

Sesión de capacitación sobre Evaluación de Impacto de la Acción de la Trayectoria: Metodología para la Evaluación del Impacto de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Noviembre 2020



SUPPORTED BY — LEAD PARTNER — PARTNERS —



THE CLIMATE GROUP

GCF
task force

WINROCK
INTERNATIONAL

THE CENTER FOR
CLIMATE STRATEGIES

libélula
Gestión en Cambio Climático y Comunicación

Contenido

1. Introducción.....	3
2. Enfoque general.....	4
3. Pasos analíticos clave	6
a. Desarrollo de la línea de base	6
Cobertura de la línea de base: Sectores Económicos y Gases de Efecto Invernadero.....	7
Estimación de la Línea de Base de Emisiones.....	9
Línea de base de toda la economía	12
b. Identificación de los parámetros de diseño de implementación de las acciones.....	13
c. Estimación de las emisiones de GEI resultantes de la acción.....	16
Anexo A: Glosario.....	21
Anexo B: Información básica sobre la estimación de las emisiones de GEI en diferentes sectores.....	22
1. Información básica sobre la estimación de las emisiones de GEI de transporte	22
2. Información básica sobre la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura	23

1. Introducción

El Proyecto de Trayectorias Climáticas está dirigido a identificar un portafolio inicial de acciones prioritarias para cada una de las seis jurisdicciones participantes de este Proyecto y evaluar sus potenciales impactos sobre el periodo de planificación (2020-2050) en términos de

- (i) reducciones estimadas de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI),
- (ii) magnitud de los costos directos o ahorros relacionados a su implementación y
- (iii) cambios a la macroeconomía de las jurisdicciones relacionados también con su implementación.

Las trayectorias de acciones pueden ser entendidas como actividades planificadas por el gobierno y/o el sector privado dentro de las jurisdicciones que cambiarán las trayectorias “Business As Usual” de emisiones de GEI (o líneas base) a través de la aplicación de tecnologías y prácticas nuevas y mejoradas. Estas actividades nuevas, bajas en carbono pueden contribuir a reducir las emisiones de GEI a través de la reducción del contenido del carbono de la energía (por ejemplo, a través del cambio a energía renovable), de reducir el uso de energía intensiva en carbono (por ejemplo, con el cambio a una mayor eficiencia energética), de incrementar el almacenamiento de largo plazo de carbono (por ejemplo, mediante la conservación de reservas forestales), u otros enfoques.

Estas nuevas actividades tendrán lugar en sectores económicos clave que incluyen la generación de calor y energía; la operación de edificios e instalaciones residenciales, comerciales e institucionales; manejo industrial; sistemas de transporte; sistemas agrícolas; silvicultura y otros usos del suelo; y manejo de residuos. Durante el proceso de Trayectorias, en cada jurisdicción, el gobierno local y otros actores clave seleccionaron acciones prioritarias a partir de un catálogo integral de potenciales acciones en todos los sectores. El proceso de selección incluyó una encuesta multi-criterio en la cual los actores clasificaron las acciones con base en diversos criterios, incluyendo su alineación con otras prioridades de gobierno jurisdiccionales y nacionales.

Este documento brindará un panorama del enfoque general necesario para analizar los impactos de los GEI de estas acciones seleccionadas, así como ejemplos específicos de sectores clave. También revisa los métodos aplicados en el Proyecto de Trayectorias Climáticas para la evaluación de los impactos de GEI de las acciones prioritarias para apoyar la revisión y comprensión del análisis de las jurisdicciones. En el proceso se describen los pasos necesarios para iniciar y terminar un análisis de impacto de los GEI, incluyendo:

1. el desarrollo de líneas de base de GEI a nivel sectorial y económico para su uso en los cálculos de impacto de GEI;
2. el diseño de acciones para la implementación para asegurar que los cambios ocurrirán en la escala necesaria con el fin de lograr las metas de estabilización climática y otros objetivos; y
3. el cálculo de cambios en los niveles de las actividades en comparación con una línea de base y con los cambios resultantes en los niveles de GEI proyectados para 2050.

2. Enfoque general

La evaluación de los impactos de GEI es conducida usando un proceso comúnmente referido como “análisis de cambio de la línea de base” donde se estiman los cambios potenciales a la porción de la línea de base *business as usual* o “BAU” proyectada y que son resultado de la implementación de una acción. La línea de base consiste en una serie de datos históricos y pronósticos sobre la producción y consumo de energía, la producción de recursos naturales, el consumo, manejo y los cambios de uso de suelo que reflejan las condiciones esperadas BAU y pueden ser usadas para estimar emisiones de GEI. A su vez, el cálculo de la línea de base de las emisiones puede ser utilizada para estimar el efecto de nuevas acciones que se realizan dentro de las jurisdicciones para reducir futuros niveles de GEI.

La Figura 1 a continuación, sintetiza este enfoque: los valores de la línea de base para cualquier métrica de planificación asociada a una acción incluyendo emisiones de GEI, están representados por la línea (azul) de más arriba en la gráfica; los valores después de la implementación de la Acción de la Trayectoria se muestran en la línea verde; las barras sombreadas entre ambas líneas indican el cambio anual logrado en la métrica como resultado de la implementación de la Acción de la Trayectoria.

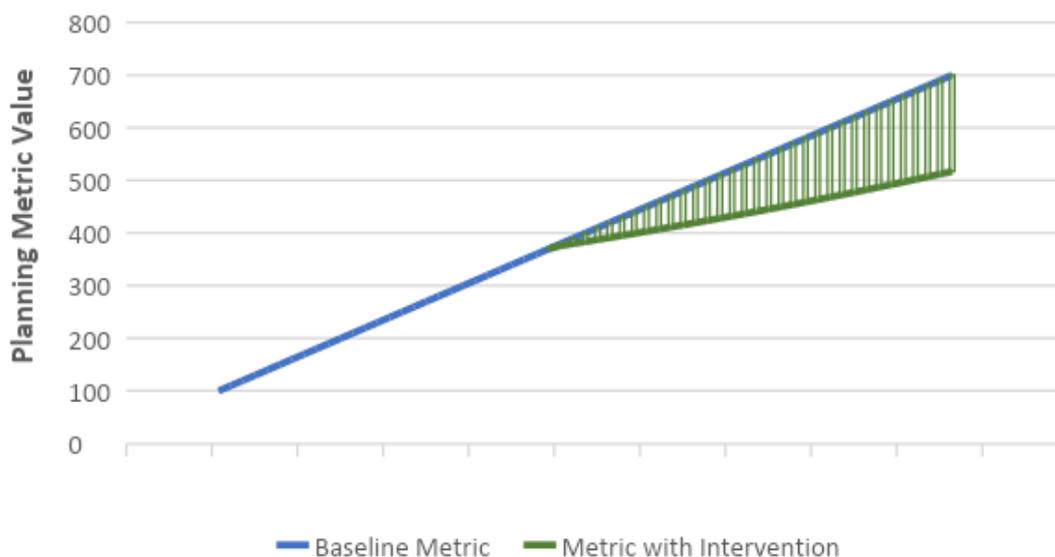


Figura 1. Análisis del cambio de línea de base, donde una métrica de planificación puede ser una actividad que genera emisiones o emisiones GEI.

La siguiente **ecuación general** es utilizada para estimar el valor de impacto de cada acción por cada año del análisis:

$$\text{Impacto Anual} = \text{AS} - \text{BAU}$$

Donde:

AS= métrica de planificación como las emisiones GEI para el escenario de la acción (el escenario cuando la acción es implementada).

BAU = métrica de planificación como las emisiones de GEI para el escenario proyectado *business as usual* (línea de base).

En el caso de las emisiones GEI, un valor menor cuantificado para el escenario de acción comparado con el escenario BAU podría producir un valor negativo, indicando una reducción en emisiones. Una acción prioritaria puede tener más de un impacto de GEI, por lo que el “impacto neto de GEI” es representado por la suma de todos los impactos GEI de la acción.

Las evaluaciones de impactos de GEI también estiman cambios en el uso de energía y de recursos naturales asociados a la implementación de una acción. Abajo se brindarán más detalles.

3. Pasos analíticos clave

Esta sección resume los pasos clave para conducir la evaluación de impactos de GEI de acciones basadas en el enfoque general descrito anteriormente. Estos incluyen:

- Desarrollo y establecimiento de la línea de base para el análisis de nuevas acciones
- Diseño de la implementación de cada nueva acción
- Análisis de los cambios en las emisiones GEI resultantes de cada nueva acción
- Estimación de la reducción de emisiones de GEI en toda la economía

a. Desarrollo de la línea de base

Como primer paso, debe ser desarrollada una línea de base de emisiones GEI (emisiones históricas y un escenario BAU). El escenario BAU provee un entendimiento de las tendencias y los impulsores de métricas clave (emisiones GEI, consumo de energía, desarrollo económico, etc.) a lo largo del tiempo y los factores o condiciones que influyen estas tendencias. Con este entendimiento, y un entendimiento de las acciones que pueden llevarse a cabo para cambiar la actividad en una dirección favorable, se pueden identificar, diseñar y analizar Trayectorias de Acciones nuevas o mejoradas. Para evaluar los impactos incrementales que acciones específicas tendrán en las emisiones GEI, se requieren específicamente los **datos de actividad** proyectados BAU. Los **datos de actividad** son datos sobre la magnitud de la actividad humana que causa emisiones o remociones de emisiones de gases de efecto invernadero (por ejemplo, el consumo de combustibles fósiles, la cantidad aplicada de fertilizantes basados en nitrógeno, el área de tierra reforestada, etc.).

Debe ser desarrollada una línea de base de GEI para los sectores de la economía en la jurisdicción dada, a través de la identificación de todas las actividades dentro de cada sector y subsector que produce GEI y, después, estimando las emisiones GEI asociadas a cada actividad. Las emisiones GEI son agregadas posteriormente por sector.

Las siguientes líneas de base se desarrollan como parte de la línea de base de GEI:

- Actividad socioeconómica:
 - Crecimiento poblacional rural y urbano histórico y proyectado
 - Producto estatal bruto (PEB) histórico y proyectado y un desglose de esta métrica de actividad económica general a sectores de la economía en forma de valor agregado por cada sector
- Producción y consumo de energía:
 - Demanda histórica y proyectada para electricidad y combustibles
 - Suministro histórico y proyectado de electricidad
- Manejo/uso de recursos naturales y otras actividades no energéticas:

- Uso/cobertura de suelo histórico y proyectado
- Actividad agrícola (ganadería y producción de cultivos) histórica y proyectada
- Actividad de manejo de residuos (residuos sólidos y tratamiento de aguas residuales) histórico y proyectada
- Actividad de procesos industriales y uso de productos industriales

Cobertura de la línea de base: Sectores Económicos y Gases de Efecto Invernadero

Los sectores y subsectores que están integrados en el desarrollo de la línea de base incluyen:

- Sector Energía (incluyendo suministro y demanda):
 - Suministro de Energía (SE)
 - Subsector de Suministro de Calefacción (SCa): consumo de energía para el suministro de calefacción desde instalaciones centralizadas (por ejemplo, plantas de calefacción de distrito comunitarias).
 - Subsector Suministro de Combustible (SCo): consumo de energía y emisiones fugitivas de la producción, transmisión y distribución de electricidad.
 - Subsector Suministro de Energía (SE): consumo de energía y emisiones fugitivas de la producción, transmisión y distribución de electricidad. Para el subsector SE, los resúmenes de emisiones son presentados sobre la base de consumo, en lugar de sobre una base directa (producción) como es el caso de los subsectores SCa y SCo. Esto significa que todas las emisiones asociadas a la electricidad consumida dentro del estado están incluidas, lo cual también incluye importaciones netas de energía. Las estimaciones basadas en consumo son particularmente útiles para el análisis de mitigación de GEI cuando se consideran las implicaciones de Acciones que puedan reducir la demanda de las plantas de energía tanto dentro como fuera de la jurisdicción, como por ejemplo eficiencia energética o medidas de energía renovable.
 - Residencial, Comercial e Institucional (RCI) cubre directamente emisiones de la quema de combustibles y emisiones indirectas del consumo de electricidad en edificios para los tres subsectores (residencial, comercial e institucional).

- Industria (I) incluye emisiones directas de la quema de combustibles y emisiones indirectas del consumo de energía por procesos industriales y edificios industriales, y emisiones que no vienen de combustibles provenientes de procesos industriales y el uso de productos.
- Transporte (T) incluye emisiones directas de la quema de combustibles y emisiones directas del consumo de energía en vehículos terrestres, aeronaves, buques marinos y transporte ferroviario.
- Sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de Suelo (AFOLU):
 - Agricultura (Ag) cubre emisiones y remociones generadas de la producción de cultivos y el manejo de ganado. [Hay que tener en cuenta que el uso de energía a menudo se agrega en el sector Industrial].
 - Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura cubre emisiones GEI y remociones de los cambios de uso de suelo (por ejemplo, deforestación y reforestación) y prácticas de gestión de la tierra. También se incluyen emisiones sin dióxido de carbono (CO₂) de incendios forestales, óxido nitroso y metano (N₂O y CH₄).
- Sector Manejo de Residuos (MR):
 - Manejo de Residuos Sólidos cubre emisiones GEI del manejo de residuos sólidos y del tratamiento de aguas residuales. [Típicamente, las emisiones del uso de energía están agregadas dentro del sector Industrial]
 - Tratamiento de Agua Residual cubre emisiones GEI del tratamiento municipal e industrial de aguas residuales. [[Típicamente, las emisiones del uso de energía están agregadas dentro del sector Industrial]

Las emisiones de GEI son calculadas de acuerdo con las [Directrices 2006](#) del Panel de Cambio Climático (IPCC) (incluyendo las [actualizaciones 2019 de las directrices](#)). Los siguientes gases de efecto invernadero están cubiertos en las Directrices del IPCC:

- dióxido de carbono (CO₂)
- metano (CH₄)
- óxido nitroso (N₂O)
- hidrofluorocarbonos (HFC)
- perfluorocarbonos (PFC)
- hexafluoruro de azufre (SF₆)
- trifluoruro de nitrógeno (NF₃)
- pentafluoruro de trifluorometilsulfuro (SF₅CF₃)
- éteres halogenados
- otros halocarbonos no cubiertos por el Protocolo de Montreal

A menudo, no hay suficientes datos para estimar todo los GEI; sin embargo, los tres más importantes (CO_2 , CH_4 , N_2O) están cubierto en todos los inventarios. Esto porque los tres están asociados con las actividades de quema de combustible, AFOLU, y manejo de residuos, y los factores de emisión generalmente están disponibles. Los **factores de emisión** son la cantidad de emisiones/remociones GEI por unidad de una actividad específica (por ejemplo, toneladas (t) de CO_2 emitidas al quemar una tonelada de carbón).

Además de la cobertura de sectores y gases, es importante identificar cuáles son los límites de las emisiones que serán abordadas en la línea de base. Claramente, cualquier emisión directa de GEI que ocurra dentro de los límites geográficos deber ser incluida. En el nivel subnacional, las importaciones y exportaciones de energía eléctrica son comunes. La comprensión de éstas es necesaria debido a que las acciones que tienen lugar en una jurisdicción que importa mucha energía puede reducir emisiones tanto dentro como fuera de la jurisdicción (por ejemplo, energía renovable o eficiencia de energía eléctrica). Para Trayectorias, estas emisiones indirectas están incluidas. Por lo tanto, las emisiones del suministro de energía contabilizadas en la línea de base deberían entenderse para incluir todas las emisiones asociadas con la electricidad consumida dentro de la jurisdicción, sin importar de dónde se obtuvo esa electricidad.

El mismo concepto para cubrir otras emisiones indirectas podría ser adoptado en otros sectores de la línea de base. Estas incluyen emisiones que ocurren fuera de la jurisdicción asociada con el suministro de combustibles (gas natural, gasolina, diésel, etc.) y otros productos consumidos por la sociedad, incluyendo aquellos que terminan en el flujo de residuos sólidos (papel, plástico, metales, etc.). Los GEI contabilizados en el Proyecto Trayectorias no abordan estas emisiones indirectas.

Estimación de la Línea de Base de Emisiones

Mientras algunos subsectores cuentan con métodos más complicados de estimación, la fórmula más básica de emisiones se muestra abajo. Las emisiones GEI son calculadas con base en los datos de actividad y los factores de emisiones GEI.

Emisiones Anuales = EF x AD

Donde:

EF = Factor de emisión de GEI (por ejemplo, toneladas de CO_2 por unidad de actividad)

AD = valor anual de los datos de actividad para el indicador de emisión (por ejemplo, quema de carbón anual, promedio anual de cabezas de ganado, producción anual de cultivos)

Las emisiones son calculadas para cada GEI y después son convertidas a toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂e) con el fin de comparar y estimar las emisiones totales entre gases. Las emisiones de cada gas se convierten a tCO₂e usando el Potencial de Calentamiento Global (GWP) para cada uno, que es una medida de cuánta energía absorberán las emisiones de una tonelada de gas durante un periodo de tiempo determinado, con relación a las emisiones de una tonelada de dióxido de carbono (CO₂).

$$\text{Emisiones Anuales de GEI en tCO}_2\text{e} = \text{tGHG} \times \text{GWP}$$

Donde:

tGHG = toneladas anuales de un GEI particular, como el CH₄ (tCH₄)

GWP = potencial de calentamiento global para el GEI (por ejemplo, 28 para metano)

Para el Proyecto Trayectorias, las emisiones GEI fueron convertidas a dióxido de carbono (CO₂e) equivalentes usando GWP de 100 años del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5). Por acuerdo, para este proyecto, cualquier resumen de emisiones (tabla o cuadro) donde las unidades se proporcionen como “CO₂e”, debe considerarse que incluye la suma de todos los GEI asociados con la actividad generadora de emisiones (todo en términos de equivalentes de dióxido de carbono). Por ejemplo, si una actividad de quema de combustible resultara en emisiones de tres GEI: CO₂, N₂O and CH₄. Para el ejemplo de emisiones presentados anteriormente para un GEI, el resultado completo de las emisiones GEI incluirá la suma de los GEI:

$$\text{Emisiones GEI de la Quema de Combustible} = (\text{tCO}_2 \times 1) + (\text{tCH}_4 \times 28) + (\text{tN}_2\text{O} \times 265) = \text{tCO}_2\text{e}$$

Se proporcionan descripciones más detalladas de los métodos de estimación de línea de base en el Anexo A para tres sectores seleccionados: Transporte, Agricultura y FOLU. El Cuadro 1 analiza cómo el proyecto contabiliza las emisiones de GEI de los biocombustibles.

Cuadro 1. Contabilidad de Biocombustibles

Un problema importante en la contabilidad de las emisiones de GEI está relacionado con cómo las emisiones de CO₂ por la quema de combustible biogénico (biocombustible) son abordadas. Los biocombustibles incluyen: biomasa (v.g., etanol, biodiesel); y biogas (v.g., biometano proveniente del gas de vertederos, digestión anaeróbica de desechos animales o biosólidos municipales).

Comúnmente, las emisiones de CO₂ provenientes de la combustión de biocombustibles son tratadas como si fueran “carbono neutral”. Esto significa que las emisiones de CO₂ son asociadas con el ciclo de carbono a corto plazo (años) entre la atmósfera y la tierra. Esto se compara con el ciclo de carbono a largo plazo (décadas a millones de años) que ocurre en varios reservorios de carbono (por ejemplo, bosques) y depósitos a largo plazo de

combustibles fósiles.

Las emisiones de CO₂ por la quema de biocombustibles que son consideradas “carbono neutral” no están incluidas en los GEI globales por un sector (es decir, no están incluidas en las emisiones totales en un CO₂e). Sin embargo, en el Proyecto de Trayectorias, estas emisiones están estimadas y presentadas como porciones transparentes en un cuadro de resumen de emisiones, como el que se presenta en la [Figura 2](#) abajo. En este ejemplo, las emisiones de CO₂ por la quema de bioetanol y biodiesel se muestran como porciones transparentes. Es posible que, aunque estas emisiones son consideradas “carbono neutral” (y por lo tanto no están contadas en la línea de base del ámbito económico), podrían haber opciones disponibles para su captura y almacenamiento, lo que representaría una “remoción” de la atmósfera (una reducción de GEI que podría ser contada en contra de la línea de base).

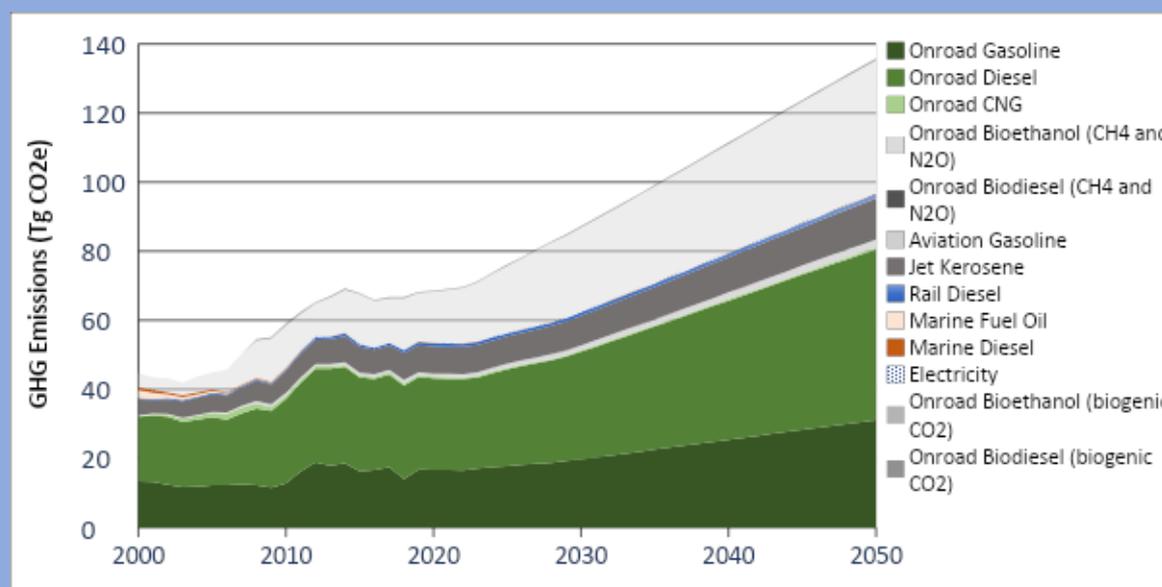


Figura 2. Muestra de la línea de base de las emisiones de GEI para el sector del transporte

Sin ninguna información específica sobre los orígenes de ciertos biocombustibles, las emisiones de CO₂ se consideran comúnmente neutras en carbono, y ese es el caso del Proyecto de Trayectorias. Nótese que este puede no ser el caso, y que ciertos biocombustibles, especialmente la biomasa de los paisajes forestales, deben ser considerados cuidadosamente. La biomasa de los bosques sólo debe considerarse neutra en cuanto al carbono si las tasas de extracción de biomasa son inferiores o iguales a la cantidad de la captura de carbono cada año. En lo que respecta a la biomasa forestal, si los procedimientos disponibles de estimación de las emisiones de la silvicultura y del uso de la tierra son suficientemente exhaustivos, entonces la pérdida de carbono del bosque asociada a la remoción de biomasa se recogerá en ese sector (y si las remociones no se realizan de manera sostenible, se mostrarán como emisiones de CO₂ en ese sector).

Línea de base de toda la economía

Una vez que se hayan construido las líneas de base de cada uno de los sectores económicos, entonces todos podrán integrarse en una línea de base de toda la economía. Para una línea de base de las emisiones de GEI de toda la economía, se eliminan las emisiones indirectas de GEI del consumo de electricidad dentro de las líneas de base de los sectores. Esto se debe a que todas ellas forman parte de los valores de emisión directa del subsector de suministro de energía del sector de suministro de energía. En la [Figura 3](#) se presenta un ejemplo de línea de base de las emisiones de GEI para toda la economía.

12

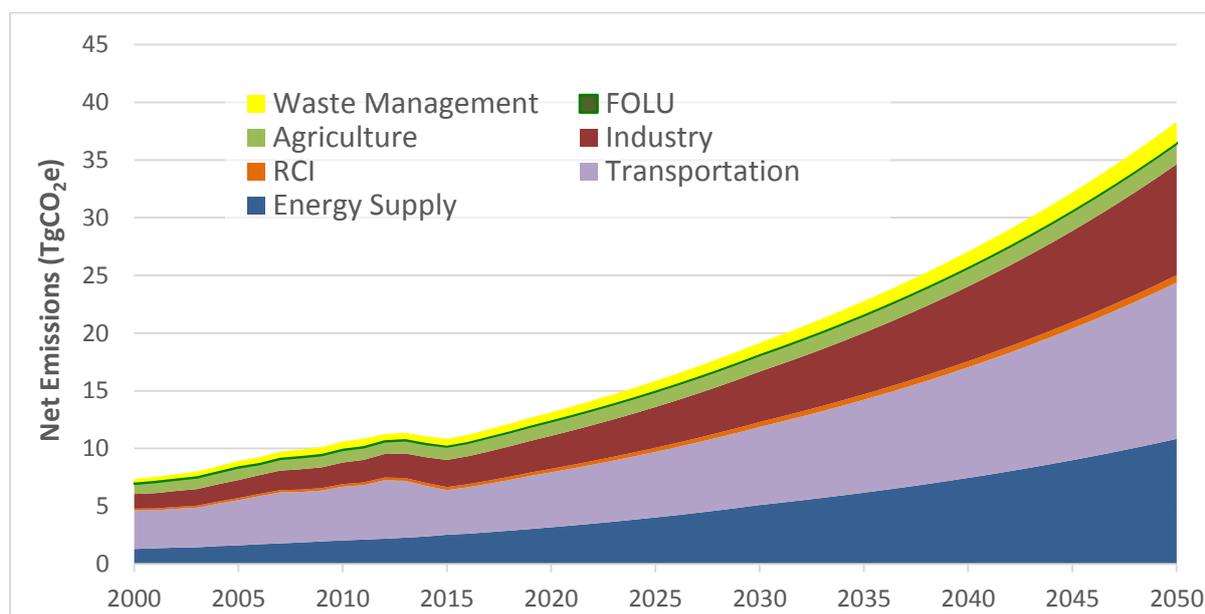


Figura 3. Ejemplo de la línea de base de Emisiones para toda la Economía

Como se indica en la [Figura 3](#), los valores de las emisiones se proporcionan sobre una base "neta". Esto significa que se incluyen tanto las fuentes de emisión como las de absorción de GEI. En el caso del Proyecto de Trayectorias, se utilizaría el término "bruto" si únicamente se mostraran los resultados de las fuentes de emisión. Como indica la figura, los sectores de mayor emisión en este ejemplo son el suministro de energía, el transporte y la industria y, por lo tanto, éstos deberían ser algunos de los sectores clave a los que deberían dirigirse las medidas del Proyecto de Trayectorias para que tengan el mayor impacto en la proyección de GEI de la BUA.

b. Identificación de los parámetros de diseño de implementación de las acciones

Para estimar el cambio en la línea de base que puede producir una acción, se necesita cierta información clave sobre su diseño para entender cómo los datos de la actividad subyacente podrían cambiar en comparación con el escenario BAU. Esta información incluye lo siguiente:

- 1) Una descripción clara de lo que representa la acción
- 2) El nivel de esfuerzo o la escala de cambio en la actividad que la jurisdicción necesita realizar para llevar a cabo la acción. A menudo, esto podría expresarse en términos del nivel de "penetración" que la acción tendrá en la actividad productora de emisiones (por ejemplo, el porcentaje de reducción de la conversión forestal de la UAE) o un objetivo real de la actividad (megavatios de nueva capacidad de generación renovable), siempre que el objetivo incluya algún lenguaje de apoyo de la actividad de la UAE (para que el lector entienda su significado)
- 3) Momento en que se alcanzará el nivel de esfuerzo identificado

En el Cuadro 2 se ofrece un ejemplo de los parámetros de diseño necesarios para estimar los efectos de las emisiones de GEI para una medida del sector del transporte.

Recuadro 2. Ejemplo de lenguaje de diseño para una acción prioritaria: T-1. Electrificación de vehículos

Descripción:

La electrificación de los vehículos reduce las emisiones del tubo de escape al disminuir la proporción del parque automotor que utiliza motores de combustión interna tradicionales que queman combustibles fósiles (gasolina y diésel). Las cadenas cinemáticas electrificadas requieren menos de un tercio de la energía que requieren las cadenas cinemáticas de los motores de combustión interna. Además, las reducciones de GEI derivadas de la electrificación de los vehículos aumentan cuando se añade a la red eléctrica más energía renovable de la necesaria para alimentar los vehículos eléctricos (reduciendo las emisiones de GEI por kWh de electricidad). Por consiguiente, la medida ES-1, que se refiere a la producción de energía solar a escala de servicios públicos, tiene importantes vínculos con esta medida.

Nivel de esfuerzo y tiempo:

A continuación se sugiere el nivel de esfuerzo y el calendario para la aplicación de esta medida:

Para 2035, se habrán establecido todos los mecanismos de aplicación necesarios para apoyar la electrificación de los vehículos en todos los municipios. Para lograr este objetivo, los vehículos eléctricos e híbridos representarán el 50% de las ventas de vehículos nuevos. La acción se centrará en primer lugar en los vehículos ligeros e incluirá los vehículos pesados después de 5 años.

Para 2050, se habrán establecido todos los mecanismos de aplicación necesarios para apoyar la electrificación de los vehículos en todos los municipios. Para lograr este objetivo, los vehículos eléctricos e híbridos representarán el 100% de las ventas de vehículos nuevos.

a. Estimación del cambio en los datos de actividad resultantes de la acción

Como ya se ha mencionado, las emisiones de GEI se calculan sobre la base de los datos de actividad BAU y los factores de emisión de GEI. La aplicación de una acción impulsará algunos cambios en las actividades y, por lo tanto, los datos de actividad dentro del sector correspondiente o un cambio en el factor de emisión de alguna actividad productora de emisiones (por ejemplo, un cambio en un sistema de gestión del estiércol dará lugar a un factor de emisión diferente).

Un diagrama como la cadena causal que se muestra en la [Figura 4](#) podría ayudar a entender las actividades que cambiarán como consecuencia de la acción de la trayectoria y las emisiones de GEI relacionadas cuando la relación entre la acción y los cambios en las

emisiones de GEI sea compleja y no sea fácilmente aparente. La Figura 4 presenta una cadena causal para la misma acción de transporte diseñada anteriormente.

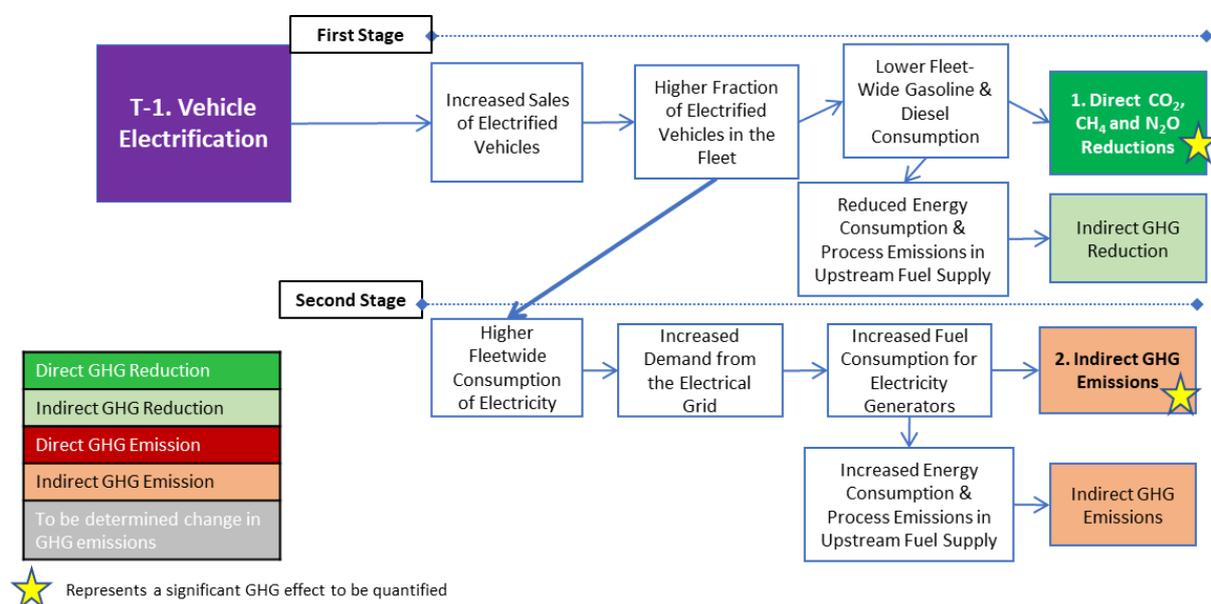


Figura 4. Cadena Causal de Impactos Directos para T-1: Electrificación de Vehículos

La primera etapa de la cadena causal comienza con una referencia al lenguaje proporcionado en el diseño de implementación de cada acción. El diseño prevé un aumento del volumen de ventas de vehículos electrificados (50% de la flota para 2035; 100% para 2050). Con el tiempo, estas ventas aumentarán la fracción acumulativa de la flota representada por los vehículos electrificados. A medida que estos vehículos entren en la flota, compensarán el consumo de gasolina o gasóleo en comparación con los niveles de BAU. Esa reducción en el consumo de combustible lleva a una reducción directa de las emisiones de GEI, que se muestra como el impacto #1 en la cadena causal.

Aún en la primera etapa, la reducción de la demanda de combustible también dará lugar a una reducción de todas las actividades necesarias para producir y transportar ese combustible para su utilización dentro de la jurisdicción. Por ejemplo, esas actividades podrían incluir la extracción, el procesamiento y el transporte de combustible fósil a una estación de gasolina al por menor. Algunas de esas actividades se realizan dentro de la jurisdicción, pero otras se llevan a cabo fuera de sus límites (a menos que la jurisdicción sea completamente autosuficiente en su suministro de combustible, lo cual es poco frecuente). Estos tipos de impactos de las emisiones indirectas están fuera de los límites de contabilidad del proyecto Caminos, como se ha descrito anteriormente. Este recuadro no está numerado ni marcado con estrellas, lo que significa que el impacto no se cuantificará.

En la segunda etapa, el aumento del número de vehículos electrificados en la flota dará lugar a una mayor demanda de electricidad basada en la red. A su vez, los generadores de electricidad conectados a la red producirán más electricidad y consumirán más combustible (para los generadores que consumen combustibles). Como resultado, se produce una emisión indirecta de GEI en estas centrales eléctricas. Esto se indica por el impacto de GEI #2, y está marcado con un asterisco para indicar que será cuantificado.

Por último, al igual que en la primera etapa, el aumento del combustible consumido por los generadores de electricidad creará más demanda en los procesos iniciales para producir esos combustibles. Sin embargo, al igual que en la primera etapa, estos impactos de los GEI están fuera de los límites contables del Proyecto Caminos.

El impacto global de las emisiones de GEI para esa acción de transporte será la red de impactos #1 y #2. Las reducciones para el impacto #1 deben ser mayores que el aumento de las emisiones asociadas con el impacto #2 para dar lugar a una reducción global de GEI para la acción. Es posible, en los casos en que la electricidad de la red es muy intensiva en carbono, que el resultado de la electrificación de los vehículos pueda dar lugar a un aumento neto de las emisiones de GEI. Sin embargo, eso tiende a ocurrir sólo en situaciones en las que la red eléctrica está dominada por fuentes de generación como el carbón, el petróleo pesado y los generadores diésel.

Para estimar los impactos de las emisiones se deberían utilizar factores de emisión específicos de los combustibles y contaminantes que sean coherentes con los utilizados para construir la línea de base. En el caso del proyecto de trayectorias, para realizar el análisis de los impactos directos se utilizan las mismas herramientas basadas en MS Excel que se utilizaron para construir la línea de base.

Es importante señalar que no todas las acciones requerirán el desarrollo de estas complejas cadenas causales. Muchas acciones de cambio de uso de la tierra son bastante sencillas. Por ejemplo, la relación causal entre una acción centrada en la conservación de los bosques y la consiguiente disminución de las tasas de deforestación es clara, y por lo general no hay procesos intermedios que deban evaluarse para pasar del punto a al punto b.

c. Estimación de las emisiones de GEI resultantes de la acción

Dependiendo del subsector, la acción y su diseño, y de los datos disponibles, el análisis de los impactos de los GEI se adaptará y realizará de forma diferente. El instrumento de referencia del sector de los GEI aplicable se utiliza para elaborar la evaluación de los impactos de cada medida en relación con la línea de base (previsión BAU). A continuación se muestran algunos ejemplos hipotéticos sencillos:

- Acción en el sector de suministro de energía, Plantas de Energía Renovable Centralizadas: esto podría implicar el desplazamiento de un cierto número de megavatios-hora (MWh) de generación de energía basada en combustibles fósiles con el mismo número de MWh de generación renovable. Para fines instructivos, supongamos que se generarán 1.000 MWh de energía renovable en 2030, de acuerdo con el diseño de esta Acción, y que la intensidad de carbono de la red es de 0,45 tCO₂e/MWh en 2030. Utilizando la ecuación general presentada anteriormente para los impactos de los GEI, las reducciones anuales de emisiones de GEI resultantes se calcularían de la siguiente manera:

$$\text{Impactos de 2030} = \text{AS} - \text{BAU} =$$

$$[1,000 \text{ MWh} \times 0 \text{ tCO}_2\text{e/MWh}] - [1,000 \text{ MWh generados} \times 0.45 \text{ tCO}_2\text{e/MWh}] =$$

$$\mathbf{- 450 \text{ tCO}_2\text{e}}$$

- Acción en el sector de la silvicultura y otros usos de la tierra, Conservación de los bosques: esto podría implicar la reducción de la conversión de un total de 5,000 hectáreas de bosques húmedos tropicales primarios en tierras de cultivo anuales para 2030. Para estimar la reducción de las emisiones anuales de GEI, es necesario identificar los contenidos de carbono en las tierras forestales que deben conservarse, así como los contenidos de carbono en las tierras de cultivo anuales. La diferencia en estos contenidos de carbono representa los factores de emisión debidos a la conversión (es decir, la deforestación). Para fines instructivos, se supone que el contenido de carbono de los bosques es de 115 toneladas de C por hectárea (tC/Ha), y el contenido de carbono de las tierras de cultivo anuales es de 5 toneladas de C por hectárea. Cuando se convierte a toneladas de CO₂e aplicando el factor de conversión de 3.667, el stock de carbono de los bosques es de 421.7 tCO₂e y para las tierras de cultivo es de 18.3 tCO₂e/Ha. Utilizando las ecuaciones generales presentadas anteriormente, la reducción total de emisiones de GEI resultante para 2030 sería:

$$\text{Impactos de 2030} = \text{AS} - \text{BAU} =$$

$$([5,000 \text{ ha} \times 421.7 \text{ t CO}_2\text{e/ha}] - [5,000 \text{ ha} \times 421.7 \text{ tCO}_2\text{e/ha}]) - ([5,000 \text{ ha} \times 421.7 \text{ tCO}_2\text{e/ha}] - [5,000 \text{ ha} \times 18.3 \text{ t CO}_2\text{e/ha}]) =$$

$$\mathbf{- 2,017,000 \text{ tCO}_2\text{e}}$$

a. Estimación de los impactos de los GEI en la economía

Dentro de cada archivo de Excel de cada sector, se identificarán y analizarán caso por caso las superposiciones o interacciones entre las acciones de la vía dentro de un sector (superposiciones/interacciones intrasectoriales).

- *Ejemplo de superposición intrasectorial:* Una Trayectoria contiene tanto una Acción que aborda la eficiencia del combustible del transporte por carretera como una Acción que reduce la actividad del transporte por carretera (vehículos-kilómetros recorridos). Después de aplicar la primera medida que produce un parque automotor más eficiente en cuanto al consumo de combustible, la segunda medida tendrá como resultado un menor impacto en los GEI que cuando se mide en relación con el parque automotor menos eficiente de la BAU.

El cambio resultante en las emisiones de GEI para cada Acción seleccionada se introducirá entonces en el Instrumento de Síntesis de la Trayectoria para evaluar la contribución al objetivo o los objetivos de reducción de las emisiones para toda la economía de la jurisdicción. Dentro de esta herramienta se identificarán entonces las superposiciones o interacciones entre las Acciones *entre sectores* (superposiciones/interacciones intersectoriales) y se harán ajustes para abordarlas caso por caso.

- *Ejemplo de superposición intersectorial:* Una Trayectoria contiene tanto una acción de suministro de energía renovable como una acción de eficiencia eléctrica del edificio. La Acción de energía renovable reducirá las emisiones del suministro de energía; y también tendrá un impacto en la Acción de eficiencia energética. Esto se debe a que, después de aplicar la Acción relativa a la energía renovable, la Acción relativa a la eficiencia energética reducirá el consumo de energía de una red eléctrica más limpia que la red eléctrica de la BAU (recuerde que los impactos siempre se miden primero con respecto a la línea de base).

En la [Figura 5](#), se muestra un ejemplo de los resultados de este análisis a nivel de toda la economía en relación con los posibles objetivos identificados. Estos resultados se determinan después de evaluar el impacto de las emisiones de GEI de todas las medidas de la vía y de aplicar los ajustes necesarios para abordar las superposiciones/interacciones intra e intersectoriales.

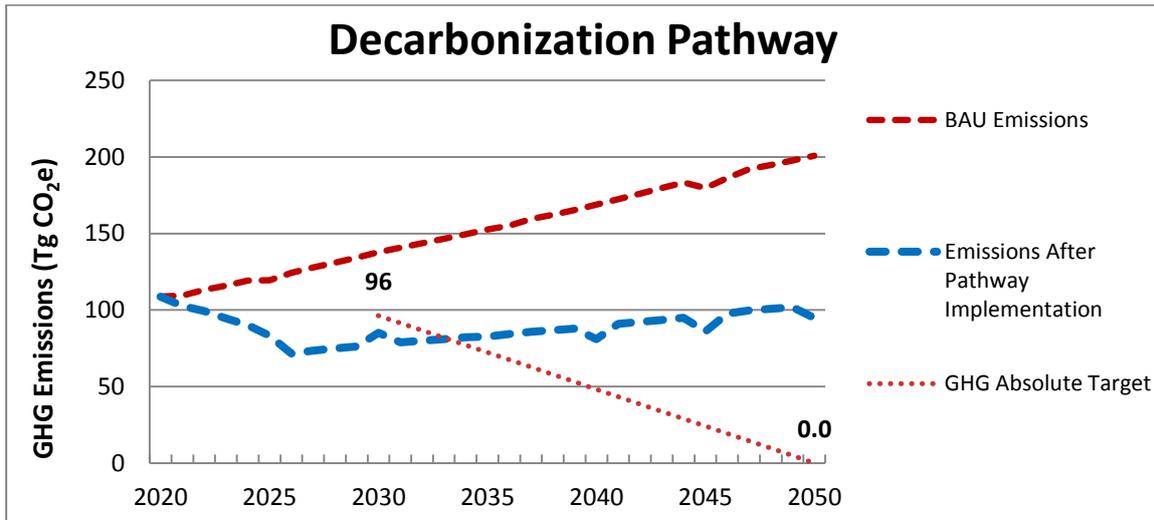


Figura 5. Impacto de la descarbonización en la aplicación de la Trayectoria y comparación con los objetivos

En la [Figura 5](#) se indica la línea de base de las emisiones de GEI para el conjunto de la economía (línea discontinua roja); el nivel estimado de emisiones de GEI como resultado de la aplicación de todas las medidas de la Vía (línea discontinua azul); y dos objetivos diferentes seleccionados para el conjunto de la economía en 2050 para la jurisdicción (2.0 tCO₂e/cápita; y una línea discontinua roja que indica los niveles absolutos de reducción de las emisiones que deben alcanzarse en relación con la BAU en 2030 y 2050).

En la [Figura 6](#) se presenta un desglose de las reducciones de la trayectoria por sectores (en este ejemplo, la mayoría de las que proceden de los sectores de la agricultura y la FOLU). El ejemplo indica que se necesitarán más medidas (incluidas las de otros sectores) para alcanzar los objetivos seleccionados para 2050.

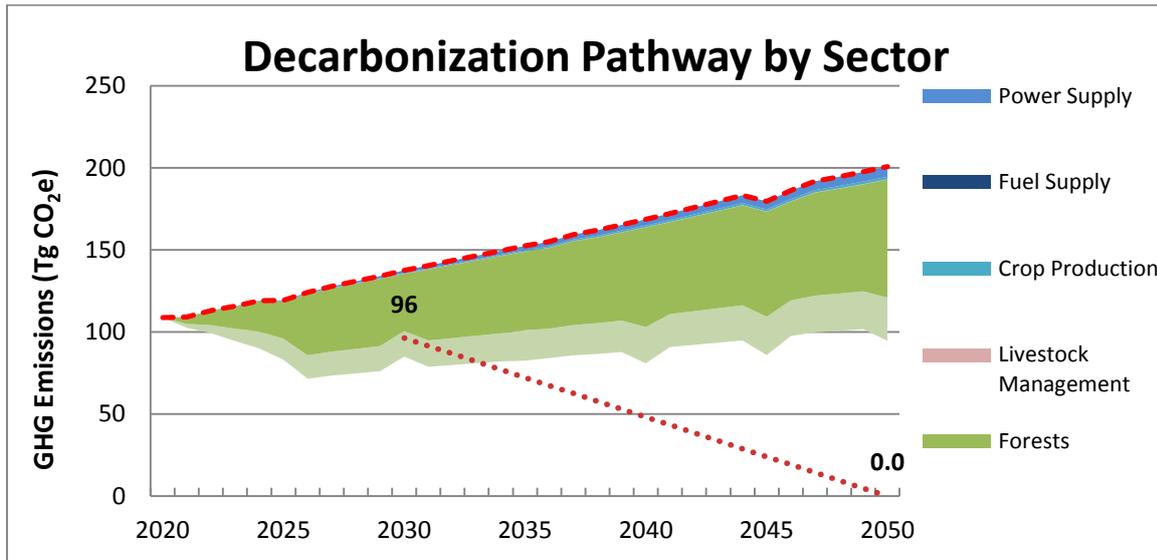


Figura 6. Impacto de la descarbonización en la aplicación de la vía por sector

Una vez que todas las Acciones han sido evaluadas en cuanto a su reducción de GEI, se pueden evaluar diferentes combinaciones de Acciones (Trayectorias) para determinar su capacidad de cumplir con el/los objetivo(s) de reducción de emisiones de GEI.

Anexo A: Glosario

Datos de actividad - datos sobre la magnitud de la actividad humana que causa emisiones o remociones de gases de efecto invernadero

Línea de base - una serie de datos históricos y previstos 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)

CH₄ – Metano

CO₂ – Dióxido de carbono

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.

Factor de emisión - la cantidad de emisiones/remociones de GEI por unidad de una actividad específica de emisión/eliminación de GEI

N₂O – Óxido nitroso

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.

Anexo B: Información básica sobre la estimación de las emisiones de GEI en diferentes sectores

1. Información básica sobre la estimación de las emisiones de GEI de transporte

Las actividades directamente relacionadas con las emisiones de GEI en el sector del transporte incluyen la quema de combustibles en vehículos de carretera ligeros, medianos y pesados, así como la quema de combustibles en aviones, buques de guerra y transporte ferroviario. En general, las emisiones se estiman sobre la base de los datos de consumo de combustible utilizando la fórmula básica de emisiones presentada anteriormente. Por ejemplo, la estimación de las emisiones de CH₄ procedentes de la quema de gasolina en vehículos de carretera que consumen 10,000 terajulios (TJ) de combustible en un año determinado se estimaría como:

$$\begin{aligned} \text{EF} \times \text{AD} &= 0.0038 \text{ tCH}_4/\text{TJ} \times 10,000 \text{ TJ gasolina} = 38 \text{ tCH}_4 \\ \text{tGEI} \times \text{GWP} &= 38 \text{ tCH}_4 \times 28 = 1,064 \text{ tCO}_2\text{e} \end{aligned}$$

Otros datos de actividad, como los kilómetros recorridos por los vehículos (VKT), son útiles para elaborar proyecciones de emisiones. Se puede esperar que el VKT crezca con el tiempo, mientras que se espera la eficiencia de los vehículos (kilómetros por litro de combustible) también crezca en la mayoría de los casos. Por lo tanto, las estimaciones del consumo futuro de combustible dependerán de estas tendencias opuestas.

Indirectamente, el sector del transporte también puede ser consumidor de electricidad en la medida en que se hayan electrificado elementos del sistema de transporte (por ejemplo, vehículos de carretera, autobuses de tránsito, etc.). Estos elementos suelen estimarse e incluirse en los resultados de referencia del sector del transporte para ilustrar plenamente las contribuciones de este sector y los posibles efectos de las medidas. Sin embargo, cuando las emisiones del sector del transporte se agregan con otros sectores en una línea de base de toda la economía, estas emisiones indirectas se representan como emisiones directas en el sector de suministro de energía para evitar la doble contabilización. En la [Figura 7](#), las emisiones indirectas de GEI para el consumo de electricidad de los vehículos de carretera son casi demasiado pequeñas para ser observadas (debido a los muy bajos niveles de penetración de los vehículos eléctricos en el futuro parque de vehículos de carretera). Están representadas por la porción de patrón (tercera desde la parte superior).

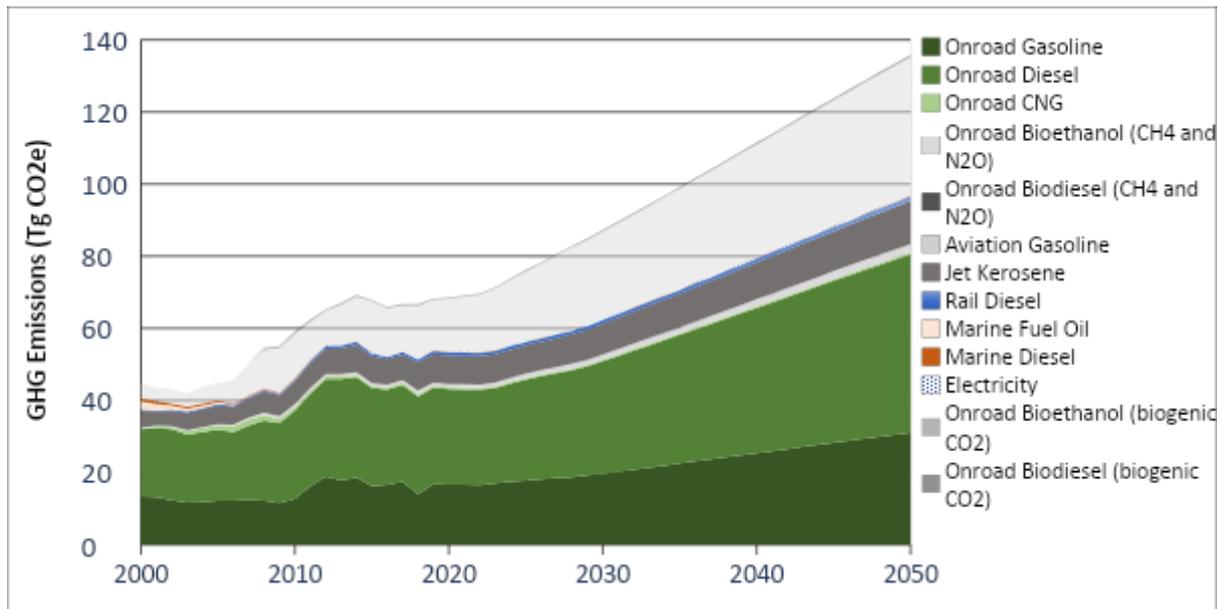


Figura 7. Sample GHG Emissions Baseline for the Transportation Sector

2. Información básica sobre la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura

Para la estimación de las emisiones de GEI, los sectores no energéticos tienden a ser más complejos que los sectores energéticos, que están principalmente asociados a la combustión de combustibles. El sector agrícola incluye varios subsectores diferentes con distintos tipos de datos de actividad y metodologías de estimación de emisiones:

- *Ganadería - Fermentación entérica*: Las emisiones de CH₄ de la fermentación entérica son el resultado de los procesos digestivos normales en el ganado rumiante y no rumiante. Las emisiones se basan en las poblaciones de ganado (actividad) y en el factor de emisión de cada tipo de ganado.
- *Ganadería - Gestión del estiércol*: Las emisiones de CH₄ procedentes del almacenamiento y tratamiento del estiércol de ganado (por ejemplo, en pilas de compost o en lagunas de tratamiento anaeróbico) se producen como resultado de la descomposición del estiércol. Las emisiones se basan en las poblaciones de ganado (actividad) y en una serie de insumos utilizados para estimar los factores de emisión, como la proporción de ganado en cada sistema de gestión del estiércol y el clima.
- *Suelos agrícolas*
 - *Ganadería*: Las emisiones de N₂O son el resultado del estiércol animal excretado directamente en los suelos agrícolas (por ejemplo, en pastizales,

praderas o campos de cultivo) o esparcido en los suelos agrícolas como fertilizante. Las emisiones se basan en las poblaciones de ganado (actividad) y en varios insumos utilizados para estimar los factores de emisión.

- *Cultivos*: este sector fuente abarca las emisiones de N_2O procedentes de la descomposición de los residuos de los cultivos y la producción de cultivos que fijan el nitrógeno. Las emisiones se estiman sobre la base de la producción de cultivos (actividad) y de varios insumos utilizados para estimar los factores de emisión, como la relación entre los residuos sobre el suelo y la producción de cultivos.
 - *Enmiendas al suelo*: la gestión de los suelos agrícolas puede dar lugar a emisiones de N_2O y flujos netos de CO_2 (que causan emisiones o sumideros; se trata en el siguiente punto). En general, las enmiendas del suelo que añaden nitrógeno a los suelos también pueden resultar en emisiones de N_2O . Las emisiones se basan en toneladas de aplicación para cada tipo de enmienda (actividad) y factores de emisión.
- *Carbono orgánico del suelo (SOC por sus siglas en inglés)*: cambios en las reservas de carbono del suelo por cambios en la gestión de las tierras de cultivo. Las prácticas de gestión que afectan al carbono del suelo incluyen la gestión de residuos, el método de labranza, los fertilizantes, el cultivo y la intensidad de la cosecha, la irrigación y la rotación de cultivos, así como el drenaje y el cultivo de suelos orgánicos. Las emisiones se basan en la superficie de las tierras de cultivo y en los insumos para estimar los factores de emisión (clima, tipo de suelo, práctica de gestión).
 - *Quema de residuos de cultivos*: Las emisiones de CH_4 y N_2O se producen cuando se queman los residuos de los cultivos (también se emite CO_2 ; sin embargo, dado que la fuente de carbono es biogénica, estas emisiones se consideran neutras en cuanto al carbono y, por lo tanto, no se incluyen en la línea de base). Las emisiones se basan en las toneladas de residuos quemados (actividad) y en los factores de emisión para el CH_4 y el N_2O .
 - *Biomasa en tierras agrícolas*: Ciertos sistemas agrícolas pueden mejorar el almacenamiento de CO_2 en forma de biomasa. Los cultivos leñosos permanentes como los árboles frutales y de nueces en los huertos son capaces de eliminar el CO_2 (secuestrando el carbono) de la atmósfera y almacenarlo durante largos períodos como biomasa. Asimismo, los sistemas agroforestales y silvopastorales en los que los árboles desempeñan un papel integral junto con la producción de cultivos y el pastoreo del ganado pueden mejorar el almacenamiento de CO_2 . Por lo tanto, las extracciones de CO_2 se incluyen comúnmente como un sumidero de carbono dentro del sector agrícola.

Como se ha señalado anteriormente, el cálculo de las estimaciones de las emisiones de algunos subsectores de la agricultura requiere más insumos que la ecuación básica de las emisiones. Por ejemplo, a continuación se presenta la ecuación para calcular los factores de

emisión para la gestión del estiércol de las directrices del IPCC. Mientras que las acciones de mitigación del sector energético se centran en la reducción del consumo de combustible (o en la sustitución por combustibles renovables), las medidas no energéticas pueden reducir las emisiones mediante la reducción de la actividad o el cambio de las condiciones que repercuten en los factores de emisión.

ECUACIÓN 10.23
FACTOR DE EMISIÓN DE CH₄ DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

$$EF_{(T)} = (VS_{(T)} \cdot 365) \cdot \left[B_{o(T)} \cdot 0,67 \text{ kg / m}^3 \cdot \sum_{S,k} \frac{MCF_{S,k}}{100} \cdot MS_{(T,S,k)} \right]$$

Donde:

- EF_(T) = factor de emisión anual de CH₄ para la población de ganado categoría *T*, kg CH₄ animal⁻¹ año⁻¹
- VS_(T) = sólidos volátiles excretados por día en la categoría de ganado *T*, kg materia seca animal⁻¹ día⁻¹
- 365 = base para calcular la producción anual de VS, días año⁻¹
- B_{o(T)} = capacidad máxima de producción de metano del estiércol producido por el ganado de la categoría *T*, m³ CH₄ kg⁻¹ de VS excretados
- 0,67 = factor de conversión de m³ de CH₄ a kilos de CH₄
- MCF_(S,k) = factores de conversión de metano para cada sistema de gestión del estiércol *S* por región climática *k*, %
- MS_(T,S,k) = fracción del estiércol del ganado de la categoría *T* manejado usando el sistema de gestión de desechos *S* en la región climática *k*, sin dimensión

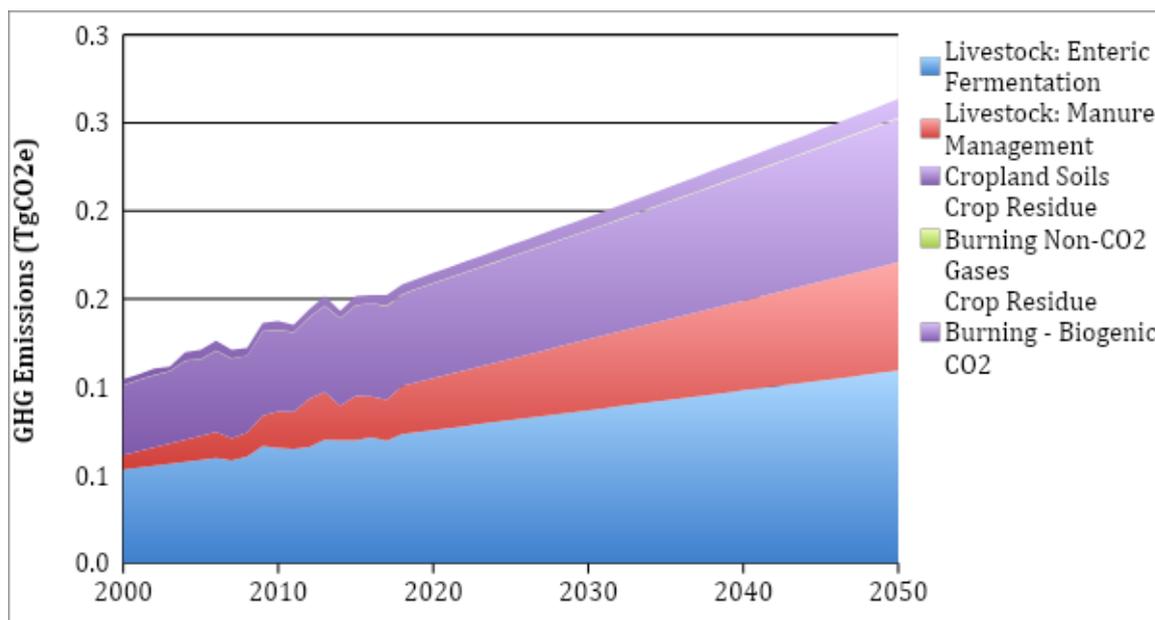


Figura 8. Ejemplo de línea de base de las emisiones del sector agrícola

3. Basic Information on FOLU GHG Emissions Estimation

Este sector incluye tanto las emisiones y absorciones de GEI procedentes de las diferentes actividades de cambio de uso de la tierra como de las prácticas de gestión de la tierra en las tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra. Excluye las emisiones procedentes de los usos de la tierra con fines agrícolas incluidas en las estimaciones de las emisiones de GEI de la agricultura. También incluye las emisiones procedentes de los incendios forestales, que podrían clasificarse como un cambio de uso de la tierra o como una fuente de emisiones en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra dependiendo de la severidad del incendio forestal.

1. *Cambio de uso de la tierra.* Los diferentes usos de la tierra tienen diferentes reservas de carbono en forma de biomasa y suelos tanto vivos como muertos. Por lo tanto, cuando un uso de la tierra se convierte en otro, podría dar lugar a un aumento neto de las emisiones o a una eliminación neta de los GEI de la atmósfera. Cuando una cierta superficie de un uso de la tierra con mayores reservas de carbono (por ejemplo, los bosques) se convierte en otro uso de la tierra con menores reservas de carbono (por ejemplo, los asentamientos humanos), ello dará lugar a emisiones netas de GEI. Por el contrario, cuando cierta superficie de un uso de la tierra con reservas de carbono relativamente bajas (por ejemplo, tierras de cultivo de

monocultivo) se convierte en otro tipo de uso de la tierra con mayores reservas de carbono (por ejemplo, los bosques), se produce una absorción neta de emisiones. Con la excepción de los incendios forestales que provocan cambios en el uso de la tierra (que se examinan más adelante), sólo se contabiliza el CO₂.

2. *Prácticas de gestión* en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra. Diferentes prácticas de gestión de la tierra pueden repercutir en los flujos de gases de efecto invernadero según el uso de la tierra.
 - Prácticas de gestión que afectan a los flujos de GEI en los bosques. La extracción de madera, fibra y leña (junto con el daño incidental a otros árboles y el desmonte de áreas para infraestructura de aprovechamiento forestal) puede conducir a emisiones netas de CO₂ si la cantidad de árboles que se cortan excede la tasa natural de regeneración y crecimiento de los árboles en el bosque. Por el contrario, la restauración de los bosques degradados (es decir, bosques en los que la biomasa ha disminuido significativamente y la salud y funcionalidad general del ecosistema se ve afectada) mediante actividades como la plantación de árboles, conduce a la remoción de CO₂ de la atmósfera.
 - Prácticas de gestión que afectan a los flujos de GEI en los humedales. Los suelos de los humedales contienen grandes cantidades de carbono. Cuando se produce el drenaje en los ecosistemas de humedales, se emiten cantidades significantes de carbono en forma de CO₂ de los suelos. Al mismo tiempo, si se trata de un humedal de agua dulce, el drenaje también reduce las emisiones de CH₄ del sistema. La restauración de la hidrología de los humedales degradados puede ayudar a reconstruir el carbono en los suelos, capturando así el CO₂ de la atmósfera, pero también puede aumentar las emisiones de CH₄ si ocurre en un humedal de agua dulce.
 - Las prácticas de gestión que afectan los flujos de GEI en los pastizales. La práctica de gestión más importante que degrada los pastizales es el pastoreo excesivo del ganado, que se examina en el subsector de ganadería.
 - Las prácticas de gestión que afectan los flujos de GEI en las tierras de cultivo. Cubierto en el subsector de agricultura.
 - Las prácticas de gestión que afectan los flujos de GEI en los asentamientos humanos. La plantación y la gestión de árboles en las zonas urbanas, por ejemplo en parques y a lo largo de carreteras, pueden mejorar la captación de CO₂ en los asentamientos humanos.
3. *Incendios forestales.* Dependiendo de su severidad, los incendios forestales pueden causar emisiones ya sea como resultado del cambio de uso de la tierra o en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra. Los incendios forestales provocan emisiones de una variedad de GEI, incluyendo CO₂, CH₄ y N₂O. Con frecuencia, sólo se evalúan los gases de GEI que no son CO₂ si el incendio causa un cambio de uso de la tierra, ya que esas emisiones de CO₂ serán capturadas cuando

se evalúen las transiciones de cambio de uso de la tierra. Además, para los incendios forestales que ocurren en pastizales y tierras de cultivo, se asume que la misma cantidad de CO₂ será recaptada rápidamente (dentro de un año) cuando la biomasa comience a crecer después de que el fuego se haya extinguido.

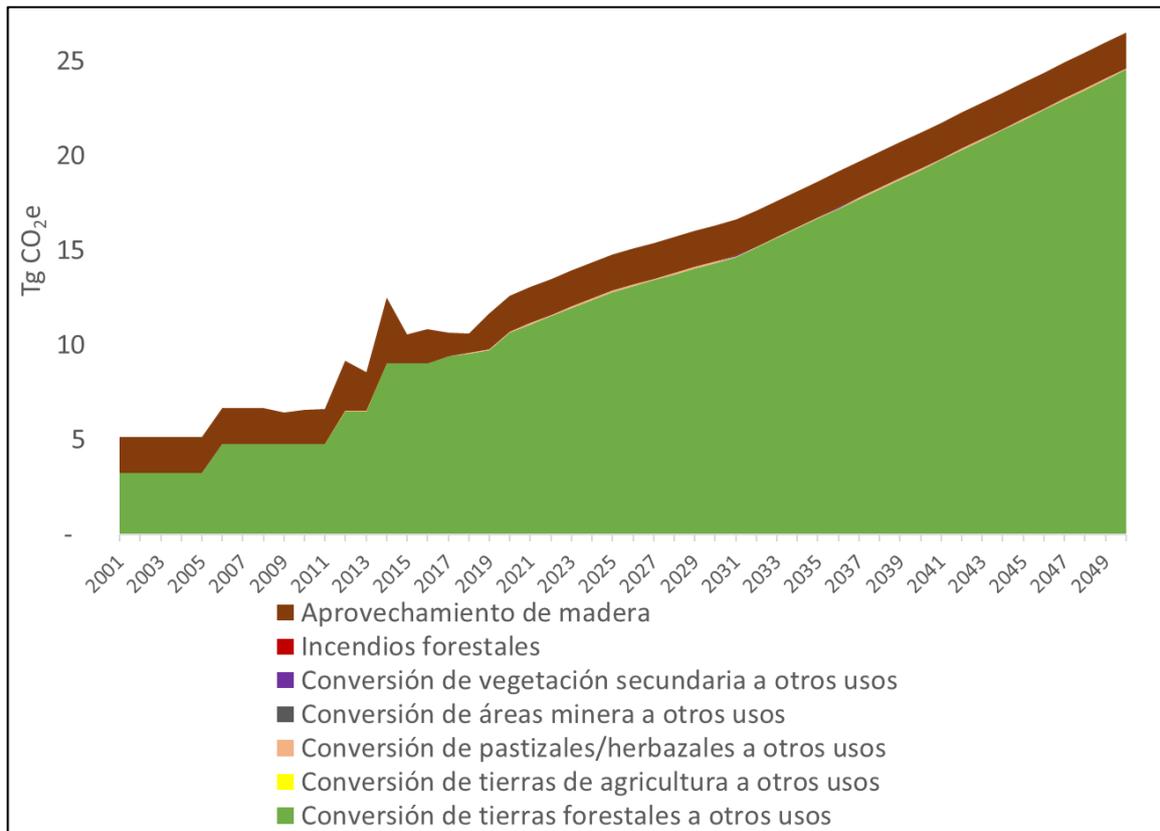


Figura 9. Ejemplo de línea de base de las emisiones del sector de la silvicultura y el uso de la tierra

