)
- Mendoza-Ponce, A., Corona-Núñez, R. O., Galicia, L., & Kraxner, F. (2018). Identifying hotspots of land use cover change under socioeconomic and climate change scenarios in Mexico. *Ambio*, 336–349. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1085-0>
- Metrics, G. H. (2017). Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks for 195 countries and territories, 1990 – 2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease S. 1990–2017. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32225-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32225-6)
- Mexico Business Publications S.A. (2018). Mexico Automotive Review. Recuperado de <http://mexicobusinesspublishing.com/automotive/2018>
- Mokondoko, P., Manson, R. H., & Pérez-Maqueo, O. (2016). Assessing the service of water quality regulation by quantifying the effects of land use on water quality and public health in central Veracruz, Mexico. *Ecosystem Services*, 22, 161–173. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.09.001>
- Oficina de la Presidencia, SEMARNAT, & GIZ. (2018). Tejer la red: el enfoque de cobeneficios para la instrumentación integrada de la Agenda 2030 y el Acuerdo de París en México. Ciudad de México, México. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/393907/Tejer\\_la\\_Red-Enfoque\\_de\\_Cobeneficios\\_Agenda\\_2030\\_y\\_Acuerdo\\_de\\_Paris\\_versi\\_n\\_final.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/393907/Tejer_la_Red-Enfoque_de_Cobeneficios_Agenda_2030_y_Acuerdo_de_Paris_versi_n_final.pdf)
- Osland, M. J., Feher, L. C., López-Portillo, J., Day, R. H., Suman, D. O., Guzmán Menéndez, J. M., & Rivera-Monroy, V. H. (2018). Mangrove forests in a rapidly changing world: Global change impacts and conservation opportunities along the Gulf of Mexico coast. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 214, 120–140. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.09.006>

- Page, J. (2012). Can Africa industrialise? *Journal of African Economies*, 21(SUPPL.2). Recuperado de <https://doi.org/10.1093/jae/ejr045>
- PEMEX. (2019a). Monthly Petroleum Statistics: Value of the Foreign Trade of Hydrocarbons and their Derivatives. Recuperado de [https://www.pemex.com/en/investors/publications/Indicadores%20Petroleros%20Archivos/ebalanza\\_ing.pdf](https://www.pemex.com/en/investors/publications/Indicadores%20Petroleros%20Archivos/ebalanza_ing.pdf)
- PEMEX. (2019b). Monthly Petroleum Statistics: Volume of Imports of Refined Products, Natural Gas and Petrochemicals. Recuperado de [http://www.pemex.com/en/investors/publications/Indicadores%20Petroleros%20Archivos/eimportpetro\\_ing.pdf](http://www.pemex.com/en/investors/publications/Indicadores%20Petroleros%20Archivos/eimportpetro_ing.pdf)
- Pompa-García, M., & Sigala Rodríguez, J. Á. (2017). Variation of carbon uptake from forest species in Mexico: a review. *Madera y Bosques*, 23(2), 225. Recuperado de <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2321512>
- Rizal, A., Sahidin, A., & Herawati, H. (2018). Economic value estimation of mangrove ecosystems in Indonesia. *Biodiversity International Journal* 2(3), 1-4. Recuperado de <https://doi.org/10.15406/bij.2018.02.00051>
- Rodríguez-Romero, A. J., Rico-Sánchez, A. E., Mendoza-Martínez, E., Gómez-Ruiz, A., Sedeño-Díaz, J. E., & López-López, E. (2018). Impact of changes of land use on water quality, from tropical forest to anthropogenic occupation: A multivariate approach. *Water (Switzerland)*, 10(11). Recuperado de <https://doi.org/10.3390/w10111518>
- Rutovitz, J., & Atherton, A. (2009). Energy sector jobs to 2030: A Global Analysis. University of Technology, Sydney, Australia. Recuperado de <https://secured-static.greenpeace.org/international/Global/international/planet-2/binaries/2009/9/energy-sector-jobs-to-2030.pdf>
- SDP Noticias. (2018). Mueren por contaminación 25 mil personas al año en México: OMS. SDP Noticias. Recuperado de <https://www.sdpnoticias.com/nacional/2018/05/02/mueren-por-contaminacion-25-mil-personas-al-ano-en-mexico-oms>
- SEMARNAT. (2018). Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica, Visión 2030. Ciudad de México, México: Gobierno de la República de los Estados Unidos Mexicanos. Note: this reference is unpublished but was shared with the authors
- SEMARNAT e INECC. (2013). Estrategia Nacional de Cambio Climático. Informe CICC, (Cambio climático), p.8. Ciudad de México, México: Gobierno de la República de los Estados Unidos Mexicanos. Recuperado de <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- SEMARNAT e INECC. (2016). Mexico's Climate Change Mid-Century Strategy (first ed.). Ciudad de México, México. Recuperado de [http://unfccc.int/files/focus/long-term\\_strategies/application/pdf/mexico\\_mcs\\_final\\_cop22nov16\\_red.pdf](http://unfccc.int/files/focus/long-term_strategies/application/pdf/mexico_mcs_final_cop22nov16_red.pdf)
- SEMARNAT e INECC. (2018). Mexico: Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015. Recuperado de <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>
- SENER. (2016a). Oil and Oil-Products Outlook 2016-2030. México. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/236864/Oil\\_and\\_Oil\\_Products\\_Outlook\\_2016\\_2030\\_P.compressed.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/236864/Oil_and_Oil_Products_Outlook_2016_2030_P.compressed.pdf)
- SENER. (2019). National Energy Balance: Energy Consumption in the Industrial Sector. Recuperado de <http://sie.energia.gob.mx/bdiControler.do?action=cuadro&cvecua=IIE4C04>
- Toledo, V. M., Ortiz-Espejel, B., Cortes, L., Moguel,

- P., & Ordoñez, M. de J. (2003). The Multiple Use of Tropical Forests by Indigenous Peoples in Mexico: A Case of Adaptive Management. *Conservation Ecology*, 7(3). Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/26271970>
- UKERC. (2014). Low carbon jobs: The evidence for net job creation from policy support for energy efficiency and renewable energy. UK: Blyth, W., Gross, R., Speirs, J., Sorrell, S., Nicholls, J., Dorgan, A., Hughes, N. Recuperado de <http://www.ukerc.ac.uk/publications/low-carbon-jobs-the-evidence-for-net-job-creation-from-policy-support-for-energy-efficiency-and-renewable-energy.html>
- UN-Water. (2010). UN-Water Key Messages on Climate Change and Water. Recuperado de [https://www.unwater.org/app/uploads/2017/05/UNWclimatechange\\_EN.pdf](https://www.unwater.org/app/uploads/2017/05/UNWclimatechange_EN.pdf)
- UN Environment. (2018). Electric mobility: developments in Latin America and the Caribbean and opportunities for regional collaboration. *ATZ worldwide* (Vol. 120). Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s38311-018-0161-1>
- UNFCCC. (2015). Paris Declaration on Electro-Mobility and Climate Change & Call to Action. Recuperado de <https://unfccc.int/media/521376/paris-electro-mobility-declaration.pdf>
- UNFCCC. (2018). The Paris Agreement. Recuperado de [https://unfccc.int/sites/default/files/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf)
- UNICEF y WHO. (2009). Diarrhoea: Why Children are still Dying and What can be Done. *The Lancet*. Nueva York, E.U.A./Ginebra, Suiza. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)61798-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)61798-0)
- ONU. (s.f.). Objetivos y metas de desarrollo sostenible. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>
- OMS. (2018). Enfermedades no transmisibles, datos y cifras. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>
- Wildburger, C., & Mansourian, S. (2015). Forests and Food: Addressing Hunger and Nutrition Across Sustainable Landscapes. Recuperado de <https://doi.org/10.11647/obp.0085>
- World Energy Council. (2016). Energy Efficiency Indicators: Average electricity consumption per electrified household. Recuperado de <https://wec-indicators.enerdata.net/household-electricity-use.html>
- WWAP. (2016). The United Nations World Water Development Report 2016: Water and Jobs. Paris, France : UNESCO. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000243938>
- WWAP. (2017). The United Nations World Water Development Report 2017: Wastewater -The Untapped Resource. París, Francia: UNESCO. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002471/247153e.pdf>
- WWF. (2009). Low carbon Jobs for Europe: Current Opportunities and Future Prospects. Bruselas, Bélgica: Ghani- Eneland, M. Recuperado de [assets.panda.org/downloads/low\\_carbon\\_jobs\\_final.pdf](assets.panda.org/downloads/low_carbon_jobs_final.pdf)
- Zhang K., Huiqing, L., Yuepeng L., Hongzhou X., Jian S., Rhome, J., & Smith III, T.J. (2012). The role of mangroves in attenuating storm surges. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 102-103, 11-13. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.02.021>

## FIGURAS, TABLAS Y CAJAS

### Figuras

Figura 1. Resumen de resultados y su vínculo con los ODS para la medida de la NDC de generación de electricidad con fuentes limpias.

Figura 2. Gama completa de co-beneficios inducidos por la medida NDC de electricidad limpia.

Figura 3. Emisiones totales  $PM_{2.5}$  de la generación eléctrica entre 2019 y 2030, incluyendo la reducción en % por escenario.

Figura 4. Costos totales de salud y sociales evitados por la reducción en la mortalidad relacionada con  $PM_{2.5}$ , en relación con el escenario BAU (de 2019 a 2030).

Figura 5. Creación de empleo total por año de fuentes limpias entre 2019 y 2030.

Figura 6. Creación de empleo de fuentes limpias por año, de 2019 a 2030.

Figura 7. Ahorros totales de combustible en la generación eléctrica 2019-2030 (PJ).

Figura 8. Resumen de resultados y su vínculo con los ODS para la medida de la NDC de tasa de deforestación cero.

Figura 9. Áreas forestales de México mapeadas por la densidad de carbono sobre el suelo.

Figura 10. Gama completa de co-beneficios inducidos por la medida NDC de tasa cero de deforestación.

Figura 11. Grado de vulnerabilidad al cambio climático en los municipios de México.

Figura 12. Resumen de resultados y su vínculo con los ODS para la medida de la NDC de tratamiento de aguas residuales.

Figura 13. Calidad del agua en México.

Figura 14. Gama completa de co-beneficios inducidos por la medida de la NDC de tratamiento de aguas residuales .

Figura 15. Resumen de resultados y su vínculo con los ODS para la medida de la NDC de vehículos eléctricos.

Figura 16. Gama completa de co-beneficios inducidos por la medida NDC de vehículos eléctricos.

Figura 17. Total de empleos creados a través de la cadena de valor de VE (2019-2030).

Figura 18. Ahorros anuales de gasolina (%) relativo al pronóstico de demanda de gasolina de 2019 a 2030 (como % del uso de gasolina proyectado en BAU para autotransporte)

Figura 19. Consumo acumulado de electricidad de

vehículos eléctricos, 2019 a 2030.

Figura 20. Emisiones de  $PM_{2.5}$  de vehículos eléctricos y vehículos de gasolina alternativos (2019 a 2030).

Figura 21. Resumen de resultados y su vínculo con los ODS para la medida de la NDC prospectiva de eficiencia energética industrial.

Figura 22. Gama completa de co-beneficios inducidos por la medida de la NDC prospectiva de eficiencia energética industrial .

Figura 23. Creación total de empleos mediante las medidas de eficiencia energética, 2019 a 2030, escenario compatible con la NDC.

Figura 24. Total de empleos creados mediante las medidas de eficiencia energética, 2019 a 2030, escenario SD+.

Figura 25. Ahorros de energía y combustibles por subsector en el escenario compatible con la NDC.

Figura 26. Ahorros de energía y combustibles por subsector en el escenario SD+.

Figura 27. Ahorros de combustibles por medidas de eficiencia energética de 2019 a 2030, escenario compatible con la NDC [TJ].

Figura 28. Ahorros de combustibles por medidas

de eficiencia energética de 2019 a 2030, escenario SD+ [TJ].

Figura 29. Alineación de los ODS con los co-beneficios derivados del rango de acciones climáticas analizadas en el estudio.

## **Tablas**

Tabla 1. Priorización y criterios de selección utilizados para el análisis.

Tabla 2. Co-beneficios de las acciones climáticas vinculados y cuantificados en el estudio.

Tabla 3. Aguas residuales generadas, recolectadas y tratadas a nivel nacional en México, para los escenarios analizados.

Tabla 4. Cantidad de carga orgánica no descargada en cuerpos de agua.

Tabla 5. Empleos creados por subsector industrial.

## **Cajas**

Caja 1. La importancia y valor de los manglares.

## CRÉDITOS DE FOTOS

Agradecemos a la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) por su contribución de fotografías para esta publicación:

Página 4:

© Miguel Ángel Sicilia Manzo / CONABIO

Página 18:

© Manuel Grosselet / CONABIO

Página 26:

© Carlos Sánchez Pereyra / CONABIO

Página 29:

© Juan Antonio Jaramillo Vazquez / CONABIO

Página 34:

© Iván Montes de Oca Cacheux / CONABIO

Página 35

© Miguel Ángel Sicilia Manzo / CONABIO

Página 54:

© Carlos Sánchez Pereyra / CONABIO

Página 60:

© Carlos Sánchez Pereyra / CONABIO

Página 64:

© Miguel Ángel Sicilia Manzo / CONABIO

Esta publicación también incluye fotografías del Archivo de la Presidencia de la República (Dirección General de Imagen), constituido por el acervo fotográfico de las siguientes instituciones:

Secretaría de Desarrollo Social (BIENESTAR)

Secretaría de Energía (SENER)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS)

Secretaría de Economía (SE)

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)

Secretaría de Educación Pública (SEP)

Secretaría de Salud (SALUD)

El presente Resumen Ejecutivo refleja los principales resultados del estudio *Crunching numbers: quantifying the sustainable development co-benefits of Mexico's climate commitments*, elaborado por  SD STRATEGIES

Sus contenidos fueron desarrollados bajo la coordinación de la Jefatura de la Oficina de la Presidencia de la República (OPR) y el proyecto “Iniciativa Agenda 2030” de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, financiada por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (BMZ).  
Coordinadora: Alejandra Cervantes Enríquez ([alejandra.cervantes@giz.de](mailto:alejandra.cervantes@giz.de)).

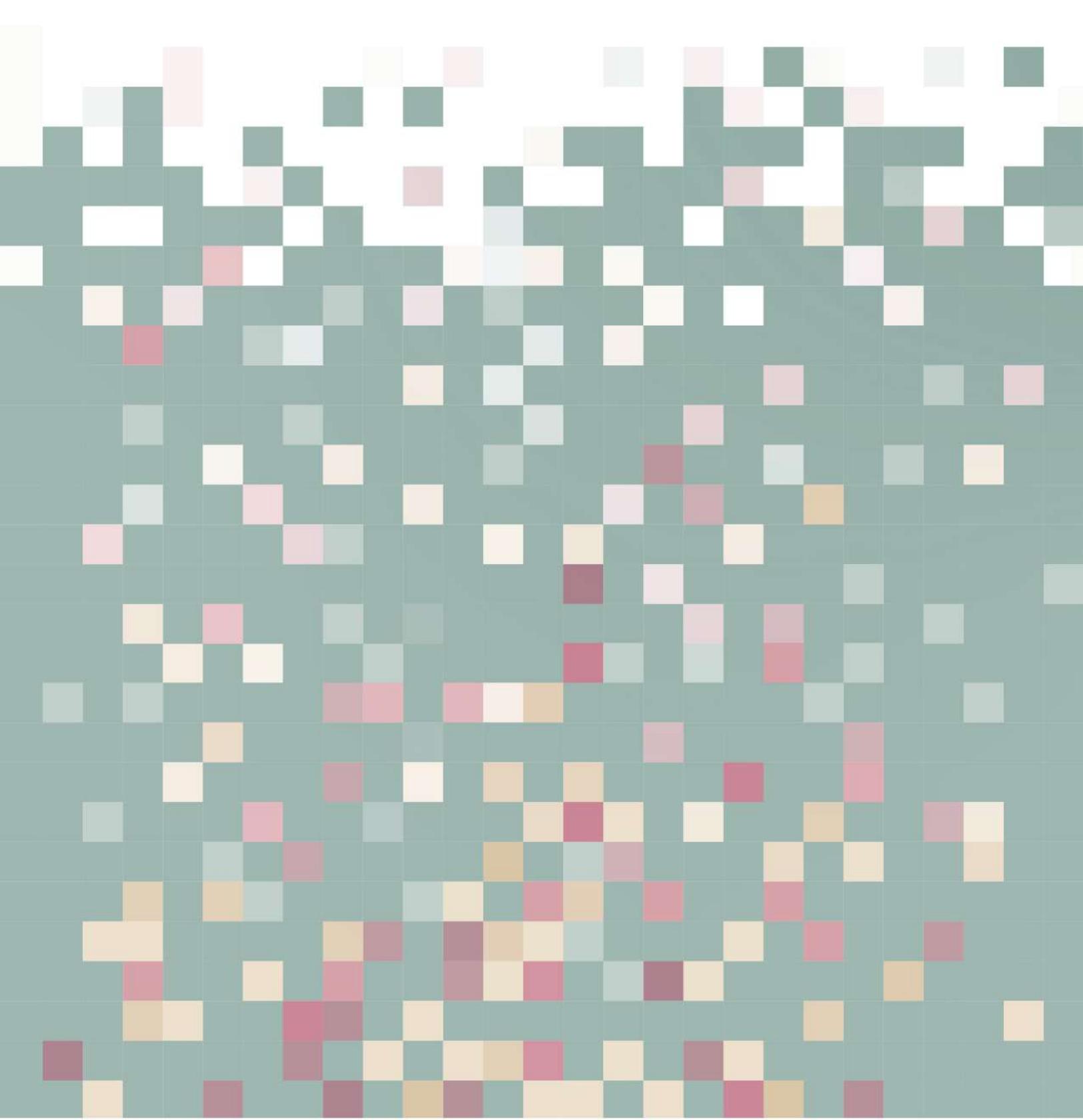
Para la formación se aplicaron las fuentes Palatino, Aldus Nova y Montserrat. Para los títulos se utilizó la familia tipográfica GMX, diseñada para uso exclusivo del Gobierno de la República.

Diseño editorial y dirección creativa 

Publicado por  
Deutsche Gesellschaft für  
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Friedrich Ebert Allee 36+40  
53113 Bonn, Deutschland  
T +49 228 44 60 0  
F +49 228 44 60 17 66

Dag Hammarskjöld-Weg 1-5  
65760 Eschborn, Deutschland  
T +49 61 96 79 0  
F +49 61 96 79 11 15  
E [info@giz.de](mailto:info@giz.de)  
I [www.giz.de](http://www.giz.de)



**GOBIERNO DE  
MÉXICO**



**giz** Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH