

EL PROYECTO TRAYECTORIAS DE DESCARBONIZACIÓN

UNDER 2°

SECRETARIAT THE CLIMATE GROUP



El Desarrollo y la Evaluación de la Trayectoria de Descarbonización en Querétaro

INFORME FINAL

CON EL RESPALDO DE — SOCIO PRINCIPAL — BENEFICIARIO — SOCIOS —



SECRETARÍA DE DESARROLLO SUSTENTABLE



Reconocimientos

El equipo del proyecto, conformado por the Climate Group, Winrock International y el Center for Climate Strategies, agradece al dedicado equipo de la SEDESU por toda su invaluable colaboración y apoyo en este trabajo, incluyendo a Ricardo Javier Torres Hernández, Teófilo Mario Gómez Su, Wendy Erika Martínez Reséndiz, Susana Elisa Medina Lezama, José Guadalupe Valtierra, Angélica Montoya Martínez, y Miguel Ángel Toral Luna. También agradecemos a los numerosos actores clave del sector público y privado de todo Querétaro que asistieron a reuniones y talleres presenciales y virtuales, proporcionaron datos e información relevante, completaron la encuesta de evaluación multicriterio, y revisaron y aportaron comentarios a los diversos documentos producidos en este proyecto. El desarrollo de la trayectoria no habría sido posible sin su participación. Por último, agradecemos a la Iniciativa Internacional sobre el Clima y los Bosques de Noruega (NICFI, por sus siglas en inglés) por los recursos financieros y la orientación necesarios para llevar a cabo este trabajo.

Contenido

Resumen Ejecutivo	5
1. Introducción	8
2. Resumen del proceso de desarrollo y evaluación de la trayectoria de descarbonización en Querétaro	9
3. Línea de base de Querétaro	11
4. Metas de reducción de emisiones de GEI y visiones	17
5. Acciones prioritarias seleccionadas para la trayectoria y sus diseños	19
SE-1 Energía solar centralizada (en el sector de suministro de energía).....	19
RCI-1. Solar distribuido en el sector comercial e institucional (en el sector de RCI).....	20
I-1. Producción de electricidad renovable en el sitio (en el sector de industria)	20
I-2. Producción y uso de combustibles renovables (en el sector de la industria)	20
I-3. Producción de calor renovable en el sitio (en el sector de la industria)	21
I-4. Eficiencia Energética Eléctrica (en el sector de la industria)	21
T-1. Planificación urbana inteligente (en el sector de transporte)	21
T-2. Electrificación de vehículos	22
AG-1. Sistemas Agroforestales	22
AG-2. Regeneración de tierras de pastoreo	22
FOLU-1. Expansión del Ecosistema Forestal	23
FOLU-2. Conservación de Tierras Forestales	23
6. Impactos esperados de la implementación de la trayectoria de descarbonización	24
A. Evaluación de impacto de emisiones GEI.....	24
Progreso esperado hacia las metas de reducción de emisiones de GEI	25
Reducción acumulada esperada de las emisiones de gases de efecto invernadero en toda la economía	30
B. Magnitud potencial de los costos o ahorros directos.....	31
C. Evaluación de potenciales impactos macroeconómicos	35
7. Conclusión	39

Siglas

AFOLU	Agricultura, silvicultura, y otros usos de la tierra
BAU	Business as usual
C	Celsius
CE	Costo efectividad
CECC	Centro de Ecología y Cambio Climático
CCS	Center for Climate Strategies
CO₂	Dióxido de carbono
FOLU	Silvicultura y otros usos de la tierra
GEI	Gases de efecto invernadero
Ha	Hectárea
IPCC	Panel Intergubernamental del Cambio Climático
MCA	Evaluación multicriterio
MWh	Megavatio hora
NDC	Contribución Determinada a Nivel Nacional
NICFI	Iniciativa Internacional sobre el Clima y los Bosques de Noruega
PIB	Producto Interno Bruto
PNB	Producto Nacional Bruto
RCI	Residencial, comercial, e institucional
SEDESU	Secretaría de Desarrollo Sustentable de Querétaro
TCG	The Climate Group
Tg	Teragramos
t	Toneladas métricas
KVT	Kilómetros recorridos por vehículo



Resumen Ejecutivo

Este informe incluye un resumen del proceso de desarrollo y evaluación de las acciones prioritarias de la trayectoria de descarbonización del estado de Querétaro en México, así como los resultados de los principales pasos del proceso, los cuales incluyen:

1. **Desarrollo de la línea de base del estado;**
2. **Selección de las metas del estado de reducir emisiones netas de GEI para 2030 y 2050;**
3. **Selección de las acciones prioritarias para la trayectoria y sus diseños**
4. **Evaluaciones de los impactos esperados de implementar las acciones en las emisiones de GEI, en magnitud en los costos y ahorros directos de las acciones, y en la macroeconomía del estado.**

La trayectoria de descarbonización es un proceso transformacional que permite reducir emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a largo plazo (2050) a través de una serie de acciones en los sectores económicos clave que cambiarán la proyección de *business as usual* de estas emisiones de GEI (es decir, líneas de base), mediante la aplicación de tecnologías y prácticas nuevas y mejoradas.

Proceso de desarrollo y evaluación de la trayectoria

Este fue un proceso colaborativo entre el gobierno del estado de Querétaro y un equipo de expertos técnicos internacionales. Los esfuerzos por parte del gobierno estatal estuvieron liderados por el Subsecretario del Medio Ambiente y el Centro de Ecología y Cambio Climático (CECC) de la Secretaría de Desarrollo Sustentable del estado Querétaro (SEDESU). El equipo del proyecto estuvo formado por the Climate Group, Winrock International, y el Center for Climate Strategies (CCS). Durante todo el proceso, se solicitaron y se incorporaron las aportaciones y los comentarios de otros actores clave del sector público y privado a través talleres presenciales y remotos.

Línea de base

La línea de base desarrollada reveló que en el año base 2015, las emisiones totales de GEI de Querétaro fueron de 9,4 TgCO₂e, y se proyectó que para el 2030 estas emisiones se duplicarán y alcanzarán 16,7 TgCO₂e, y para el 2050 se triplicarán alcanzando 33.5 TgCO₂e. De acuerdo con este análisis, los impulsores de emisiones más importantes son: el suministro de energía (que incluye la generación de energía eléctrica en el estado y las importaciones de energía eléctrica), la demanda de energía para el transporte y la demanda de energía en el sector de industria.

Meta de descarbonización

La selección de una meta de reducción de emisiones de GEI para el estado de Querétaro se basó en el nivel de reducción de emisiones requerido a nivel mundial para limitar el calentamiento global a menos de 2 grados Celsius (C) por encima de los niveles preindustriales. Se llevó a cabo una evaluación de las metas de reducción de emisiones a nivel estatal necesarias para lograr la coherencia con el objetivo de limitar el calentamiento global a 2°C. Estas metas también reflejan los compromisos del estado como miembro de la Coalición Under2. Con base en esta evaluación, el estado de Querétaro seleccionó las siguientes metas de reducción de GEI a nivel estatal consistentes con los niveles de emisiones requeridos para alcanzar el objetivo de limitar el calentamiento global a 2°C:

- Para el año 2030, 27% reducción de emisiones de GEI por debajo del nivel de emisiones de 2015 (es decir, una reducción de emisiones a un nivel de 6.9 TgCO₂e para 2030).
- Para el año 2050, 65% reducción de emisiones de GEI por debajo del nivel de emisiones de 2015 (es decir, una reducción de emisiones a un nivel de 3.2 TgCO₂e para 2050).

Acciones seleccionadas

Se seleccionaron 12 acciones prioritarias para ser incluidas en la trayectoria de Querétaro:



Sector de suministro de energía: se incluyó una acción sobre la energía solar centralizada en el sector de suministro de energía;



Sector de demanda de energía de residencial, comercial, e institucional: se incluyó una acción de solar distribuido en el sector comercial e institucional;



Sector de demanda de energía de industria: se incluyeron cuatro acciones: 1) producción de electricidad renovable en situ, 2) producción y uso de combustibles renovables, 3) producción de calor renovable en situ; 4) eficiencia energética eléctrica;



Sector de demanda de energía de transporte: se incluyeron dos acciones: 1) planificación urbana inteligente; y 2) electrificación de vehículos.



Sector de agricultura y ganadería: se incluyeron dos acciones: 1) sistemas agroforestales y 2) regeneración de tierras de pastoreo.



Sector de silvicultura y otros usos del suelo: se incluyeron dos acciones: 1) expansión del ecosistema forestal, y 2) conservación de tierras forestales.

Impactos esperados de la implementación de las acciones

Impactos esperados en las emisiones de gases de efecto invernadero

Al implementar las 12 acciones, para 2030 se esperan reducciones de emisiones de GEI de 4 TgCO₂e (es decir, una reducción del 25% en comparación con los niveles de BAU). Para el 2050, se esperan reducciones de 18 TgCO₂e (es decir, una reducción del 54% con respecto a los niveles de BAU). La mayoría de las reducciones de emisiones de GEI provendrán de las acciones prioritarias en los sectores de Industria (62% en el 2050) y Suministro de Energía (30% en el 2050).

Para el año 2050, se estima que las reducciones de emisiones de GEI de las acciones prioritarias representarán más de la mitad de las necesarias para alcanzar la meta 2050 (18 TgCO₂e de las 30 TgCO₂e necesarias). Las acciones prioritarias disminuirán en gran medida el crecimiento de las emisiones de GEI durante las próximas dos décadas; sin embargo, no producirán reducciones lo suficientemente grandes como para alcanzar las metas seleccionadas por el estado (Figura 1). Para alcanzar la meta para 2050, el estado deberá reducir niveles de emisiones de GEI de 2050. alrededor de 0.4 TgCO₂e/año para el 2050.

Después de la implementación esperada de las acciones prioritarias en 2050, la mayoría de las emisiones quedarán en los sectores de transporte e industria.

A través de este proyecto, Querétaro ha establecido metas de descarbonización ambiciosas y transformadoras, y las acciones prioritarias representan un esfuerzo significativo del estado para lograrlas debido a sus niveles de esfuerzo (objetivo) significativos. Para alcanzar las metas, se necesitarán reducir 5.6 TgCO₂e emisiones adicionales para el 2030 y 12 TgCO₂e emisiones adicionales para el 2050.

Impactos esperados en la magnitud de los costos y ahorros directos

Se espera que la implementación de más de la mitad de las acciones prioritarias (8 de las 12) genere ahorros netos a lo largo del tiempo. También se espera que estos ahorros netos sean de pequeña magnitud para la mayoría de estas acciones (6 de las 8) en comparación con los niveles de gastos en los sectores de referencia. Solo para la acción de generación de energía solar en el sector de suministro de energía se estima un ahorro significativo. Generalmente, esto se debe a que los ahorros que se acumulan con el tiempo son más altos que los costos necesarios para implementar una acción.

Es importante resaltar que el análisis de costos y ahorros no tomó en cuenta el costo social de carbono, es decir el daño evitado que cada tonelada métrica de GEI causa a la sociedad debido a los impactos negativos del cambio climático. Tampoco incluyó los impactos de los servicios que los nuevos ecosistemas forestales establecidos y los existentes ecosistemas forestales conservados brindarían (además de las remociones de dióxido de carbono).

Impactos macroeconómicos esperados

Se llevó a cabo una evaluación basada en indicadores y modelos empíricos previos para determinar la potencial dirección y la magnitud de los impactos en el empleo, los ingresos y el crecimiento económico impulsados por las acciones prioritarias. Los seis indicadores incluyen: 1) Cambios a favor de tecnologías y prácticas con costos de implementación netos más bajos que en el escenario BAU; 2) Cambios en los gastos de energía y recursos naturales; 3) Cambios a favor del suministro de energía local y otros recursos locales; 4) Cambio a favor de las cadenas de suministro locales; 5) Cambio a favor de actividades intensivas en mano de obra; y 6) Cambios a favor de fuentes externas de inversión e ingresos.

La gran mayoría de las acciones prioritarias tienen indicadores macroeconómicos positivos, lo que significa que probablemente generarán un impacto macroeconómico positivo para la economía de Querétaro si se implementan para capitalizar los impulsores clave de la ganancia macroeconómica. Sin embargo, es importante tener en cuenta que las acciones prioritarias no representan desviaciones importantes de los patrones de crecimiento económico ni muestran el potencial de una influencia disruptiva si se considera como evidenciado en la sección anterior— que los potenciales

costos o ahorros directos son generalmente un porcentaje pequeño del nivel de gastos de los sectores asociados.

Conclusión

Querétaro ha establecido metas de descarbonización ambiciosas y transformadoras, y las acciones prioritarias incluidas de momento en su trayectoria representan un esfuerzo significativo del estado para lograrlas. Aunque estas 12 acciones prioritarias ayudan solo parcialmente al estado a alcanzar sus metas de reducción de GEI para el 2030 y el 2050, posicionan a Querétaro muy bien para avanzar en su proceso de descarbonización y lograr otros objetivos socioeconómicos importantes para el estado. Por un lado, el estado tendrá que identificar los mecanismos específicos de implementación para la cuantificación de los costos y beneficios, y por consiguiente, la identificación de los mecanismos de financiamiento de las diferentes acciones de manera que puedan maximizar su potencial de mitigación y beneficios socioeconómicos. Y por otro lado, también será necesario establecer un sistema de monitoreo, reporte, y verificación de los impactos de implementar estas acciones.

El estado puede lograr las metas mediante una mayor ambición de las acciones prioritarias e identificando y desarrollando acciones adicionales en los sectores económicos que son los impulsores clave de emisiones (es decir, los sectores de transporte, industria, agricultura y ganadería, y gestión de desechos). Ejemplos de algunas maneras de aumentar las reducciones de emisiones en el estado serían incluir acciones de eficiencia energética en el sector RCI, acciones de electrificación de procesos industriales que consumen combustible por ejemplo. en la industria ligera y, en el sector de transporte, enfocarse en más electrificación de la flota y posiblemente agregar una acción de biocombustibles.

Información adicional

En una carpeta adjunta a este informe, se incluyen todos los productos intermedios de este proyecto. Los Anexos I-VIII son los resúmenes de las líneas de base sectoriales; el Anexo IX es la metodología empleada para desarrollar las metas de descarbonización; el Anexo X incluye las visiones sectoriales de descarbonización; el Anexo XI incluye los catálogos sectoriales de acciones de mitigación; el Anexo XII incluye las definiciones de los criterios aplicados para evaluar las acciones en el encuesta MCA; los Anexos XIII a XXIV son los documentos de diseño de cada acción prioritaria incluida en la trayectoria; los Anexos XXV a XXXII son las herramientas de Excel para calcular las línea de base de los diferentes sectores y de toda la economía y los impactos de las acciones en dichos sectores y en toda la economía; y los Anexos XXXIV a XXXVI son los módulos presentando las metodologías detalladas de las evaluaciones de impactos de las acciones.

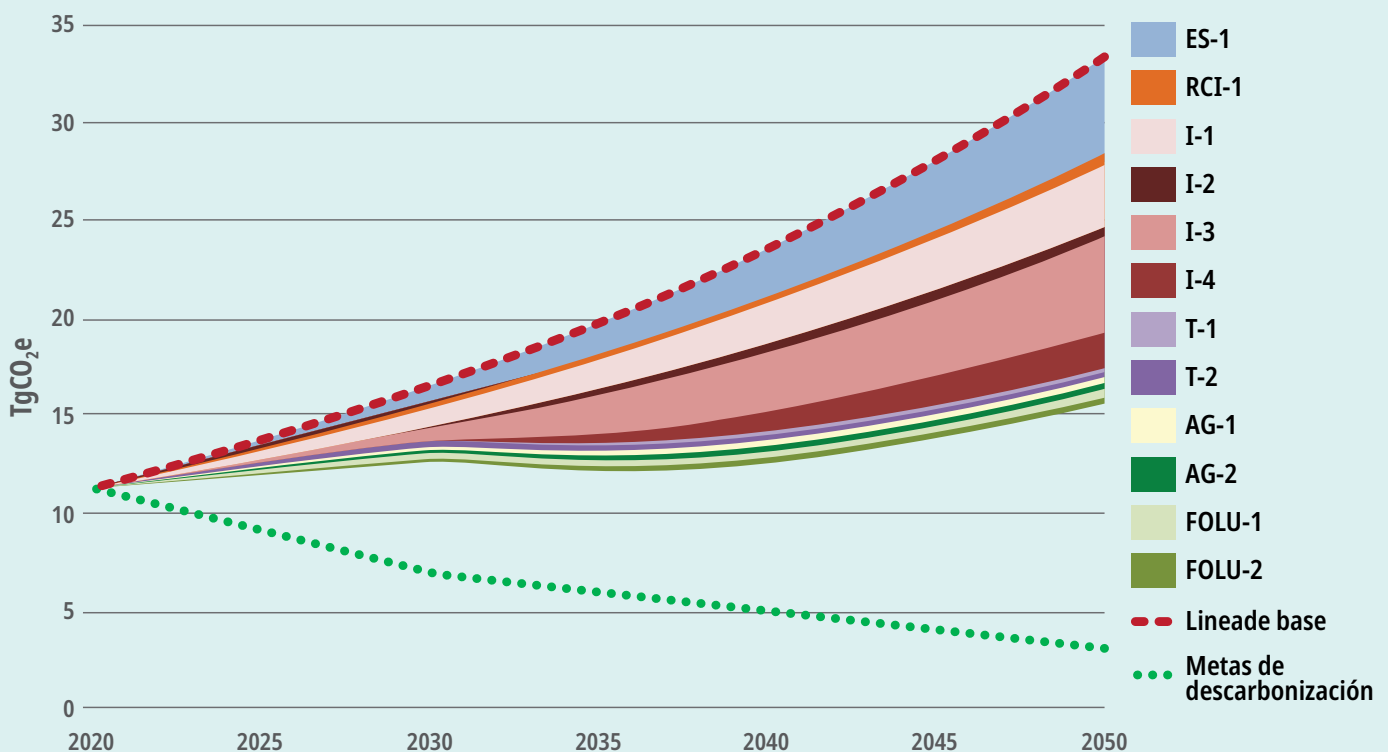
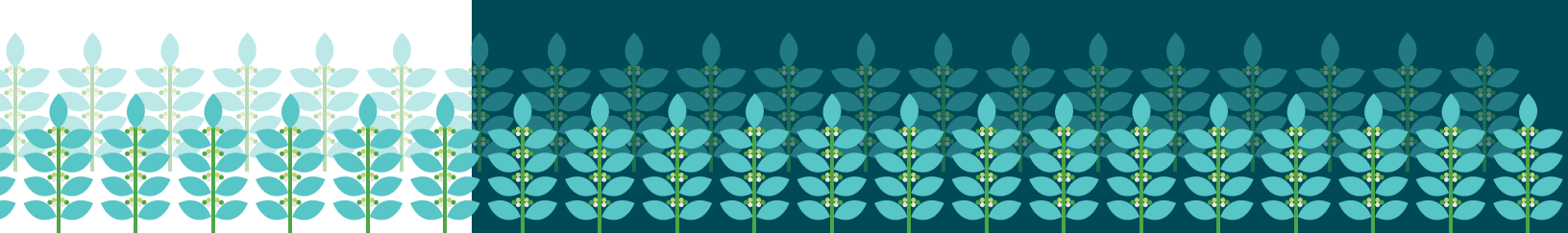


FIGURA 1. REDUCCIONES DE GEI POR LAS ACCIONES PRIORITARIAS



1. Introducción

El Proyecto Trayectorias de Descarbonización tiene como objetivo apoyar a gobiernos estatales y regionales en el desarrollo de un proceso transformacional o “trayectoria” que permita reducir emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a largo plazo (2050). Desde 2019, el equipo del proyecto ha estado trabajando con los gobiernos de los estados de Querétaro y Quintana Roo, en México; Amazonas, Mato Grosso, y São Paulo, en Brasil; y la región de Madre de Dios, en Perú, para desarrollar estas trayectorias de acuerdo con sus prioridades de desarrollo económico y sus metas futuras de reducción de emisiones GEI.

Estas trayectorias consisten en una serie de acciones que deben llevarse a cabo para reducir las emisiones netas en diferentes sectores, tales como el sector energético; el sector de la agricultura, la silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU); y el sector del manejo de los desechos. Las acciones de la trayectoria pueden entenderse como actividades planificadas por el gobierno y/o el sector privado dentro de las jurisdicciones que cambiarán las trayectorias de *business as usual* de las emisiones de GEI (es decir, líneas de base) mediante la aplicación de tecnologías y prácticas nuevas y mejoradas. Estas nuevas actividades de baja emisión de carbono pueden contribuir a reducir las emisiones de GEI mediante la reducción del contenido de carbono de la energía (por ejemplo, mediante el cambio a energía renovable), la reducción del uso de energía intensiva en carbono (por ejemplo, mediante el cambio a una mayor eficiencia energética), el aumento del almacenamiento de carbono a largo plazo (por ejemplo, mediante la conservación de las reservas forestales), u otros enfoques.

A través de este proyecto, Querétaro y demás jurisdicciones iniciaron el proceso de desarrollo de su trayectoria de descarbonización con la identificación, desarrollo y evaluación de un portafolio inicial de acciones consideradas como prioritarias para la jurisdicción.

2. Resumen del proceso de desarrollo y evaluación de la trayectoria de descarbonización en Querétaro

El desarrollo y la evaluación de la trayectoria de descarbonización de Querétaro comenzó en junio del 2019 y concluyó en marzo del 2021. Fue un proceso colaborativo entre el gobierno estatal y el equipo del proyecto. Los esfuerzos por parte del gobierno estatal estuvieron liderados por el Subsecretario del Medio Ambiente y el Centro de Ecología y Cambio Climático (CECC) de la Secretaría de Desarrollo Sustentable de Querétaro (SEDESU), que se refieren en este informe como las contrapartes del gobierno. El equipo del proyecto estuvo conformado por the Climate Group, Winrock International, y el Center for Climate Strategies (CCS). A lo largo del proceso también hubo una importante participación de diferentes actores clave del estado del sector público y privado¹. La Figura 2 presenta los pasos clave que se tomaron para desarrollar y evaluar la trayectoria de Querétaro como parte del marco de planeación desarrollado por el equipo del proyecto. En cada sección posterior de este informe en que se presentan los resultados, el paso relevante se presenta al principio de cada página para indicar en qué paso del desarrollo y de la evaluación de la trayectoria se produjeron los resultados.

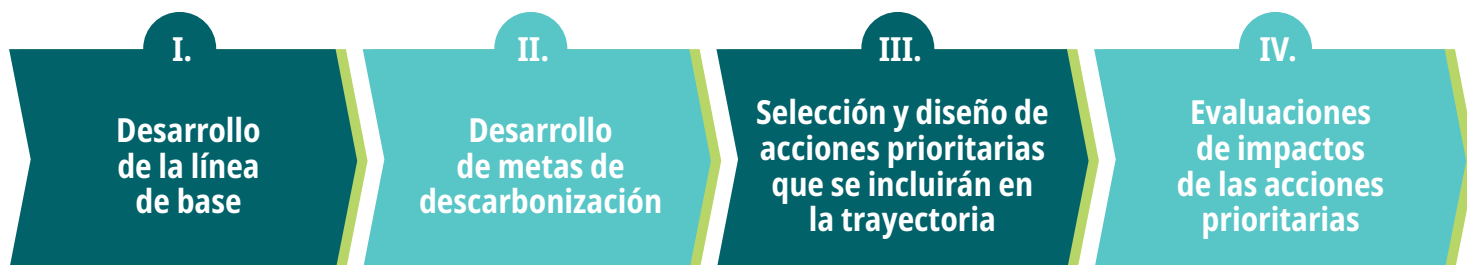


FIGURA 2. PASOS PARA DESARROLLAR Y EVALUAR LA TRAYECTORIA DE DESCARBONIZACIÓN DE QUERÉTARO

Estos pasos se detallan a continuación:

- I. Desarrollo de la línea de base.** Para identificar las maneras más efectivas de reducir emisiones, primero es necesario desarrollar una línea de base. La línea de base consiste en una serie de datos históricos y datos proyectados en el futuro sobre la producción y consumo de energía, la producción de recursos naturales, el consumo, el manejo y los cambios de uso de suelo que reflejan las condiciones esperadas en el escenario *business as usual* y pueden ser usadas para estimar emisiones de GEI.

El equipo del proyecto y las contrapartes del gobierno trabajaron juntos para recopilar los datos que se necesitaban para la línea de base. La primera versión de la línea de base se presentó en un taller presencial en noviembre de 2019 para los actores clave interesados, durante el cual dichos actores tuvieron la oportunidad de dar su opinión. Con base en la retroalimentación y los datos proporcionados durante y después del taller, el equipo del proyecto actualizó la línea de base que fue finalizada en abril de 2020. Los resultados finales de la línea de base de toda la economía de Querétaro se presentan en la Sección 3. Los resúmenes de los resultados finales de las líneas de base de los diferentes sectores se encuentran en los Anexos I-VIII. Las herramientas de Excel con los cálculos se encuentran en los Anexos XXV a XXXIII.

- II. Desarrollo de metas de descarbonización y visiones sectoriales.** De manera paralela, al finalizar la línea de base, se propusieron metas de reducción de emisiones GEI para el 2030 y 2050, así como visiones sectoriales para ayudar a guiar la identificación de las acciones de la trayectoria. Estas metas y visiones se acordaron en el taller de noviembre del 2019. Las metas de reducción se presentan en la Sección 4. La metodología para identificar estas metas se encuentra en el Anexo IX, y las visiones sectoriales se encuentran en el Anexo X.

- III. Selección de acciones prioritarias que se incluirán en la trayectoria.** A partir de los resultados de la línea de base, el equipo del proyecto y las contrapartes del gobierno elaboraron catálogos de acciones. Es decir, listas exhaustivas de acciones potenciales en cada uno de los sectores que el estado podría incluir en su trayectoria para reducir las emisiones de GEI o aumentar las remociones de GEI de la atmósfera en comparación con la línea de base. Estos catálogos incluyeron una descripción de las diferentes acciones, así como ejemplos de cómo podrían implementarse.

Los sectores que Querétaro decidió incluir en su trayectoria son: 1) suministro de energía; 2) demanda de energía: residencial, comercial, e institucional; 3) demanda de energía: industria; 4) demanda de energía: transporte; 5) agricultura y ganadería; y 6) silvicultura y otros usos del suelo. Esta decisión fue tomada por el gobierno durante el taller en noviembre 2019, después de revisar los resultados de la línea de base y recibir los comentarios de los actores clave participantes.

1 Un total de 124 actores estatales participaron en el proceso.

Los actores clave tuvieron la oportunidad de revisar los catálogos y dar su opinión. Estos se finalizaron con base en estos comentarios y se presentan en el Anexo XI.

El equipo del proyecto elaboró una encuesta de evaluación multicriterio (MCA, por sus siglas en inglés) en línea para que los actores clave del estado pudieran priorizar las diferentes acciones del catálogo y seleccionar 12 acciones prioritarias de acuerdo al alcance del Proyecto². A partir de los resultados de esta encuesta, las contrapartes del gobierno estatal, con el asesoramiento técnico del equipo del proyecto, hicieron la selección final de las acciones que se incluirían. Se seleccionaron un total de 12 acciones. Estas acciones se presentan en la Sección 5 y también en los Anexos XIII a XXIV.

Los criterios incluidos en la encuesta para seleccionar las acciones fueron acordados con las contrapartes del gobierno y los actores clave durante el taller en noviembre 2019. Incluyen 1) potencial de mitigación climática; 2) costos; 3) impacto positivo en la igualdad; 4) prioridades gubernamentales existentes; y 5) impacto positivo en la calidad ambiental. Las definiciones de estos criterios se encuentran en el Anexo XII.

IV. Diseño de acciones prioritarias de la trayectoria. Para cada una de las acciones seleccionadas, se identificaron los siguientes parámetros de diseño:

- Una descripción de lo que representa la acción.
- El nivel de esfuerzo o la escala de cambio en la actividad que la jurisdicción necesita realizar para llevar a cabo la acción.
- El tiempo de implementación para alcanzar el nivel de esfuerzo identificado.

Estos parámetros de diseño se definieron para cada acción por las contrapartes del gobierno y otros actores clave del estado con asesoramiento técnico del equipo del proyecto. Se encuentran en la Sección 6 y también en los Anexos XIII a XXIV.

V. Evaluaciones de impactos de las acciones Para cada una de las acciones, se realizaron evaluaciones sobre el impacto estimado en las emisiones de GEI, en la magnitud de los costos y ahorros directos, y en la macroeconomía del estado al implementar la acción. Cuando se identificaron beneficios adicionales como resultado potencial de la acción que no se habían tenido en cuenta en estas evaluaciones, también se incluyeron en una sección separada. Los resultados de estas evaluaciones de impacto se encuentran en los Anexos XIII a XXIV.

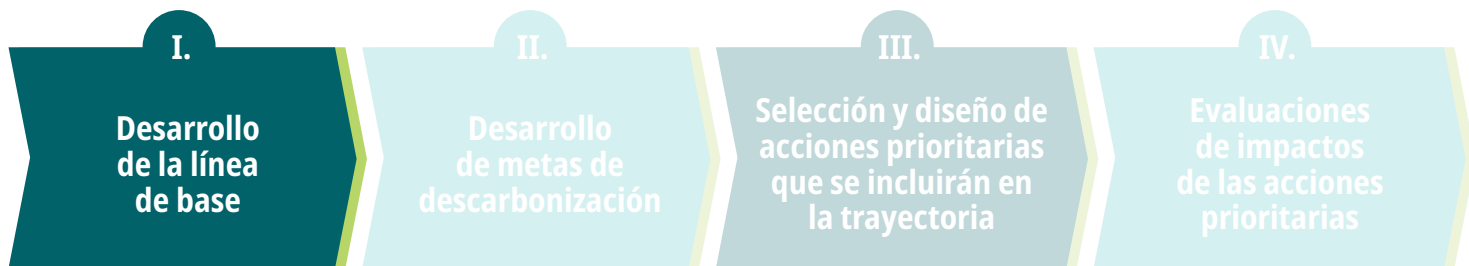
Además de la evaluación de cada acción individual, se llevó a cabo una evaluación de los impactos acumulativos esperados de todas las acciones sobre las emisiones de GEI en toda la economía del estado.

La Tabla 1 presenta la línea de tiempo de las fases del desarrollo de la trayectoria.

TABLA 1. PASOS Y LÍNEA DE TIEMPO PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LA TRAYECTORIA DE QUERÉTARO

PASOS	2019						2020						2021										
	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	
I. Desarrollo de la línea de base	●—————●																						
II. Desarrollo de una meta de descarbonización					●	●																	
III. Desarrollo de catálogos								●	●														
IV. Selección de acciones prioritarias que se incluirán en la trayectoria										●	●	●											
V. Diseño de acciones prioritarias de trayectorias												●	●	●	●								
VI. Evaluaciones de impactos de las acciones prioritarias																	●	●	●	●	●	●	●

² Es importante recalcar que, con la selección de las 12 acciones prioritarias, no se pretendía alcanzar las metas de descarbonización del estado, sino que el estado se posicione en el camino a la descarbonización.



3. Línea de base de emisiones de Querétaro

La Figura 3 a continuación proporciona la línea de base de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en toda la economía para Querétaro, y está seguida por la Tabla 2 que indica el nivel de emisiones de GEI de cada sector de la economía en el escenario *business as usual* (BAU). Los resultados presentados en esta sección se produjeron en el paso 1 *Desarrollo de la Línea de Base* del proceso de desarrollar y evaluar la trayectoria.

La línea de base aborda los años históricos desde el 2000 y una proyección BAU hasta el 2050. La proyección BAU está vinculada a los niveles esperados de crecimiento en la población³ y la actividad económica⁴ que están documentados en la línea de base socioeconómica (ver Anexo I). Cada uno de los sectores económicos representados en la Figura 3 está respaldado por una línea de base de GEI a nivel de sector proporcionada en los Anexos II-VIII.

Para el desarrollo de la línea de base de GEI de Querétaro, se utilizaron los datos proporcionados por el gobierno estatal y otros actores clave, incluyendo el inventario GEI del 2018. En algunos casos, no estaban disponibles datos exhaustivos. Por ejemplo, se dispuso de un solo año de datos históricos de energía y actividad (es decir, 2015). Se aplicaron métodos simples de análisis retrospectivo para indicar el crecimiento del 2000 al 2015. La proyección BAU se desarrolló utilizando métodos documentados en los Anexos de las líneas de base sectoriales adjuntos a este informe.

La línea de base de emisiones se presenta en forma neta, lo que significa que se incluyen tanto las fuentes de GEI como los sumideros (remociones). Las emisiones para el suministro de energía incluyen las asociadas a la electricidad importada. Las unidades de emisión son teragramos (Tg) de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) y se incluyen todos los GEI. Un Tg equivale a un millón de toneladas métricas.

3 Basados en una tasa anual de crecimiento de un alrededor de 2.1%.
 4 Basados en una tasa anual de crecimiento de un alrededor de 4.9%.

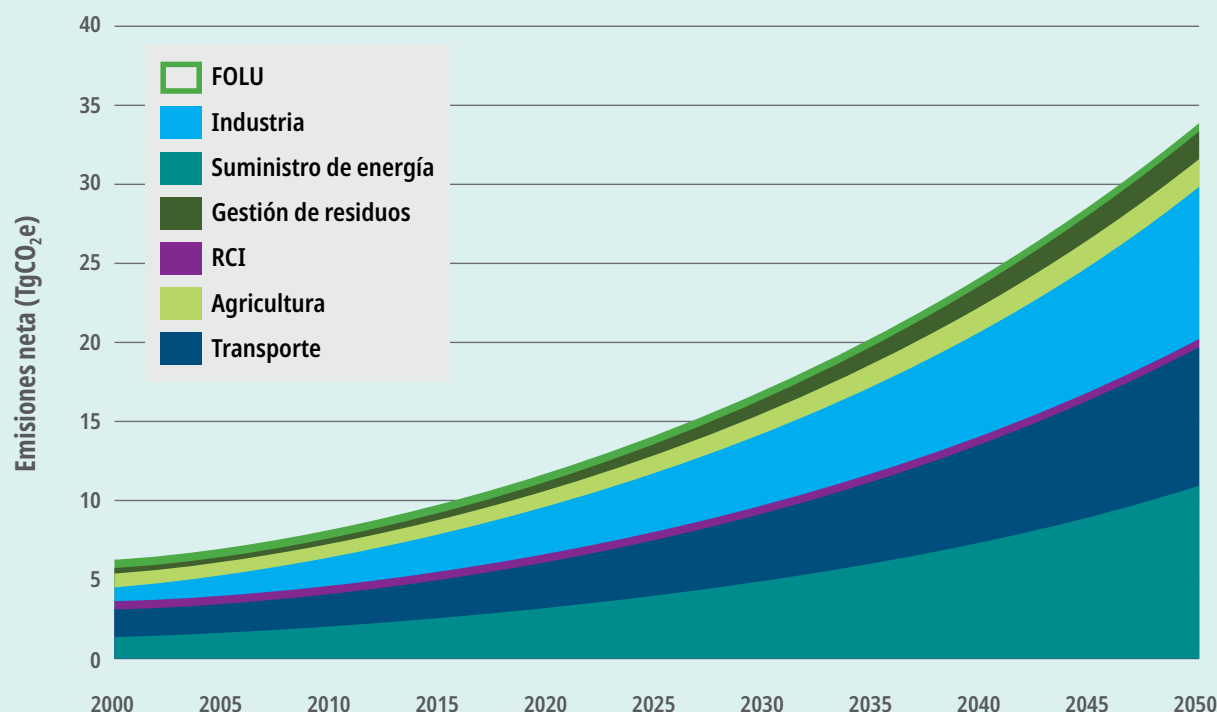


FIGURA 3. LÍNEA DE BASE DE EMISIONES DE GEI EN TODA LA ECONOMÍA DE QUERÉTARO

TABLA 2. EMISIONES NETAS DE GEI POR CADA SECTOR EN EL ESCENARIO BAU

SECTOR	Emisiones netas (TgCO ₂ e)						
	2000	2010	2015	2020	2030	2040	2050
Suministro de energía	1.3	2.0	2.5	3.2	5.1	7.4	10.8
Transporte	1.8	2.2	2.4	3.0	4.3	6.2	8.8
RCI	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6
Industria	1.3	1.9	2.4	2.9	4.4	6.5	9.6
Agricultura	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6	1.8
FOLU	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Gestión de residuos	0.3	0.6	0.6	0.7	1.0	1.3	1.8
Emisiones Netas Totales	5.8	8.1	9.4	11.4	16.7	23.6	33.5

Como se indica en la Figura 3 y la Tabla 2 anteriores, los sectores que contribuyen significativamente a las emisiones de GEI en Querétaro incluyen:

- **Suministro de Energía:** emisiones de la generación de energía eléctrica en el estado y de las importaciones de energía eléctrica para satisfacer la demanda principalmente de los sectores residencial, comercial, institucional (RCI) e industrial. Bajo las condiciones BAU, no se espera que el sector del transporte genere una demanda significativa de electricidad.
- **Transporte:** principalmente emisiones del consumo de diésel y gasolina de los vehículos de carretera.
- **Industria:** principalmente emisiones del consumo de combustibles fósiles (especialmente gas natural) para procesos industriales.

El sector residencial, comercial e institucional (RCI) y los sectores agricultura, ganadería, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés) y manejo de desechos contribuyen solo con pequeñas cantidades de emisiones de GEI a la línea de base de toda la economía (particularmente para la proyección BAU). Respecto al sector de AFOLU, para facilitar la contabilidad de emisiones, se ha desglosado en 1) agricultura y ganadería y 2) silvicultura y otros usos del suelo (FOLU). En particular:

- **RCI:** las emisiones provienen principalmente de la quema de combustibles domésticos.
- **Agricultura y ganadería:** las emisiones de uso no energético durante la producción agrícola y ganadera. Además de las emisiones de GEI, también se abordan los flujos de carbono orgánico del suelo por cambios en el manejo del suelo y flujos de carbono de biomasa por cambios en los sistemas agropecuarios (por ejemplo, conversión de sistemas agrícolas a pastizales, etc).
- **Silvicultura y otros usos del suelo (FOLU):** las emisiones que se producen durante la gestión de la tierra, los cambios de uso de la tierra, y los incendios forestales. En cuanto a ciertos cambios de uso del suelo (particularmente, la conversión de tierras no forestales a tierras forestales), también se incluyen las remociones de CO₂.
- **Gestión de residuos:** las emisiones de actividades de tratamiento de residuos sólidos y aguas residuales y las emisiones no energéticas asociadas.



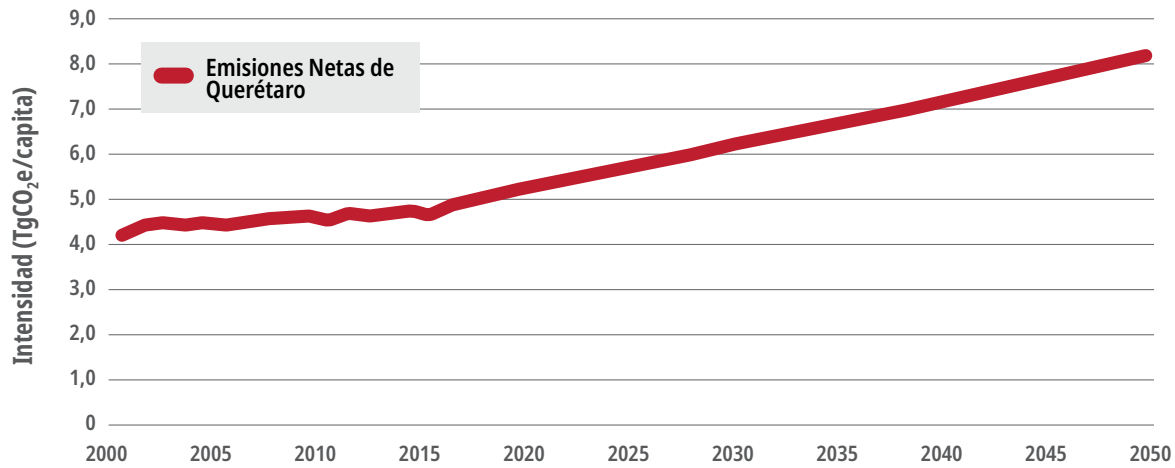


FIGURA 7. INTENSIDAD DE CARBONO POR CÁPITA

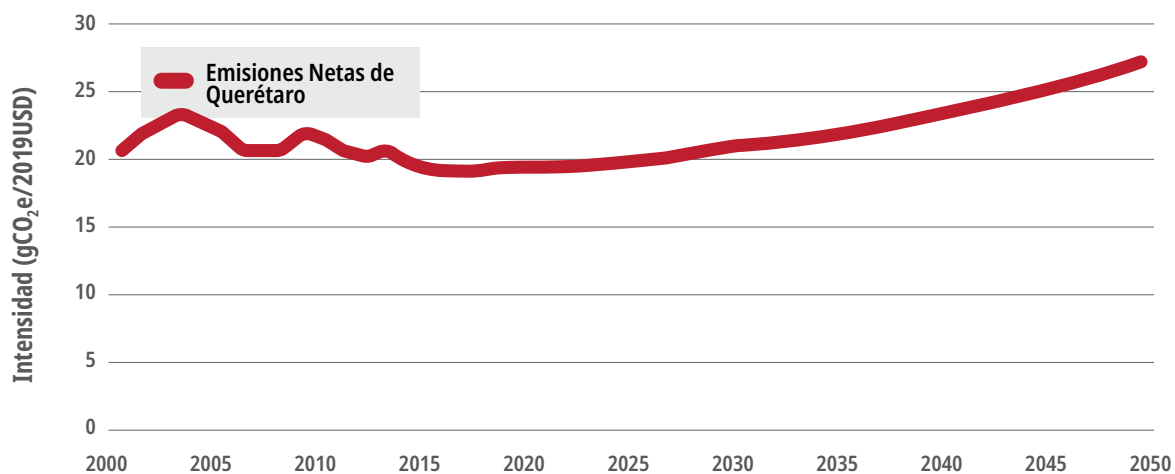


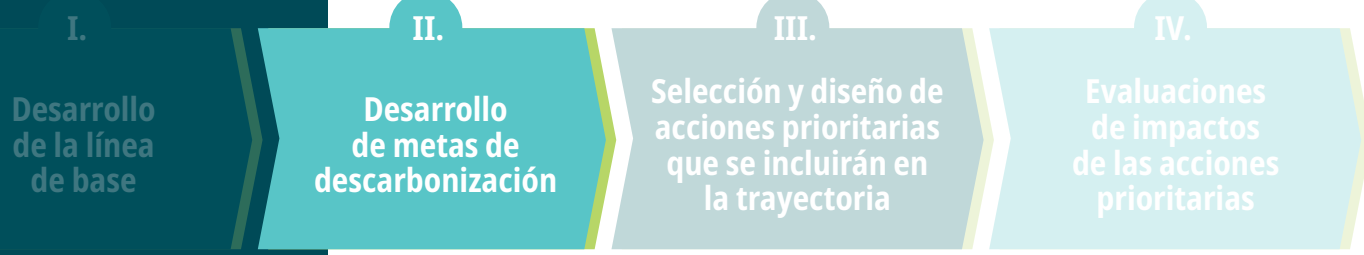
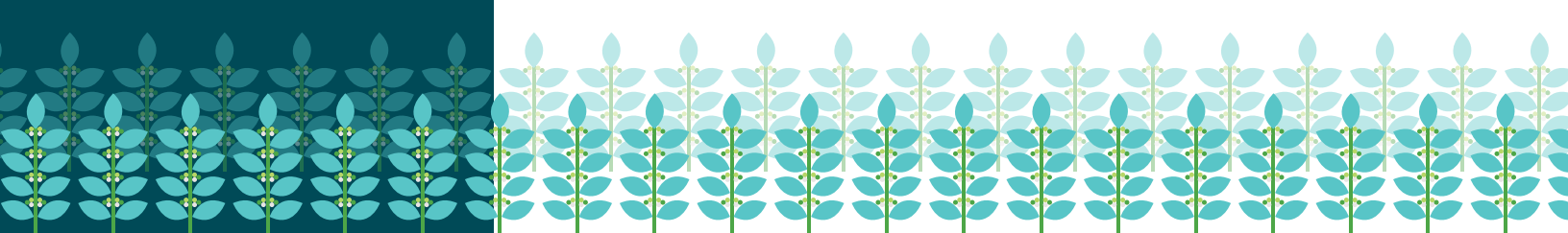
FIGURA 8 INTENSIDAD DE CARBONO DE LA ECONOMÍA

Las Figuras 7 y 8 proporcionan la intensidad de carbono de las emisiones netas de GEI en toda la economía de Querétaro que también se espera que crezca significativamente para el 2050. Con respecto a la población, se espera que la intensidad de carbono crezca de menos de 5.0 tCO₂e/cápita en 2015 a más de 8.0 tCO₂e/cápita en 2050. Con base en la actividad económica, la intensidad de carbono fue de menos de 20 gramos (g) de CO₂e por dólar estadounidense de 2019 (USD 2019) en 2015 y crecerá a alrededor de 27 gCO₂e/2019USD para 2050.

Como se mencionó anteriormente, los detalles de las líneas de base de emisiones de GEI a nivel socioeconómico y sectorial se pueden encontrar en los Anexos I al VIII de este informe y cubren lo siguiente:

- **Línea de base socioeconómica:** población BAU y crecimiento económico.
- **Línea de base del sector de suministro de energía:** crecimiento BAU en la actividad y las emisiones de suministro de energía. Para Querétaro, este sector aborda principalmente el suministro de electricidad y las emisiones directas de GEI asociadas.
- **Línea de base del sector residencial, comercial e institucional:** demanda BAU de combustibles y electricidad y las emisiones de GEI directas e indirectas asociadas.
- **Línea de base del sector industrial:** demanda BAU de combustibles y electricidad y las emisiones de GEI directas e indirectas asociadas. Además, la actividad de producción industrial y las emisiones de GEI no energéticas (de proceso) asociadas.
- **Línea de base del sector de transporte:** demanda BAU de combustibles y electricidad y las emisiones de GEI directas e indirectas asociadas.
- **Línea de base del sector agricultura y ganadería:** actividad de producción agrícola y ganadera en el escenario BAU y las emisiones de GEI y remociones de CO₂ asociadas.
- **Línea de base del sector de silvicultura y otros usos del suelo:** gestión de los bosques y otros usos de la tierra y las emisiones de gases de efecto invernadero y la absorción de CO₂ asociadas.
- **Línea base del sector gestión de residuos:** actividad de generación y gestión de residuos sólidos y aguas residuales y las emisiones de GEI asociadas.

La herramientas de Excel usadas para hacer los cálculos de las líneas de base sectoriales se encuentran en los Anexos XXV a XXXII.



4. Metas de reducción de emisiones de GEI y visiones

La selección de una meta de reducción de emisiones de GEI para el estado de Querétaro se basó en el nivel de reducción de emisiones requerido a nivel mundial para limitar el calentamiento a menos de 2 grados Celsius (C) por encima de los niveles preindustriales. El IPCC ha indicado que es necesario limitar el calentamiento global por debajo de este nivel para evitar las peores consecuencias del cambio climático (y también más abogado por un nivel de calentamiento aún más bajo, de menos de 1.5 grados C). Mantenerse por debajo de este nivel de calentamiento resultará en menos dificultades para adaptarse al cambio climático, incluyendo una menor intensidad y frecuencia de eventos climáticos extremos, y menores impactos en los recursos naturales, la biodiversidad, la seguridad alimentaria y otros impactos.

Los resultados presentados en esta sección se generaron en el paso 2. *Desarrollo de metas de descarbonización* en el proceso de desarrollar y evaluar la trayectoria. Se llevó a cabo una evaluación de las metas de reducción de emisiones a nivel estatal necesarias para lograr coherencia con el objetivo de calentamiento de 2°C⁵. Una explicación detallada de esta evaluación y los resultados se presentan en el Anexo IX. Con base en esta evaluación, el estado de Querétaro seleccionó las siguientes metas de reducción de GEI a nivel estatal de manera consistente con los niveles de emisiones requeridos para alcanzar el objetivo de limitar el calentamiento global a 2°C:

Para el año 2030, 27% reducción de emisiones de GEI por debajo del nivel de emisiones del 2015.

Para el año 2050, 65% reducción de emisiones de GEI por debajo del nivel de emisiones del 2015.

Como se indica en la sección de la línea de base, se estimó un nivel de emisiones de alrededor de 9,4 TgCO₂e para el año del 2015, y se estimó que ese valor crecería, en condiciones BAU, a 16.7 TgCO₂e en 2030 y 33.5 TgCO₂e en 2050. Como resultado, las metas de reducción de GEI de Querétaro se traducen en una reducción anual estimada de emisiones a un nivel de 6.9 TgCO₂e para el 2030, y luego a un nivel de 3.2 TgCO₂e para el 2050 como se muestra en la Figura 9 a continuación. Esta Figura compara también las metas de reducción de emisiones de Querétaro para el 2030 y 2050 con las metas de reducción de las NDC de México (es decir, 22% condicional y 36% incondicional por debajo de los niveles BAU para 2030, y 50% de reducción en comparación con el nivel de 2010 para 2050), y también muestra que el logro de la meta 2050 permitirá a Querétaro alcanzar un nivel de emisiones netas igual a cero para el 2068 (asumiendo una Proyección lineal).

En conjunto con la generación de estas metas, se establecieron visiones estatales de desarrollo de los sectores para ayudar a identificar las acciones a incluir en la trayectoria en alineación con tales visiones. Las visiones se encuentran en el Anexo X.

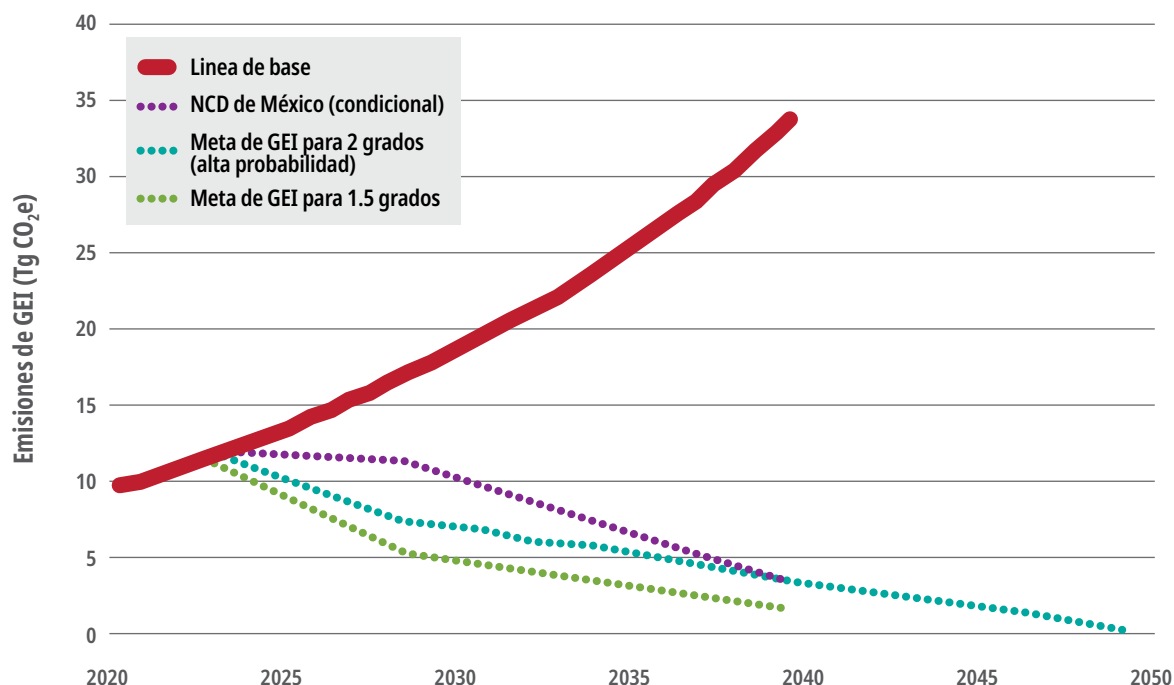


FIGURA 9 METAS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES PARA TODA LA ECONOMÍA

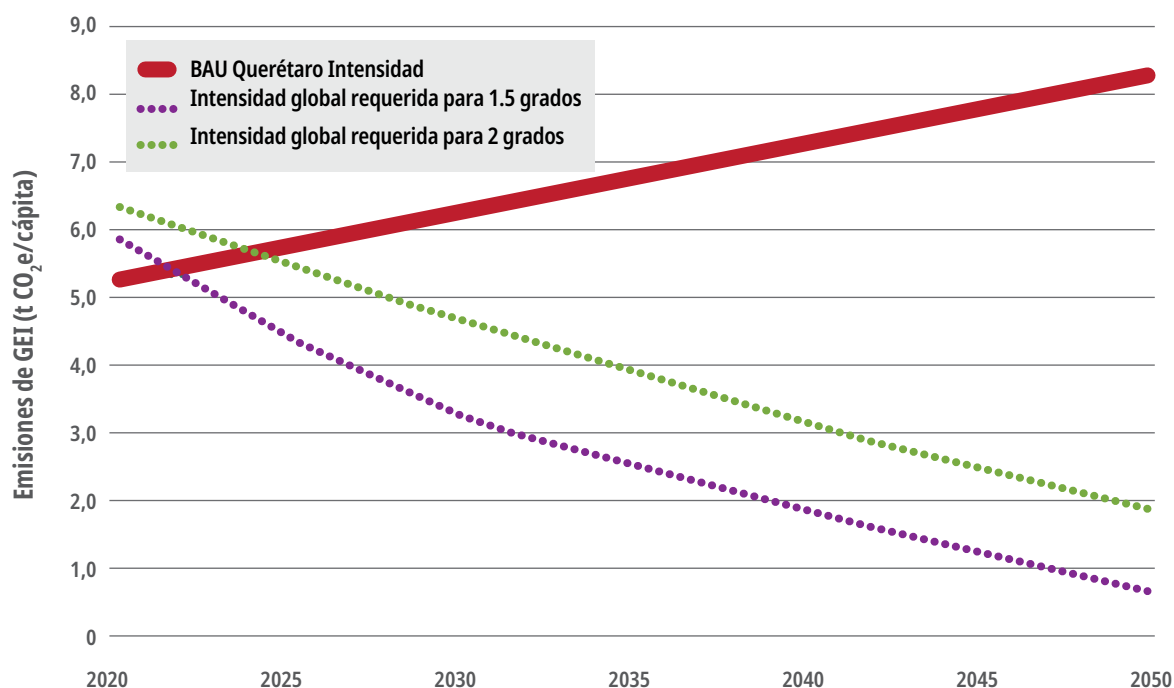
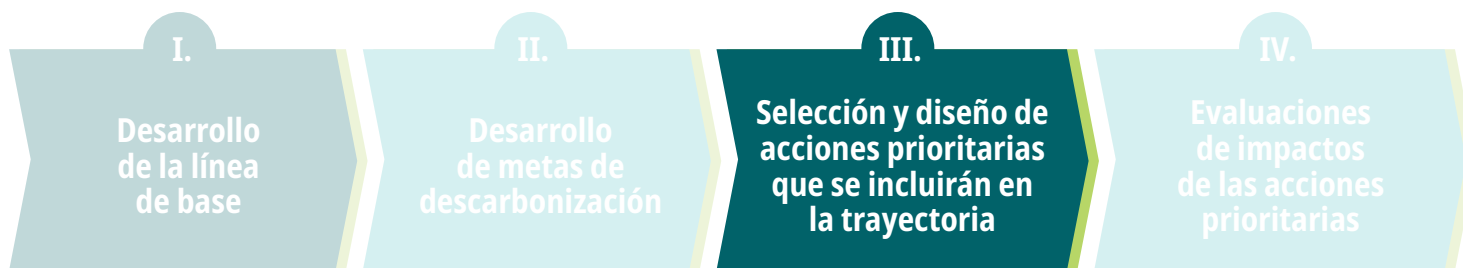
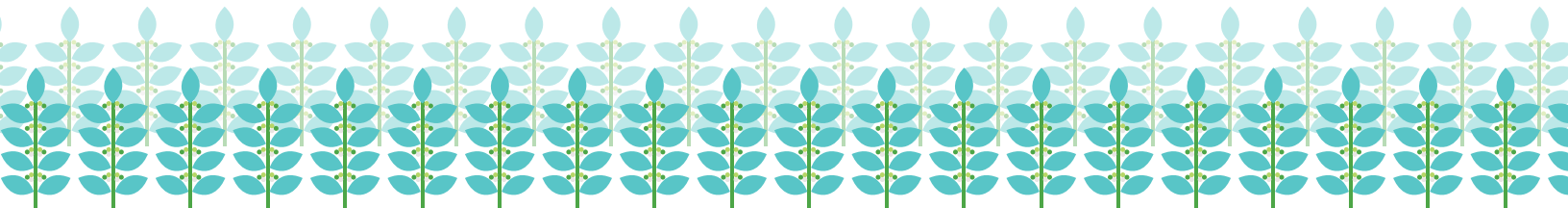


FIGURA 10 INTENSIDAD DE CARBONO PER CÁPITA

A continuación, la Figura 10 compara la intensidad de carbono con respecto a la población (per cápita) en el escenario BAU con la intensidad de carbono global necesaria para limitar el calentamiento a menos de 2°C (y 1.5°C). Como se indica en la figura, en el escenario BAU la intensidad de carbono per cápita es 6.2 tCO₂e/cápita en el 2030 y 8.2 tCO₂e/cápita en el 2050. En comparación con los niveles necesarios a nivel mundial para mantener la temperatura por debajo de 2°C en el 2030 (es decir, 4.6 tCO₂e/cápita) y el 2050 (es decir, 1.9 tCO₂e/cápita) da como resultado más de 1 tCO₂e/cápita por encima del 2030 y más de 6 tCO₂e/cápita por encima del nivel del 2050.



5. Acciones prioritarias seleccionadas para la trayectoria y sus diseños

Esta sección incluye una lista de las acciones prioritarias y sus siguientes componentes de diseño:

Una descripción de lo que representa la acción⁶

El nivel de esfuerzo o la escala de cambio en la actividad que la jurisdicción necesita realizar para llevar a cabo la acción.

El tiempo de implementación para alcanzar el nivel de esfuerzo identificado.

Estos componentes de diseño se definieron por las contrapartes del gobierno y los otros actores clave del estado con asesoramiento técnico del equipo del proyecto. Los resultados presentados en esta sección se produjeron en el paso 3. *Selección y diseño de acciones prioritarias que se incluirán en la trayectoria* en el proceso de desarrollar y evaluar la trayectoria.

SE-1 Energía solar centralizada (en el sector de suministro de energía)

Descripción: Esta acción está diseñada para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (principalmente CO₂) del suministro eléctrico en Querétaro mediante la construcción de nuevas plantas de energía solar centralizadas conectadas a la red nacional.

Nivel de esfuerzo y el tiempo de la implementación:

- Para 2030, reducir la intensidad de carbono de la energía proveniente de la red en 25% desde los niveles de BAU a través de nueva capacidad solar.
- Para 2050, reducir la intensidad de carbono de la energía basada proveniente de la red en 50% desde los niveles de BAU a través de nueva capacidad solar.

6 Las descripciones incluidas en esta sección son resúmenes. Las descripciones enteras de las acciones se encuentran en los Anexos XIII a XXIV.

RCI-1. Solar distribuido en el sector comercial e institucional (en el sector de RCI)

Descripción: Esta acción está diseñada para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (principalmente CO₂) del suministro eléctrico en Querétaro mediante la construcción de nuevos proyectos de energía solar distribuida (producción *in situ* de energía renovable) en el sector comercial e institucional del Estado.

Nivel de esfuerzo y el tiempo de la implementación:

- Para 2030, implementar proyectos de energía solar fotovoltaica *in situ* en instalaciones comerciales a una escala suficiente para satisfacer 25% del consumo de electricidad en el sector comercial/institucional.
- Para 2050, implementar proyectos de energía solar fotovoltaica *in situ* en instalaciones industriales a una escala suficiente para satisfacer 75% del consumo de electricidad en el sector comercial/institucional.

I-1. Producción de electricidad renovable in situ (en el sector de industria)

Descripción: Esta acción está diseñada para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (principalmente CO₂) del suministro eléctrico en Querétaro mediante la construcción de nuevos proyectos de energía solar distribuida (expansión de la producción de energía renovable *in situ*) en el sector industrial del estado.

Nivel de esfuerzo y el tiempo de la implementación:

- Para 2030, implementar proyectos de energía solar fotovoltaica *in situ* en instalaciones industriales a una escala suficiente para satisfacer 25% del consumo de electricidad en el sector industrial.
- Para 2050, implementar proyectos de energía solar fotovoltaica *in situ* en instalaciones industriales a una escala suficiente para satisfacer 75% del consumo de electricidad en el sector industrial.

I-2. Producción y uso de combustibles renovables (en el sector de la industria)

Descripción: Esta acción está diseñada para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (principalmente CO₂) del consumo de combustibles industriales mediante el desarrollo de una industria de producción de biocombustibles en el estado y el uso de estos biocombustibles para compensar el uso de combustibles fósiles.

Nivel de esfuerzo y el tiempo de la implementación:

- Para 2030, implementar la capacidad de producción de biocombustibles suficiente en el estado para compensar el 5% del consumo de combustibles fósiles.
- Para 2050, implementar una capacidad de producción de biocombustibles suficiente en el estado para compensar el 15% del consumo de combustibles fósiles.

I-3. Producción de calor renovable in situ (en el sector de la industria)

Descripción: Esta acción está diseñada para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (principalmente CO₂) del consumo de combustibles industriales mediante la implementación de tecnologías de energías renovables (ER) para satisfacer las necesidades de energía térmica.

Nivel de esfuerzo y el tiempo de la implementación:

- Para 2030, implementar tecnologías renovables para producir suficiente calor de proceso o agua caliente para compensar el 33% del consumo de combustibles en los siguientes subsectores industriales de Querétaro: alimentos y bebidas, productos de papel, textiles, productos químicos, productos de caucho y plástico, maquinaria, automóviles y "otras" industrias.
- Para 2050, implementar tecnologías renovables para producir suficiente calor de proceso o agua caliente para compensar el 80% del consumo de combustible en los siguientes subsectores industriales de Querétaro: alimentos y bebidas, productos de papel, textiles, productos químicos, productos de caucho y plástico, maquinaria, automóviles y "otras" industrias.

I-4. Eficiencia Energética Eléctrica (en el sector de la industria)

Descripción: Esta acción está diseñada para reducir las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero (GEI) (principalmente CO₂) del consumo de electricidad en el sector industrial (es decir, las emisiones producidas por las centrales eléctricas que abastecen a la red eléctrica).

Nivel de esfuerzo y el tiempo de la implementación:

- Para 2030, implementar medidas de EE eléctrica en todo el sector industrial suficientes para lograr una reducción del 20% en el consumo de electricidad.
- Para 2050, implementar medidas de EE eléctrica en todo el sector industrial suficientes para lograr una reducción del 50% en el consumo de electricidad.

T-1. Planificación urbana inteligente (en el sector de transporte)

Descripción: El crecimiento urbano inteligente es un enfoque de desarrollo que fomenta una combinación de tipos y usos de edificios, diversas opciones de vivienda y transporte, desarrollo dentro de los vecindarios existentes y participación de la comunidad. El crecimiento urbano inteligente también puede fomentar otras alternativas, como caminar y andar en bicicleta. La reducción general de la actividad de los vehículos lograda da como resultado una reducción del uso de energía y las emisiones de GEI.

Nivel de esfuerzo y el tiempo de la implementación:

- Para el 2035, se implementarán todos los mecanismos necesarios para apoyar la planificación urbana inteligente que cubra al 60% de la población del estado de Querétaro. Esto incluye los municipios de Corregidora, El Marqués, Huimilpan y Querétaro.
- Para el 2050, se implementarán todos los mecanismos de implementación necesarios para apoyar la planificación urbana inteligente que cubra al 75% de la población del estado de Querétaro. Esto incluye la incorporación también del Área Metropolitana de San Juan del Río.

T-2. Electrificación de vehículos (en el sector de transporte)

Descripción: Esta acción está diseñada para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (principalmente CO₂) del sector transporte en Querétaro mediante la electrificación de los vehículos. La electrificación de los vehículos reduce las emisiones del tubo de escape al disminuir la proporción de la flota de vehículos que utiliza motores tradicionales de combustión interna que queman combustibles fósiles (gasolina y diésel), es decir, una convergencia entre los sistemas eléctricos y mecánicos. Los trenes de potencia electrificados requieren menos de un tercio de la energía que requieren los trenes de potencia de motores de combustión interna. Además, las reducciones de GEI de la electrificación de vehículos aumentan cuando se agrega más energía renovable a la red eléctrica de la que se necesita para hacer funcionar los vehículos eléctricos.

Nivel de esfuerzo y el tiempo de la implementación:

- Para 2035, todos los mecanismos de implementación necesarios para apoyar la electrificación de vehículos en todos los municipios estarán implementados. El logro de esta meta los vehículos eléctricos e híbridos representarán el 50% de las ventas de vehículos nuevos. La acción se centrará primero en los vehículos ligeros, e incluirá los vehículos pesados después de 5 años.
- Para 2050, los vehículos eléctricos e híbridos representarán el 100% de las ventas de vehículos nuevos.

AG-1. Sistemas agroforestales (en el sector de agricultura y ganadería)

Descripción: Esta acción tiene por objeto disminuir el dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera mediante iniciativas que establezcan sistemas agroforestales para producir cultivos anuales y/o perennes (también denominados sistemas agrosilvícolas) en zonas que actualmente se cultivan con sistemas agrícolas de monocultivo o en otras zonas degradadas.

Nivel de esfuerzo y el tiempo de la implementación:

- Para 2030, un total de 1,000 hectáreas de tierras agrícolas de monocultivo se habrán convertido en nuevos sistemas agroforestales en el estado.
- Para 2050, un total de 20,000 hectáreas de tierras agrícolas de monocultivo se habrán convertido en nuevos sistemas agroforestales en el estado.

AG-2. Regeneración de tierras de pastoreo (en el sector de agricultura y ganadería)

Descripción: Esta acción tiene por objeto capturar el dióxido de carbono de la atmósfera, así como reducir las emisiones de GEI mediante iniciativas que tienen como objetivo restaurar el carbono del suelo y reducir las pérdidas de carbono del suelo en los pastizales.

Nivel de esfuerzo y el tiempo de la implementación:

- Para 2030, 150,000 hectáreas de tierras de pastoreo existentes serán regeneradas.
- Para 2050, 270,000 hectáreas de tierras de pastoreo existentes serán regeneradas.

FOLU-1. Expansión del Ecosistema Forestal (en el sector de silvicultura y otros usos del suelo)

Descripción: Esta acción tiene por objeto aumentar la absorción del dióxido de carbono de la atmósfera mediante iniciativas que establecen nuevos bosques en zonas actualmente no boscosas en áreas públicas y/o privadas en el estado.

Nivel de esfuerzo y el tiempo de la implementación:

- Para 2030, un total de 10,000 hectáreas de nuevos ecosistemas forestales (un ritmo de 1,000 ha/año) se habrán establecido en el estado, incluyendo bosques de coníferas, bosques de encinos, selvas bajas, matorrales y bosques mesófilos. Se habrán establecido en áreas de uso de suelo no forestal y degradadas.
- Para 2050, un total de 30,000 hectáreas de nuevos ecosistemas forestales (siguiendo el ritmo de 1,000 ha/año) se habrán establecido en el estado, incluyendo bosques de coníferas, bosques de encinos, selvas bajas, matorrales y bosques mesófilos. Se habrán establecido en áreas de uso de suelo no forestal y degradadas.

FOLU-2. Conservación de tierras forestales (en el sector de silvicultura y otros usos del suelo)

Descripción: Esta acción tiene por objeto reducir las tasas de deforestación en el estado y las emisiones asociadas mediante la generación de un mecanismo de pago por servicios ambientales en el que los propietarios de bosques existentes y no protegidos serán recompensados por conservar las tierras forestales con alto riesgo de ser deforestadas.

Nivel de esfuerzo y el tiempo de la implementación:

- Para 2030, se habrá evitado un total de 7,850 hectáreas de deforestación
- Para 2050, se habrá evitado un total de 26,100 hectáreas de deforestación



I.

Desarrollo
de la línea
de base

II.

Desarrollo
de metas de
descarbonización

III.

Selección y diseño de
acciones prioritarias
que se incluirán en
la trayectoria

IV.

Evaluaciones
de impactos
de las acciones
prioritarias

6. Impactos esperados de la implementación de la trayectoria de descarbonización

El impacto potencial esperado de la implementación de cada acción prioritaria se evaluó para el período 2022-2050 en términos de (i) potencial de descarbonización estimado (ya sea reducción de emisiones o aumento de remociones de GEI), (ii) magnitud de los costos o ahorros directos, y (iii) cambios en la economía del Estado.

Los resultados presentados en esta sección se produjeron en el paso 5. *Evaluaciones de impactos de las acciones priorizadas* del proceso de desarrollar y evaluar la trayectoria. Los resultados de estas tres evaluaciones para cada acción prioritaria se detallan en los Anexos XIII a XXIV, incluida una explicación de la metodología utilizada para realizar cada una de las evaluaciones. **Igual que en el desarrollo de la línea de base, es importante resaltar que estas evaluaciones se basan en la información disponible, ya sea proporcionada por los actores clave o que el equipo del proyecto accedió por fuentes públicas.**

Para cada área de evaluación de impactos, se llevaron a cabo dos sesiones de capacitación para el gobierno y otros actores con el fin de proporcionar el conocimiento necesario para revisar y comprender los resultados de las evaluaciones. Las sesiones de capacitación incluyeron un taller teórico remoto que cubrió los conceptos y la metodología, y un taller práctico remoto que incluyó ejercicios para que los participantes aplicaran los conceptos y la metodología a ejemplos de acciones de descarbonización. Además, se desarrolló un documento de orientación para cada área de evaluación de impactos para apoyar el proceso de aprendizaje (ver Anexos XXXIV a XXXVI).

Además de estas tres evaluaciones de impactos para cada acción, también se identificaron listas de otros co-beneficios y posibles inconvenientes de implementar las acciones que no se podían evaluar en detalle en este proyecto. Estas listas se encuentran en los Anexos XIII a XXIV.

A. Evaluación de impactos esperados de emisiones GEI

La evaluación de impactos de emisiones GEI se llevó a cabo utilizando un proceso comúnmente conocido como “análisis de cambio de línea de base” donde se estiman los cambios potenciales en las proyecciones BAU resultantes de la implementación de una acción. La evaluación implicó aplicar el nivel de esfuerzo para cada acción contra la actividad del escenario BAU aplicable (ver los niveles de esfuerzo identificados en la Sección 8). Las actividades del escenario BAU pueden incluir: producción y demanda de electricidad, consumo de combustible, conversión o gestión de tierras y otras actividades. Primero se estimó el cambio en la actividad y luego se cuantificó el impacto de las emisiones de GEI asociadas utilizando métodos (como factores de emisión) coherentes con la línea de base.

Cada acción se evaluó primero sobre una base “independiente”, lo que significa que no se consideraron interacciones o superposiciones con otras acciones. Cuando se completó el análisis independiente para todas las acciones en un sector, se llevó a cabo una evaluación para determinar si había interacciones/superposiciones con otras acciones en el mismo sector (es decir, un análisis de superposiciones “*intra-sectorial*”). Luego, se desarrollaron y aplicaron métodos para corregir estas interacciones/superposiciones. Cuando se completó el análisis de impactos de GEI en todos los sectores, se realizó una evaluación similar para identificar y ajustar cualquier interacción/superposición entre acciones en diferentes sectores (es decir, un análisis de superposición “*inter-sectorial*”).

PROGRESO ESPERADO HACIA LAS METAS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GEI

Se espera que la implementación de las acciones prioritarias resulte en una descarbonización significativa de la economía de Querétaro, como se resume a continuación:

Impactos esperados de GEI de las acciones prioritarias en comparación con los niveles de emisiones de GEI del escenario BAU: para el 2030, se esperan reducciones de emisiones de GEI de 4.2 TgCO₂e (es decir, el 25% en comparación con los niveles BAU). Para el 2050, se esperan reducciones de 18 TgCO₂e (es decir, el 54% frente a los niveles BAU). La mayoría de las reducciones de emisiones de GEI provendrán de las acciones prioritarias en los sectores de industria y suministro de energía.

Impactos esperados de GEI de las acciones prioritarias de la trayectoria en comparación con las metas: para el año 2030, se estima que las reducciones de emisiones de GEI de las acciones prioritarias serán aproximadamente la mitad de las necesarias para alcanzar la meta 2030 (4.2 TgCO₂e de las 9.8 TgCO₂e necesarias). Para el año 2050, se estima que las reducciones de emisiones de GEI de las acciones prioritarias serán más de la mitad de las necesarias para alcanzar la meta 2050 (18 TgCO₂e de las 30 TgCO₂e necesarias). Las acciones prioritarias aplanarán en gran medida el crecimiento de las emisiones de GEI durante las próximas dos décadas; sin embargo, no producirán reducciones lo suficientemente grandes como para alcanzar las metas. Alcanzar la meta 2050 requiere que el estado alcance niveles de reducción de emisiones de GEI de alrededor de 0.4 TgCO₂e/año para el 2050.

A través de este Proyecto, Querétaro ha establecido metas de descarbonización ambiciosas y transformadoras, y las acciones prioritarias representan un esfuerzo significativo del estado para lograrlas debido a sus niveles de esfuerzo (objetivo) significativos. Para alcanzar las metas, se necesitan reducir emisiones adicionales de 5.6 TgCO₂e para 2030 y se necesitan reducir emisiones adicionales de 12 TgCO₂e para 2050.

La Figura 11 a continuación resume la línea de base de GEI de toda la economía, las metas (y la trayectoria de descarbonización asociada), y las reducciones de emisiones de GEI atribuidas a cada una de las acciones prioritarias. Posteriormente, la Tabla 4 indica para cada acción prioritaria de cada sector: (i) las reducciones de emisiones de GEI no ajustadas para superposiciones entre acciones; (ii) las reducciones de emisiones de GEI ajustadas para superposiciones entre acciones; (iii) la reducción porcentual contra el BAU; (iv) la reducción porcentual en comparación con las metas; y (v) las emisiones de GEI remanentes después de la implementación de las acciones prioritarias.

Las reducciones de emisiones de GEI indicadas para cada acción incluyen reducciones de emisiones directas (por ejemplo, reducciones en el uso de combustible; cambios en la gestión de la tierra) y reducciones de emisiones indirectas (por ejemplo, reducciones en el uso de electricidad; o producción de energía renovable). Las reducciones de emisiones que se muestran en el gráfico se ajustan para superponer las acciones, mientras la tabla indica reducciones independientes y reducciones ajustadas por superposición.

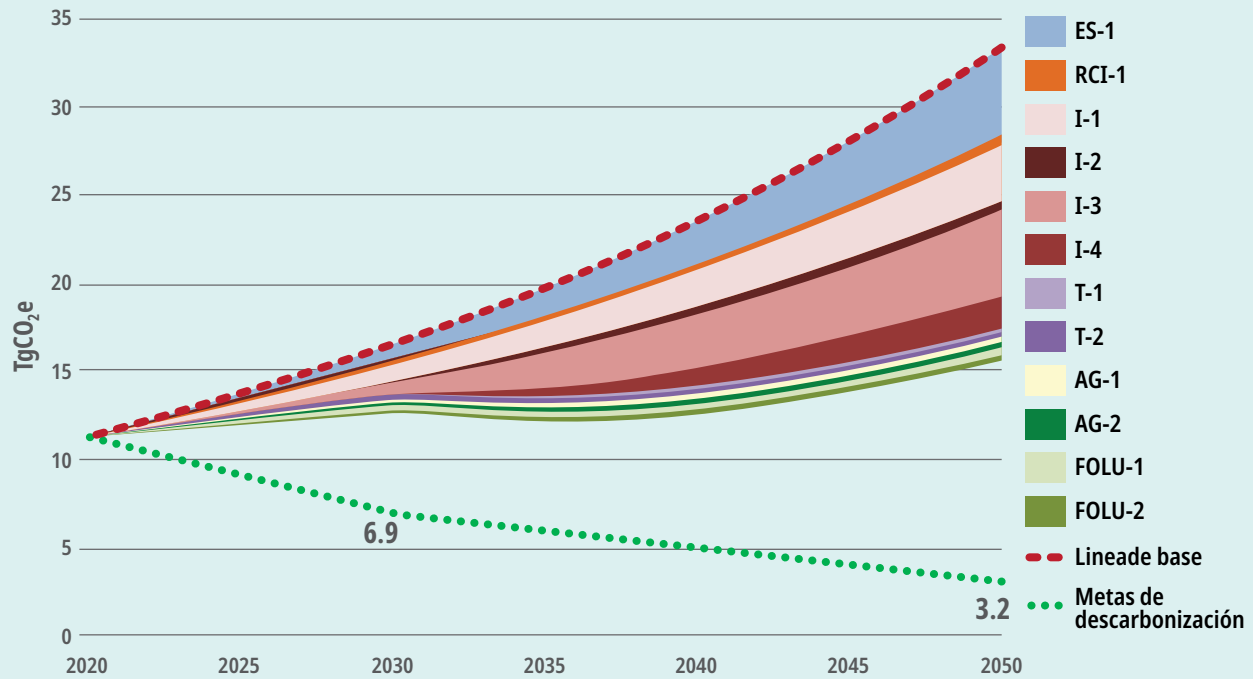


FIGURA 11. REDUCCIONES DE GEI POR LAS ACCIONES PRIORITARIAS

TABLA 4 IMPACTO DE LAS EMISIONES DE GEI EN TODA LA ECONOMÍA DE LAS ACCIONES PRIORITARIAS

TÍTULO DE LA ACCIÓN		Reducciones no ajustadas por superposición (TgCO ₂ e)		Reducciones ajustadas por superposición (TgCO ₂ e)		Reducción de la línea de base (%)	
		2030	2050	2030	2050	2030	2050
SE-1	Energía solar centralizada	1.3	5.4	1.3	5.4	7.6%	16%
Total del sector suministro de energía		1.3	5.4	1.3	5.4	7.6%	16%
RCI-1	Solar distribuido en el sector comercial y institucional	0.08	0.51	0.07	0.44	0.4%	1.3%
Total del sector residencial, comercial e institucional		0.08	0.51	0.07	0.44	0.4%	1.3%
I-1	Producción de electricidad renovable en el sitio	0.87	5.70	0.69	2.84	4.1%	8.5%
I-2	Producción y uso de combustibles renovables	0.21	1.39	0.14	0.28	0.8%	0.8%
I-3	Producción de calor renovable en el sitio	1.04	5.61	1.04	5.61	6.2%	17%
I-4	Eficiencia energética eléctrica	0.80	4.37	0.64	2.46	3.8%	7.4%
Total del sector industrial		2.9	17	2.5	11	15%	33%
T-1	Planificación urbana inteligente	0.07	0.32	0.07	0.32	0.4%	0.9%
T-2	Electrificación de vehículos	0.03	0.62	0.01	0.36	0.1%	0.1%
Total del sector transporte		0.10	0.94	0.08	0.67	0.5%	2.0%
AG-1	Sistemas agroforestales	0.004	0.08	0.004	0.08	0.02%	0.2%
AG-2	Regeneración de tierras de pastoreo	0.22	0.17	0.21	0.09	1.3%	0.3%
Total del sector agropecuario		0.22	0.25	0.21	0.17	1.3%	0.5%
FOLU-1	Expansión del ecosistema forestal	0.04	0.10	0.04	0.10	0.2%	0.3%
FOLU-2	Conservación de tierras forestales	0.02	0.02	0.02	0.02	0.1%	0.1%
Total del sector FOLU		0.06	0.13	0.06	0.13	0.4%	0.4%
Reducciones de GEI en toda la economía		4.6	24	4.2	18	25%	54%
Línea de base				17	33		
Metas de descarbonización comparadas con la línea de base				9.8	30	59%	90%
Emisiones restantes después de la implementación de acciones prioritarias				12	15		
Emisiones restantes después de la consecución de los metas de descarbonización				6.9	3.2		

SUPERPOSICIONES CONSIDERADAS EN EL ANÁLISIS DE IMPACTOS DE GEI

A. Superposiciones *intra*-sectoriales en los sectores de Industria y Transporte

- La acción de energía renovable I-1 y la acción de eficiencia energética I-4 interactúan en el sentido de que la eficiencia energética implementada bajo de la acción I-4 reducirá la cantidad de energía renovable necesaria para cumplir con las metas de la acción I-1.
- La acción de combustible renovable I-2 y la acción de producción de calor renovable I-3 interactúan en el sentido de que cuanto más combustible se ahorra mediante la implementación de la acción I-3, menos combustible renovable se necesita con la acción I-2 para cumplir con los objetivos de esa acción.
- La acción de electrificación del vehículo T-2 interactúa con la acción de planificación urbana T-1 en el sentido de que a medida que los kilómetros recorridos por vehículo (KVT) y el consumo de combustible se reducen con la acción T-1, existe un menor potencial de reducción de GEI a través la electrificación de la flota de vehículos ligeros bajo la acción T-2.

B. Superposiciones *inter*-sectoriales entre todas las acciones relacionadas con la generación y consumo eléctrico

- Las acciones de energía renovable SE-1, RCI-1 e I-1 que agregan más electricidad limpia a la red.
- La acción de eficiencia energética I-4 que reduce el consumo.
- La acción de electrificación del vehículo T-2 que incrementa el consumo.

En conjunto, estas acciones cambian la intensidad general de la red la cual se utiliza para calcular los impactos de las emisiones de la implementación de las acciones. En este caso, la reducción en la generación de combustibles fósiles, a través de las acciones de energía renovable y eficiencia energética, es mayor que el aumento en el consumo de energía requerido por la acción de electrificación de vehículos, por lo que la intensidad de carbono de la red desciende. Por tanto, la acción de eficiencia energética tiene un impacto en la reducción de emisiones menor, pero la acción de electrificación del vehículo tiene un impacto mayor. Sin embargo, cabe mencionar que el impacto ajustado por superposición para T-2 sigue siendo menor que el resultado independiente debido al ajuste por superposición intrasectorial descrito anteriormente.

Como se muestra en la figura y la tabla anterior, se espera que las acciones prioritarias logren:

Una reducción *total* de 4.2 TgCO₂e para el 2030 (es decir, 25% en comparación con los niveles BAU)

Una reducción *total* de 18 TgCO₂e para el 2050 (es decir, 52% en comparación con los niveles BAU)

En el *sector suministro de energía*, una reducción de 1.3 TgCO₂e para el 2030 (es decir, 7.7% en comparación con niveles BAU) y 5.4 TgCO₂e para el 2050 (es decir, 16% en comparación con niveles BAU)

En el *sector de RCI*, una reducción de 0.07 TgCO₂e para el 2030 (es decir, 0.5% en comparación con niveles BAU) y 0.44 TgCO₂e para el 2050 (es decir, 1.5% en comparación con niveles BAU)

En el *sector industrial*, una reducción de 2.5 TgCO₂e para el 2030 (es decir, 17% en comparación con niveles BAU) y 11 TgCO₂e para el 2050 (es decir, 32% en comparación con niveles BAU)

En el *sector de transporte*, una reducción de 0.08 TgCO₂e para el 2030 (es decir, 0.5% en comparación con niveles BAU) y 0.67 TgCO₂e para el 2050 (es decir, 2.1% en comparación con niveles BAU)

En el *sector de agricultura y ganadería*, una reducción de 0.21 TgCO₂e para el 2030 (es decir, 1.3% en comparación con niveles BAU) y 0.17 TgCO₂e para el 2050 (es decir, 0.5% en comparación con niveles BAU)

En el *sector de FOLU*, una reducción de 0.06 TgCO₂e para el 2030 (es decir, 0.4% en comparación con niveles BAU) y 0.13 TgCO₂e para el 2050 (es decir, 0.4% en comparación con niveles BAU).

Después de la implementación completa de las acciones prioritarias, se espera que Querétaro emitirá 16 TgCO₂e de emisiones de GEI en el 2050. El logro de la meta de reducción del 2050 (65% por debajo de los niveles de emisiones del 2015) resultaría en emisiones de alrededor de 3.2 TgCO₂e en 2050.

TABLA 5. CONTRIBUCIÓN DE CADA ACCIÓN PRIORITARIA Y DE CADA SECTOR A LAS REDUCCIONES TOTALES DE EMISIONES DE GEI LOGRADAS

TÍTULO DE LA ACCIÓN		Contribución a las reducciones totales (%)	
		2030	2050
SE-1	Energía solar centralizada	30%	30%
Total del sector suministro de energía		30%	30%
RCI-1	Solar distribuido en el sector comercial y institucional	1.6%	2.5%
Total del sector residencial, comercial e institucional		1.6%	2.5%
I-1	Producción de electricidad renovable en el sitio	16%	16%
I-2	Producción y uso de combustibles renovables	3.3%	1.5%
I-3	Producción de calor renovable en el sitio	25%	31%
I-4	Eficiencia energética eléctrica	15%	14%
Total del sector industrial		60%	62%
T-1	Planificación urbana inteligente	1.7%	1.8%
T-2	Electrificación de vehículos	0.3%	2.0%
Total del sector transporte		2.0%	3.7%
AG-1	Sistemas agroforestales	0.1%	0.4%
AG-2	Regeneración de tierras de pastoreo	5.0%	0.5%
Total del sector agropecuario		5.1%	0.9%
FOLU-1	Expansión del ecosistema forestal	0.9%	0.6%
FOLU-2	Conservación de tierras forestales	0.6%	0.1%
Total del sector FOLU		1.5%	0.7%

La Tabla 5 arriba resume la contribución de cada acción prioritaria y cada sector a la reducción de emisiones de GEI lograda en toda la economía. Por ejemplo, en el 2050 las acciones prioritarias en el sector de industria contribuirán al 62% de la reducción de emisiones de GEI en toda la economía, mientras que las acciones prioritarias en el sector FOLU contribuirán al 0.7% de las reducciones de emisiones de GEI en toda la economía.

La Figura 12 a continuación proporciona un resumen de las emisiones directas de GEI para cada sector que quedarían después de la implementación de las acciones prioritarias. La gráfica indica las emisiones directas de GEI en el escenario BAU para cada sector y las emisiones directas de GEI restantes en el 2050 después de la implementación de las acciones prioritarias (para el suministro de energía, éstas incluyen las emisiones de las importaciones de electricidad).

Algunas acciones prioritarias afectarán las emisiones directas de GEI fuera de su sector. Por ejemplo, la acción de electrificación de vehículos reducirá las emisiones directas de GEI dentro del sector transporte; sin embargo, también aumentará las emisiones de GEI

en el sector de suministro de energía debido a la demanda de más electricidad de la red para alimentar los vehículos.

En esta figura, las acciones que reducen las emisiones indirectas del consumo de electricidad, incluidas las de los sectores RCI e Industria, no darán lugar a reducciones de emisiones directas en su sector; más bien, esas reducciones de emisiones se reflejarán en el sector de suministro de energía.⁷ No hay cambios en los niveles de emisiones para el sector de gestión de residuos, ya que no se incluyeron acciones prioritarias para este sector.

Después de la implementación completa de las acciones prioritarias:

- Quedarán emisiones directas de GEI de -0.34 TgCO₂e en el **sector de Suministro de Energía**, (específicamente, suministro de electricidad), debido a las reducciones significativas resultantes de una combinación de eficiencia energética eléctrica y nuevas acciones de suministro de electricidad renovable. Las emisiones son negativas en el 2050 porque las acciones combinadas de energía renovable y eficiencia energética dan como resultado un excedente de 523 MWh de energía renovable que se puede enviar a la red nacional. Los resultados finales mostrados en

⁷ Hay que tener en cuenta que el impacto de GEI de cualquier acción relacionada con el suministro de electricidad se reflejará en el sector de suministro de energía. Por ejemplo, la acción RCI-1 es una acción de generación de electricidad renovable (que produce reducciones indirectas de emisiones de GEI en el sector de suministro de energía), por lo que en este gráfico, esas reducciones se incluyen en este sector. Además, para la acción T-2 (electrificación de vehículos), las emisiones directas restantes se indican para el sector Transporte (después de las reducciones en el consumo de combustible); sin embargo, el aumento de las emisiones indirectas por una mayor demanda de electricidad se refleja en el sector de suministro de energía.



la Figura 11 y la Tabla 4 arriba incluyen todas reducciones de emisiones; sin embargo, las reducciones de GEI asociadas con la electricidad renovable exportada ocurrirían fuera del estado. Esto es consistente con la forma en que se construyó la línea de base del sector suministro de energía (se incluyen todas las emisiones asociadas con la energía de la red, incluidas las importaciones).

- Quedarán 0.64 TgCO₂e de emisiones directas de GEI en el **sector de RCI**, ya que las reducciones de emisiones relacionadas que resultan de las acciones prioritarias se han contabilizado en el sector de Suministro de Energía (relacionadas con la generación de nueva energía renovable)
- Quedarán 3.7 TgCO₂e de emisiones directas de GEI en el **sector Industria**, ya que las reducciones de emisiones relacionadas que resultan de las acciones prioritarias se han contabilizado en el sector de Suministro de Energía (relacionadas con la eficiencia energética y la generación de nuevas energías renovables)

- Quedarán 8.1 TgCO₂e de emisiones directas de GEI en el **sector Transporte**. Además, para la acción T-2 (electrificación de vehículos), las emisiones directas restantes se reflejan en el sector transporte (después de las reducciones en el consumo de combustible); sin embargo, el aumento de las emisiones indirectas por una mayor demanda de electricidad se refleja en el sector de Suministro de Energía
- Quedarán 1.6 TgCO₂e de emisiones directas de GEI en el **sector de Agricultura y Ganadería**.
- Se espera que 0.05 TgCO₂e de las emisiones directas de GEI sean eliminadas de la atmósfera en el **sector FOLU**.
- Quedarán 1.8 TgCO₂e de emisiones de GEI en el **sector de Gestión de Residuos**, ya que no hay cambios en los niveles de emisiones debido a la ausencia de acciones en este sector en la Trayectoria de Descarbonización.

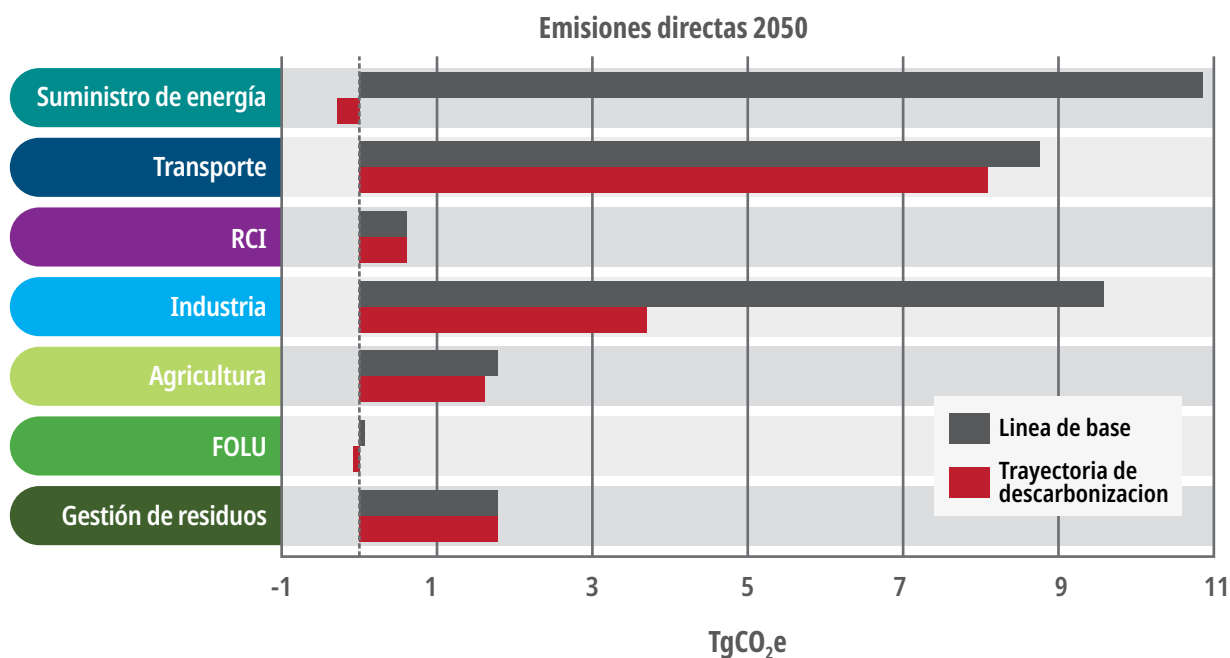


FIGURA 12 EMISIONES DIRECTAS DE GEI RESTANTES EN EL 2050 A NIVEL SECTORIAL DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS ACCIONES PRIORITARIAS.

REDUCCIÓN ACUMULADA ESPERADA DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN TODA LA ECONOMÍA

Si bien cumplir las metas de GEI para el futuro es una forma de gestionar las emisiones de GEI, si se quieren evitar los impactos más peligrosos del cambio climático, reducir las emisiones acumuladas que ocurren entre hoy y cualquier año futuro es lo que realmente importa. Las jurisdicciones no deben esperar hasta el último minuto para reducir las emisiones de GEI a niveles transformadores y deben comenzar ahora con un progreso constante en su trayectoria.

El total de emisiones de gases de efecto invernadero restantes que se pueden emitir mientras permanecemos por debajo de los 2°C de calentamiento global se denomina a veces “presupuesto global de carbono”. La asignación del presupuesto global de carbono entre los países desarrollados y en desarrollo fue un tema clave durante la formulación del Acuerdo de París. Se reconoció una responsabilidad común hacia la mitigación de GEI para todos los países; sin embargo, también se entendió que existen responsabilidades y capacidades diferenciadas entre países. La responsabilidad diferenciada se puede comprender en relación con las emisiones históricas de GEI, mientras que la capacidad diferenciada se puede ver en relación con el nivel actual de desarrollo económico de un país. Los países desarrollados (también denominados países industrializados o del Anexo I) acordaron metas absolutas de reducción de emisiones. Los países no incluidos en el Anexo I no tienen tal obligación.

Se han propuesto varios esquemas para asignar el presupuesto global de GEI entre naciones. Ninguno de estos esquemas se ha formalizado como métodos que los países pueden utilizar para indicar su conformidad con el Acuerdo de París. Sin embargo, todos los esquemas reconocen fundamentalmente que las jurisdicciones no deben esperar hasta el último minuto para reducir las emisiones de GEI a niveles transformadores.

Más específicamente, la mayoría de estos esquemas se basan en uno o más de los siguientes factores:

EQUIDAD:

basado en la población.

INERCIA:

basado en la participación actual de las emisiones globales.

CAPACIDAD:

basado en el producto nacional bruto (PNB).

RESPONSABILIDAD:

basado en emisiones acumuladas pasadas.

OTRAS MÉTRICAS:

incluidos los enfoques híbridos.

El esquema que se basa en la equidad asigna el presupuesto de carbono únicamente en función de la población. El esquema que se basa en la inercia, también conocida como “derechos adquiridos”, asigna el presupuesto de carbono en función de la contribución actual a las emisiones mundiales. Para estimar el presupuesto de carbono de Querétaro con base en este esquema, se aplicó la relación entre las emisiones de Querétaro y las emisiones mundiales en 2015 al presupuesto de emisiones de carbono global.

Mientras que los esquemas basados en la equidad y la inercia asignan el futuro presupuesto global de carbono, los esquemas basados en la capacidad y la responsabilidad estiman el presupuesto asignando las reducciones globales requeridas. Las reducciones requeridas para Querétaro basadas en la capacidad están determinadas por el PNB de México en comparación con el PNB global. La relación entre el PNB de México y el PNB global se ajustó a la proporción de la población de México en Querétaro y se multiplicó por los requisitos de reducción global total de cada año.

Para el esquema basado en responsabilidad, se sumaron las emisiones acumuladas de 2000-2015 para Querétaro y el mundo. La proporción de las emisiones acumuladas de Querétaro a las emisiones acumuladas globales proporciona el índice de responsabilidad. Luego, este índice se multiplicó por el total de requisitos de reducción global en cada año.

La Figura 13 proporciona una comparación de las emisiones acumuladas de GEI para las acciones prioritarias con (i) las emisiones acumuladas que ocurrirían si Querétaro cumpliera su meta 2050 (asumiendo una reducción en línea recta desde los niveles actuales hasta la meta para 2050); (ii) emisiones acumuladas que ocurrirían si Querétaro cumpliera con la meta de NDC nacional (una reducción en línea recta de los niveles actuales a niveles en línea con la meta de NDC); y (iii) posibles “presupuestos de carbono” o metas para Querétaro basados en los esquemas de asignación anteriores.

La siguiente gráfica muestra:

- Las emisiones acumuladas para las acciones prioritarias siguen siendo aproximadamente el doble del nivel de emisiones requerido para Querétaro para cumplir con su meta 2050 (asumiendo una reducción en línea recta de los niveles actuales a la meta del 2050).
- También están más de 100 TgCO₂e por encima de las emisiones acumuladas inferidas desde los niveles actuales hasta la meta de NDC de México (una reducción en línea recta).
- El nivel de emisiones acumuladas de las acciones prioritarias cumple con 1 de los 4 indicadores basados en esquemas de asignación global (es decir, Responsabilidad).

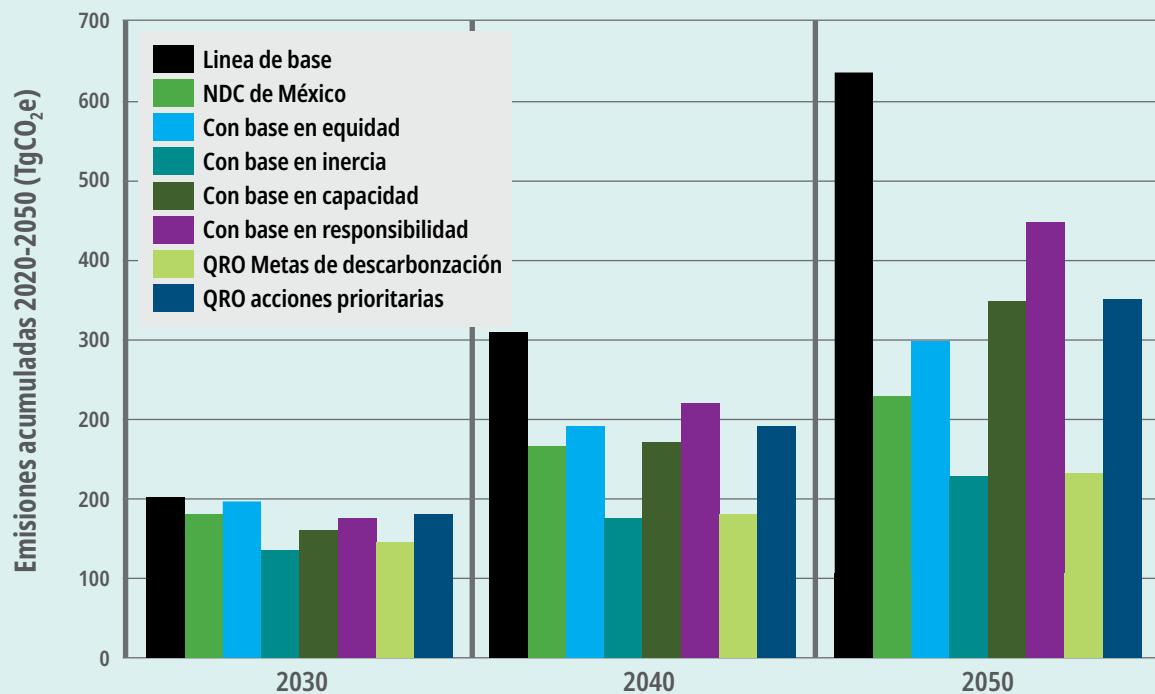


FIGURA 13 EMISIONES ACUMULADAS DE GEI DE LAS ACCIONES PRIORITARIAS EN COMPARACIÓN CON DIFERENTES METAS ASIGNADAS A NIVEL MUNDIAL.

Para el 2050, las emisiones acumuladas para las acciones prioritarias son aproximadamente 240 Tg más bajas que las emisiones del escenario BAU. Sin embargo, las emisiones acumuladas aún estarían muy por encima de las que se espera que resulte en el caso de que Querétaro cumpla con su meta 2050 (niveles de emisiones acumuladas de alrededor de 200 TgCO₂e).

Reducir aún más las emisiones acumuladas a niveles en línea con la meta 2050 también produciría más reducciones que aquellas consistentes con la NDC de México y generará reducciones consistentes con los cuatro esquemas de asignación de emisiones globales.

B. Magnitud potencial de los costos o ahorros directos

Los costos directos se refieren a las inversiones iniciales requeridas para implementar una acción (como los costos de adquisición de equipo o terrenos) y cualquier costo para su implementación continua (como energía, materiales, operaciones y mantenimiento). Al igual que con los impactos de las emisiones de GEI tratados en la sección anterior, la evaluación de los potenciales costos se realizó en comparación con las condiciones BAU. Por supuesto, implementar una acción también puede resultar en costos reducidos a lo largo del tiempo debido al ahorro en energía, materiales, mano de obra y otros costos. En algunos casos, con el tiempo, los ahorros se acumularán a niveles que compensan los costos iniciales, lo que conduce a un ahorro general para implementar la acción.

Para la mayoría de las acciones prioritarias, aún no se cuenta con suficientes detalles de diseño para realizar un análisis convencional de costos/beneficios para la sociedad. Para respaldar el diseño y la implementación posteriores, se realizó una evaluación de cada acción prioritaria para comprender si es probable que la acción genere costos o ahorros netos (dirección probable) y la magnitud potencial de dichos costos o ahorros (pequeños, moderados o grandes). El enfoque implicó la realización de una investigación bibliográfica para revisar las estimaciones de costos/ahorros directos para acciones o programas en otras jurisdicciones similares a las acciones prioritarias. En particular, en la mayoría de los casos, se consideraron estimaciones de costo efectividad (CE). Un valor de CE indica el costo directo o ahorro para la sociedad por cada tonelada de GEI reducida. Para este proyecto, los valores de CE identificados en la literatura se convirtieron a dólares estadounidenses por tonelada de CO₂ equivalente reducida (USD/tCO₂e).

Para la mayoría de las acciones, se seleccionó un valor de CE representativo de la investigación bibliográfica. Ese valor de CE se usó junto con las reducciones de emisiones de GEI calculadas para la misma acción para comprender la dirección potencial (costos o ahorros netos), y la magnitud (pequeña, moderada o grande) de los costos o ahorros directos. **Es importante enfatizar que estos valores no deben tomarse como estimaciones cuantificadas de costos directos totales o ahorros.** Posteriormente, se comparó la magnitud del costo o ahorro con el tamaño del sector relevante de la economía local.

Es importante resaltar que este análisis de costos y ahorros no tomó en cuenta el costo social de carbono, es decir, el daño evitado que cada tonelada métrica de GEI causa a la sociedad debido a los impactos negativos del cambio climático. Tampoco incluyó los impactos de los servicios que los nuevos ecosistemas forestales establecidos y los ecosistemas forestales conservados existentes brindarían (además de las remociones de dióxido de carbono).

Los Anexos XII a XXIV proporcionan la documentación detallada para cada acción, incluida la evaluación de costos/ahorros directos.

Las Figuras 14 y 15 a continuación muestran los resultados de la evaluación de la magnitud de los costos y ahorros potenciales de cada acción prioritaria. Cada gráfico proporciona una indicación de la posible dirección de los costos netos de implementación (costos o ahorros) y la magnitud potencial de esos costos o ahorros en comparación con el nivel de actividad del sector de referencia.

Se espera que la implementación de más de la mitad de las acciones prioritarias (8 de las 12) genere ahorros netos a lo largo del tiempo. Se espera que estos ahorros netos sean de pequeña magnitud en la mayoría de estas acciones (6 de las 8) en comparación con los niveles de gastos de los sectores de referencia. Solo para la acción SE-1 de generación de energía solar se estima un ahorro significativo. Generalmente, esto se debe a que los ahorros que se acumulan con el tiempo son más altos que los costos necesarios para implementar una acción. La acción SE-1, por ejemplo, requerirá una inversión inicial en nuevas plantas de energía solar; sin embargo, la energía producida por estas plantas será más barata que la energía producida para abastecer la red eléctrica en el escenario BAU. Para una acción como la AG-2, se espera que el aumento en la producción ganadera que se produce con forrajes de mayor calidad en pastos mejorados sea mayor que cualquier aumento en los costos para manejar los pastizales de manera más sostenible.

Las acciones que se espera que generen costos directos (para todas de magnitud pequeña) no deben considerarse como un resultado negativo. Además de sus reducciones de GEI, estas acciones también pueden promover beneficios indirectos/macroeconómicos para el estado, ya que incluyen el potencial para aumentar la actividad económica general en el estado y/o aumento de empleos. La acción I-2, por ejemplo, establecería la producción de biocombustible en el estado para reducir las importaciones de combustible y promover oportunidades de empleo en el estado. Estos beneficios indirectos se tratan con más detalle en la siguiente sección.



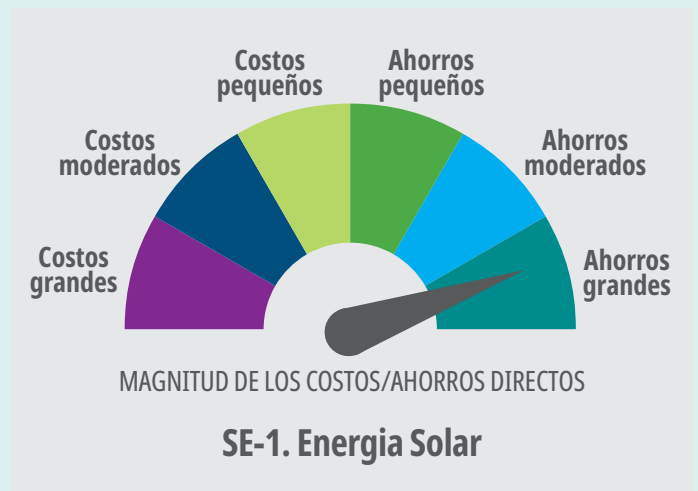
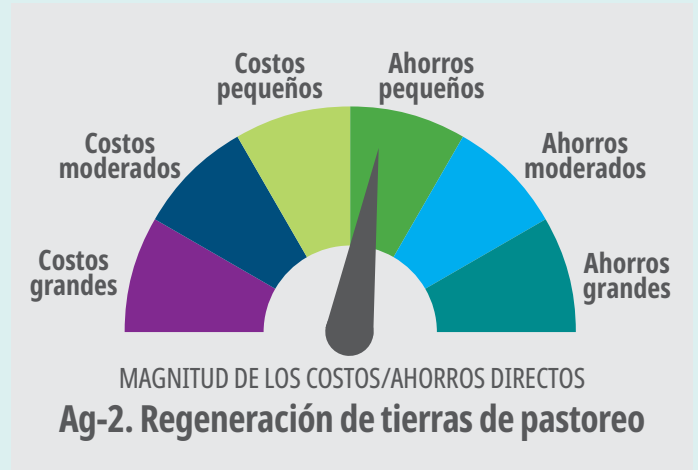
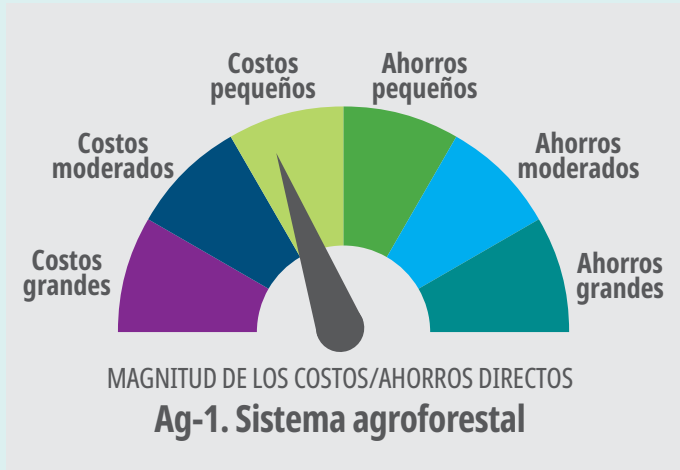


FIGURA 14. RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DE COSTOS Y AHORROS DE LAS PRIMERAS 6 ACCIONES

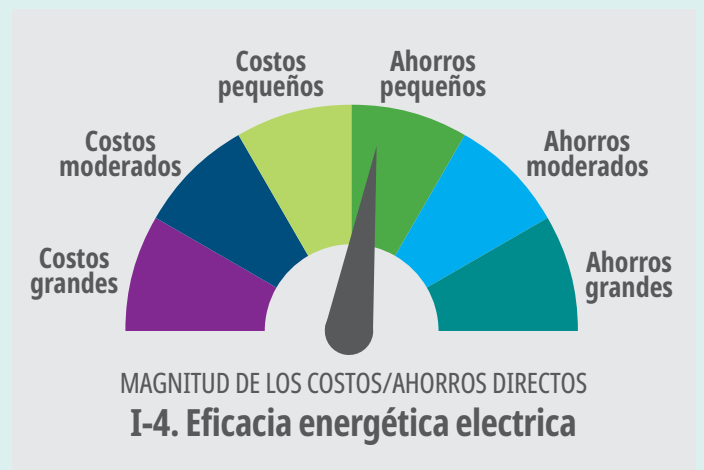
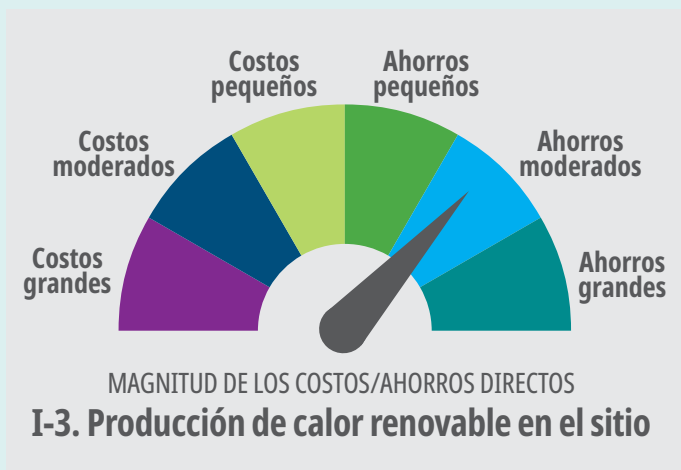
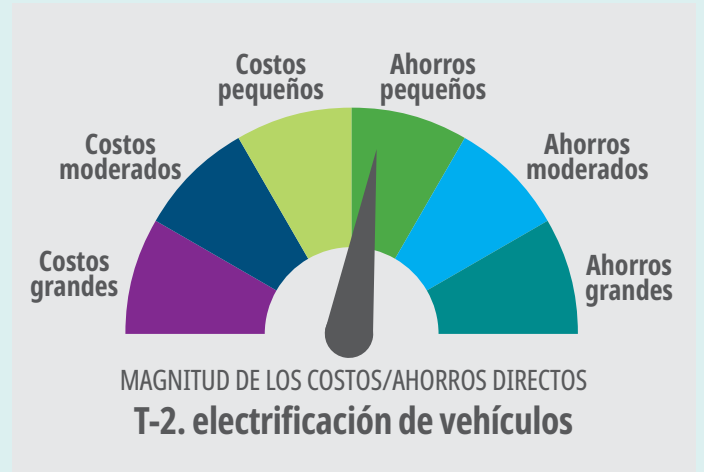


FIGURA 15. RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DE COSTOS Y AHORROS DE LAS ÚLTIMAS SEIS ACCIONES

C. Evaluación de potenciales impactos macroeconómicos

La evaluación macroeconómica tiene como objetivo identificar y evaluar los efectos indirectos de los cambios inducidos por acciones en la economía en su conjunto, así como los impactos en diferentes sectores económicos, grupos de personas, y tipos y tamaños de empresas.

El desarrollo y aplicación de un modelo analítico macroeconómico totalmente empírico para la economía de Querétaro, basado en el análisis de datos primarios, está fuera del alcance de este proyecto debido al nivel de detalle del diseño de las acciones y a los datos disponibles. En este sentido, se llevó a cabo una evaluación basada en indicadores y modelos empíricos previos para determinar la dirección potencial y la magnitud de los impactos en el empleo, los ingresos y el crecimiento económico impulsados por las acciones prioritarias. Esta metodología con indicadores macroeconómicos se basa en un análisis de regresión de estudios macroeconómicos previos de mitigación del cambio climático⁸ que muestran que seis indicadores (o factores) son importantes para comprender cómo las acciones pueden cambiar el crecimiento económico y el empleo en una jurisdicción determinada. Cada uno de estos indicadores (descritos a continuación) está influenciado por el diseño de implementación, los impactos financieros (gastos e ingresos) de una acción, y los efectos multiplicadores económicos resultantes. Estos incluyen efectos tanto positivos como negativos asociados con cada indicador para producir un resultado neto. Los seis indicadores son:

1. **Cambios a favor de tecnologías y prácticas con costos de implementación netos más bajos que en el escenario BAU:** la suma de los costos de implementación y ahorros de la acción es menor que el costo neto esperado en el escenario BAU. En tal caso, la acción no utiliza fondos que se pueden gastar en otros sectores para estimular el crecimiento económico.
2. **Cambios en los gastos de energía y recursos naturales:** los cambios en la eficiencia neta o a favor de un mayor ahorro de energía o recursos mediante tecnologías o prácticas recientemente adoptadas, podrían crear fondos disponibles que pueden gastarse en otros sectores para estimular el crecimiento económico
3. **Cambio a favor del suministro de energía local y otros recursos locales:** los cambios de fuentes de energía o recursos importados a locales podrían crear fondos disponibles que se pueden gastar en otros sectores para estimular el crecimiento económico
4. **Cambio a favor de las cadenas de suministro locales:** los cambios en las actividades a favor de productos de otros sectores locales o cadenas de suministro locales podrían estimular el crecimiento económico
5. **Cambio a favor de actividades intensivas en mano de obra:** los cambios a favor de actividades más intensivas en mano de obra local en comparación con el escenario BAU podrían estimular el crecimiento económico
6. **Cambios a favor de fuentes externas de inversión e ingresos:** los cambios a favor de las fuentes de inversión nacionales o internacionales crean fondos disponibles que se podrían gastar en otros sectores locales para estimular el crecimiento económico

La presencia de cualquiera de estos indicadores como consecuencia de la implementación de una acción se asocia positivamente con el crecimiento del PIB, con la excepción del quinto indicador, el cual está asociado estadísticamente con el crecimiento del empleo en toda la economía en lugar del PIB.

Los Anexos XIII al XXIV proporcionan la documentación detallada para cada acción prioritaria, incluida la evaluación macroeconómica. La Figura 16 a continuación presenta los gráficos de los indicadores macroeconómicos para cada acción prioritaria de Querétaro que ilustran cómo se desempeña cada acción prioritaria en relación con cada uno de los indicadores. En resumen, la gran mayoría de las acciones prioritarias tiene indicadores positivos, lo que significa que probablemente generarán un impacto macroeconómico positivo para la economía de Querétaro si se implementan para capitalizar los impulsores clave de la ganancia macroeconómica. Sin embargo, es importante tener en cuenta que las acciones prioritarias no representan desviaciones importantes de los patrones de crecimiento económico ni muestran el potencial de una influencia disruptiva, si se considera – como se ha evidenciado en la sección anterior– que los potenciales costos o ahorros directos son generalmente un porcentaje pequeño del nivel de gastos de los sectores asociados.

Los enfoques de implementación que pueden facilitar un impacto macroeconómico positivo se describen con mayor detalle en cada documento de las acciones prioritarias y se resumen a continuación.

⁸ La evaluación macroeconómica basada en indicadores se basa en el estudio titulado "Resumen de factores clave que contribuyen a los impactos macroeconómicos de las opciones de mitigación de GEI", de Dan Wei, Adam Rose y Noah Dormady de la Escuela de Políticas Públicas Sol Price de la USC. www.climatestrategies.us/library/library/download/905

	Costos netos mas bajo	Cambio en consumo de energía y recursos	Cambio en fuentes de energía y recursos local	Cambio en cadenas de suministro local	Generación de empleo	Cambios en las fuentes de inversión y ingresos
Ag-1. Sistema agroforestal	-	0	-	+	-	+
Ag-2. Regeneración de tierras de pastoreo	+	+	+	+	0	+
FOLU-1. Expansión del ecosistema forestal	-	-	+	+	+	+
FOLU-2. Conservación de bosques	+	+	0	0	0	+
RCI-1. Solar distribuido en el sector comercial e institucional	+	0	+	+	+	+
SE-1. Energía Solar	+	0	+	+	+	+
T-1. Plantificación urbana inteligente	+	+	0	+	+	+
FOLU-2. Electrificación de vehículos	+	+	+	+	+	+
I-1. Producción de electricidad renovable en el sitio	+	0	+	+	+	+
I-2. Producción y uso de combustibles renovables	-	0	+	-	+	+
I-3. Producción de calor renovable en el sitio	+	0	+	+	0	+
I-4. Eficacia energética eléctrica	+	+	0	-	0	0

+ Positivo

0 Neutral

- Negativo

FIGURA 16 RESUMEN DE LA EVALUACIÓN MACROECONÓMICA DE LAS 12 ACCIONES

La evaluación de los seis indicadores para cada una de las acciones prioritarias muestra que una gran mayoría de indicadores son positivos. Los indicadores positivos están presentes para 51 de 72 indicadores totales (71%); los indicadores neutrales, para 13 de 72 (18%); y, los indicadores negativos, para 8 de 72 (11%). Los indicadores negativos están presentes en solo 4 de 12 acciones prioritarias (33%). Los indicadores negativos no dominan ninguna acción y juegan un papel menor en el desempeño general.

Esta evaluación permite la identificación la presencia o ausencia de los potencial impactos macroeconómicos positivos, pero no proporciona una estimación de la magnitud de los efectos potenciales de cada uno de los indicadores y de las influencias macroeconómicas, . Un análisis más minucioso, una vez que se definan con más detalle los parámetros de diseño y los mecanismos de implementación de las acciones prioritarias, es un área de oportunidad a desarrollarse en una evaluación futura. Sin embargo, como se indicó anteriormente, no se espera que las acciones prioritarias representen desviaciones importantes de los patrones de crecimiento económico, ni que tengan una influencia disruptiva considerando la magnitud de los costos o ahorros directos potenciales en comparación con el valor agregado (es decir, el nivel de gastos) de los sectores.

En general, la fuerte presencia de indicadores positivos refleja influencias positivas de las nuevas acciones en la macroeconomía de Querétaro. Estos incluyen:

1. Para el **indicador 1** (*costos netos*), se espera que la mayoría de las acciones prioritarias (9 de 12) reduzcan los costos generales del sistema o de las actividades que se pueden lograr mediante cambios hacia enfoques con bajas emisiones de carbono. La reducción de costos significa que nuevos fondos están disponibles para gastarse en otras actividades económicas. Donde se esperan costos más altos (3 de 12 acciones prioritarias), estos son debido a los gastos iniciales y la necesidad de una amortización acelerada, incluidos los mecanismos de generación de ingresos. Los costos más altos también pueden reflejar la necesidad de una intensificación de las acciones para lograr la implementación del nivel de transformación necesario y la necesidad de nuevas inversiones continuas antes de lograr el nivel de recuperación.

2. Para el **indicador 2** (*ahorro de energía y recursos*), se espera que la mayoría de las acciones prioritarias (7 de 12) reduzcan la carga de energía y recursos para la economía de Querétaro a través de enfoques más eficientes. La reducción en el uso de energía y recursos y, por lo tanto, en el gasto asociado significa que los fondos se liberarán para gastarlos en otras actividades económicas. En algunos casos, estos efectos son neutrales (4 de 12 acciones prioritarias) donde la acción se centra solo en cambios en la combinación de energía o recursos y no en los niveles de demanda. Los efectos negativos están presentes para una acción y pueden reflejar la necesidad de importaciones que podrían revertirse con el tiempo con la expansión de la producción local.

3. Para el **indicador 3** (*cambios a la producción local de energía y recursos*), la mayoría de las acciones prioritarias (8 de 12) son positivas. Los cambios a favor de energía y recursos locales significan que los gastos y las inversiones se trasladan dentro del estado. Se espera que solo una acción (1 de 12) muestre efectos negativos y tres (3 de 12) sean neutrales. Esta evaluación refleja enfoques de acciones que están diseñadas predominantemente para cambiar la producción de energía y recursos hacia alternativas locales bajas en carbono. Esto es particularmente cierto para los cambios hacia la generación de energía renovable local y la recuperación de bosques y tierras de cultivo para restaurar la productividad perdida.

4. Para el **indicador 4** (*cambios a las cadenas de suministro locales*), los indicadores positivos están presentes en la mayoría de las acciones prioritarias (9 de 12), lo que refleja enfoques de las acciones que cambian a favor de las cadenas de suministro locales. Los cambios a favor de las cadenas de suministro locales bajas en carbono significan que las inversiones y los gastos se trasladan dentro del estado. En los dos casos en los que existen indicadores negativos (2 de 12 acciones prioritarias), podrían cambiar si se planifican inversiones adicionales para el desarrollo de la capacidad de producción local y la aceleración para compensar las necesidades de importaciones.

5. Para el **indicador 5** (*cambios a actividades más intensivas en empleo*), todas las acciones prioritarias (10 de 12), menos dos, muestran este indicador como positivo y para las dos restantes este indicador es neutral (2 de 12). Los cambios hacia actividades más intensivas en empleo significan la creación de nuevos puestos de trabajo. Esto refleja enfoques de acciones que aprovechan las tecnologías y prácticas emergentes que se encuentran en las primeras etapas de industrialización caracterizadas por una intensidad de trabajo por unidad de producción superior a la media. Estos enfoques de mayor intensidad de empleo pueden producirse a expensas de mayores costos del sistema en algunos casos, particularmente a corto plazo, pero reflejan un potencial significativo de retorno de la inversión en la creación de empleo a través de acciones de itinerarios.

6. Para el **indicador 6** (*cambios a fuentes de ingresos y financiamiento externo*), todas las acciones prioritarias (12 de 12) arrojan resultados positivos. Los cambios hacia el financiamiento externo significan que las acciones pueden atraer inversiones (o capital) y, por lo tanto, pueden expandir los fondos y la inversión disponibles dentro del estado. Esto refleja enfoques de acciones que brindan beneficios globales que probablemente sean de interés para los inversionistas orientados al impacto dentro y fuera de la jurisdicción, incluidos los donantes internacionales, así como los inversionistas comerciales a nivel nacional y mundial que estén interesados en una replicación más amplia y una ampliación de las acciones.



7. Conclusión

A través del desarrollo de esta trayectoria de descarbonización, el estado de Querétaro ha tomado un paso importante en sus objetivos de descarbonización, al mismo tiempo que contribuye al alcance de la meta global de mantener el calentamiento global por debajo de los 2°C. Querétaro ha establecido metas de descarbonización ambiciosas y transformadoras, y las acciones prioritarias incluidas de momento en su trayectoria representan un esfuerzo significativo del estado para lograrlas.

Según la línea de base de emisiones desarrollada por el proyecto, las emisiones totales de Querétaro en 2015 fueron 9.4 TgCO₂e, y se proyectó que estas emisiones crecerán a 16.7 TgCO₂e para 2030, continuando su crecimiento hasta 2050 con emisiones de 33.5 TgCO₂e. Los análisis indican que los catalizadores más importantes de emisiones en la región son el suministro de energía eléctrica y la demanda de energía en los sectores de transporte y de industria.

Al implementar las 12 acciones prioritarias, Querétaro logrará una reducción de emisiones GEI de 4.2 TgCO₂e para 2030, es decir una reducción de un 25% en comparación con la línea de base. Para 2050, se espera una reducción de 18 TgCO₂e, es decir, una reducción de un 54% en comparación con la línea de base. La mayoría de las reducciones de emisiones de GEI provendrán de acciones prioritarias que impactarán la demanda de energía en el sector de industria (contribuyendo al 62% de las reducciones totales en 2050) y el suministro de energía (contribuyendo al 30% de las reducciones totales en 2050).

Tras la implementación de las 12 acciones prioritarias, algunas emisiones permanecerán en el 2050 en el estado, siendo las principales: 8.1 TgCO₂e de emisiones de la demanda de energía en el sector de transporte; 3.7 TgCO₂e de emisiones de la demanda de energía en el sector de industria; 1.8 TgCO₂e de emisiones directas de GEI procedentes del sector de la gestión de residuos; y 1.6 TgCO₂e de emisiones directas de GEI procedentes del sector de agricultura y ganadería.

Según la evaluación desarrollada por el proyecto, la implementación de más de la mitad de las acciones prioritarias (8 de las 12) genera un ahorro neto a lo largo del tiempo. Las acciones que generan costos directos (para todos de pequeña magnitud) no deben considerarse

un resultado negativo. Además de sus reducciones de GEI, estas acciones también pueden promover beneficios macroeconómicos para el estado, ya que incluyen el potencial de aumentar la actividad económica general del estado y/o oportunidades de empleo en el estado. En este sentido, la gran mayoría de las acciones prioritarias generarán un impacto macroeconómico positivo para la economía de Querétaro si se implementan para capitalizar los principales motores de crecimiento económico. Ejemplos de estos motores son la creación de cadenas de suministro locales; el establecimiento de programas que promueven el desarrollo de mano de obra local; y el fomento de inversiones extranjeras y/o subvenciones o préstamos nacionales.

Con respecto a estas 12 acciones prioritarias, como próximos pasos, el estado tendrá que identificar los mecanismos específicos de implementación. Dichos mecanismos facilitará la cuantificación de los costos y beneficios, y por consiguiente, ayudará a identificar los mecanismos de financiamiento de las diferentes acciones para maximizar su potencial de mitigación y obtención de beneficios socioeconómicos. Asimismo, el estado tendrá que establecer sistemas de monitoreo, reporte, y verificación que permitan medir los impactos reales de estas acciones para verificar la reducción de emisiones netas como resultado de su implementación.

Es importante resaltar que, tal y como se presenta en este informe, las 12 acciones prioritarias incluidas en la trayectoria sólo ayudan parcialmente al cumplimiento de las metas de reducción de emisiones GEI para el 2030 y el 2050 seleccionadas por el estado. Esto no se debe a la falta de ambición del estado en la identificación y desarrollo de más acciones para alcanzar las metas, sino debido al alcance limitado del proyecto que solamente permite evaluar una cantidad limitada de acciones prioritarias.

Querétaro puede lograr sus metas de descarbonización a través del aumento de los niveles de esfuerzo de las acciones prioritarias y a través de la identificación y desarrollo de acciones adicionales en los diferentes sectores. Para identificar estas acciones, se pueden usar los catálogos de acciones desarrollados como parte del proyecto. En particular, las acciones adicionales deben abordar los impulsores clave de las emisiones después de la implementación completa de las acciones prioritarias en el 2050. A continuación, se presentan algunas sugerencias del equipo técnico del proyecto sobre acciones adicionales que podrían considerarse para complementar las 12 acciones prioritarias y cambios potenciales en los niveles de esfuerzo propuestos para algunas de las acciones prioritarias:

TRANSPORTE:

- Cambiar los niveles de esfuerzo y el tiempo de implementación de la acción de vehículos eléctricos (T-2) para que sean más ambiciosos (en particular, adelantar los tiempos de implementación para lograr los niveles de esfuerzo. Por ejemplo, para 2030, los vehículos eléctricos representarán el 50% de todas las ventas de diferentes categorías de vehículos; para 2035, representarán el 75%; para 2040, representarán el 100%).
- Agregar una acción de biocombustibles para vehículos de carretera para reducir las emisiones de GEI de la parte de la flota que sigue consumiendo combustibles fósiles (por ejemplo, a través de requisitos elevados de mezcla de etanol y biodiésel antes de 2030).

RCI:

- Agregar una acción sobre la electrificación de la demanda energética de los edificios que requieren combustible para calefacción o cocina.

INDUSTRIA

- Agregar una acción de electrificación de procesos industriales que consumen combustible por ejemplo. en la industria ligera donde actualmente se utiliza gas natural.
- Incluir en la acción de consumo de biocombustibles (I-2), la producción y el uso biogás a corto plazo, y la producción y el uso de hidrógeno renovable a largo plazo.

AGRICULTURA Y GANADERIA

- Agregar una acción de manejo del ganado para mitigar el metano de la fermentación entérica.

GESTIÓN DE RESIDUOS

- Agregar una acción para la producción de energía de gas de vertedero.

Querétaro está bien posicionado para avanzar con sus objetivos y lograr la reducción de emisiones acumulativas de GEI identificadas, tomando como base y construyendo sobre estas acciones prioritarias, así como otras metas socioeconómicas. Con los resultados producidos de este proceso de desarrollar y evaluar la trayectoria de descarbonización, se ha establecido una base sólida para promover un futuro sostenible y de bajas emisiones para el Estado.

8. Glosario de Términos

Acción de trayectoria – actividades planificadas por el gobierno y/o el sector privado dentro de las jurisdicciones que cambiarán las trayectorias de las emisiones de GEI (o las líneas de base) en el marco de las actividades habituales mediante la aplicación de tecnologías y prácticas nuevas y mejoradas. Estas nuevas actividades de bajo carbono pueden contribuir a reducir las emisiones de GEI mediante la reducción del contenido de carbono de la energía (por ejemplo, pasando a la energía renovable), la reducción del uso de energía intensiva en carbono (por ejemplo, pasando a una mayor eficiencia energética), el aumento del almacenamiento de carbono a largo plazo (por ejemplo, mediante la conservación de las reservas forestales), u otros enfoques.

Costo efectividad (CE) – Un valor de costo efectividad indica el costo directo o ahorro para la sociedad por cada tonelada de GEI reducida. Un valor positivo de CE indica un costo, mientras un valor negativo indica un ahorro.

Intensidad de carbono – la cantidad de emisiones de GEI por una unidad específica. Por ejemplo, la intensidad de carbono per cápita es la cantidad de GEI emitida por cada persona.

Línea de base – una serie de datos históricos y proyecciones sobre la producción y el consumo de energía, la producción, el consumo y la gestión de recursos naturales, los cambios en el uso de la tierra para estimar las emisiones de GEI. En este proyecto, es sinónimo del escenario de *business as usual* (BAU) (es decir, el escenario en el que no se aplican medidas de mitigación).

Presupuesto global de carbono – El total de emisiones de gases de efecto invernadero restantes que se pueden emitir mientras permanecemos por debajo de los 2°C de calentamiento global.

Superposiciones de acciones – interacciones entre diferentes acciones en el mismo sector o en diferentes sectores que impactan sus reducciones de emisiones anticipadas.

Trayectoria de descarbonización (o simplemente “trayectoria”) – una combinación de acciones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero o aumentar la absorción de gases de efecto invernadero de la atmósfera que una jurisdicción ha decidido aplicar para reducir su huella global de carbono.

Teragramo (Tg) – Equivale a un millón de toneladas métricas.



SECRETARIAT THE °CLIMATE GROUP



CON EL RESPALDO DE — SOCIO PRINCIPAL — BENEFICIARIO — SOCIOS —



SECRETARÍA DE DESARROLLO SUSTENTABLE QUERÉTARO

