

# Climate & Clean Air Coalition

## Methane Roadmap Action Programme (M-RAP)

Hoja de ruta para la reducción de emisiones de metano en la República Argentina.



UNEP convened initiative

## CRÉDITOS Y AGRADECIMIENTOS

### **AUTORES**

*Stockholm Environment Institute (SEI):*

Chris Malley

Jennifer I. Pedraza

Norberto Vidal (consultor)

*Fundación Torcuato Di Tella:*

Hernán Carlino

Luciano Caratori

Micaela Carlino

Atilio Savino

Pablo Cañada

*Secciones Petróleo y Gas: Clean Air Task Force*

Paula García Holley

Franco Carvajal Ledesma

Lesley Feldman

Henry Patel

### **AGRADECIMIENTOS:**

Climate and Clean Air Coalition (CCAC)

Subsecretaría de Ambiente de la Nación

El presente documento técnico es resultado del apoyo en la planificación de Contaminantes Climáticos de Vida Corta a la Subsecretaría de Ambiente de Argentina por parte de la CCAC. Todas las actividades descritas están destinadas a contribuir a la implementación exitosa del proyecto *Actualizar y mejorar la evaluación de mitigación de CCVC y desarrollo de la hoja de ruta de metano*, financiado por la CCAC e implementado por el Stockholm Environment Institute (SEI) y la Fundación Torcuato Di Tella.

2025

El metano (CH<sub>4</sub>) es el segundo gas de efecto invernadero (GEI), detrás del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), en importancia debido a su contribución al calentamiento global por las actividades humanas. El metano tiene un tiempo de vida en la atmósfera de entre 9 y 12 años (IPCC, 2021)<sup>1</sup> y es más de 80 veces más potente que el CO<sub>2</sub> en capturar calor, si se considera un período de 20 años. Esto significa que los cambios en la concentración atmosférica de CH<sub>4</sub> pueden tener un efecto significativo sobre la ocurrencia temporal y la magnitud de los máximos de temperatura que puedan generarse para mediados de este siglo. El CH<sub>4</sub> contribuye al aumento de la concentración global de ozono troposférico (O<sub>3</sub>) a nivel de la superficie del planeta, es un contaminante atmosférico que puede impactar negativamente por diversas vías sobre la salud y también sobre los rendimientos de los cultivos.

Así se ha demostrado el vínculo del metano con la contaminación atmosférica como precursor del O<sub>3</sub><sup>2</sup> y por sus efectos negativos en la salud, por lo que es importante mencionar que adicionalmente al beneficio primario de reducción del incremento de temperatura global, la mitigación sustantiva de las emisiones de metano trae consigo otros beneficios asociados a evitar enfermedades respiratorias y cardiovasculares, impulsar el aumento en el rendimiento de cultivos como trigo, maíz, soja y arroz; y, asimismo, la reducción de pérdidas esperadas de horas de trabajo por exposición a altas temperaturas ambientales, entre otros (CCAC & UNEP, 2021).

La importancia del metano, como GEI, ha sido en ocasiones subestimada y algo relegada debido a la necesidad urgente y al énfasis puesto primariamente en reducir las considerables emisiones de dióxido de carbono cuando se las agrega a escala global.

Debido a su relativamente corta permanencia en la atmósfera el metano también ha sido incluido dentro del grupo de contaminantes climáticos de vida corta (CCVC), junto con el carbono negro, el óxido nitroso y los compuestos hidrofluorocarbonados (Feng et al., 2022).

Las emisiones antropogénicas de metano directas para el año 2020<sup>3</sup>, dan cuenta del 65% de las emisiones totales de metano (CCAC, 2024) a escala global. Si se consideran además las emisiones indirectas (embalses), esa participación supera los dos tercios del total. Las emisiones naturales (las no antropogénicas) resultan mayormente de los humedales, los manglares y de las aguas dulces<sup>4</sup>.

Los incrementos de las emisiones globales de metano antropogénico desde el período preindustrial han contribuido con 0,5°C al calentamiento global (IPCC 2021)<sup>5</sup>, y han crecido aproximadamente un 1% por año entre 2010 y 2018. De acuerdo con estimaciones, aproximadamente 384 millones de toneladas de metano fueron emitidas en 2020 (Crippa et al, 2021)<sup>6</sup>.

El CH<sub>4</sub> es emitido en procesos que son diferentes a los que generan el CO<sub>2</sub>. El CO<sub>2</sub> proviene principalmente de la quema de combustibles fósiles y de un número de procesos industriales (como la producción de cemento o acero), mientras que el CH<sub>4</sub> se emite principalmente en tres sectores:

---

<sup>1</sup> IPCC. (2021). Climate change 2021—The physical science basis: Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (1st ed.). Cambridge University Press

<sup>2</sup> CATF (2024). The Case for Action on Tropospheric Ozone. <https://www.catf.us/resource/the-case-for-action-on-tropospheric-ozone/>

<sup>3</sup> Último año en el que está disponible el presupuesto global de metano.

<sup>4</sup> Jackson R. B. et al. (2024). Human activities now fuel two-thirds of global methane emissions. *Environ. Res. Lett.* 19 (2024) 101002.

<sup>5</sup> IPCC 2021 Summary for policymakers (AR6) Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

<sup>6</sup> Crippa M et al (2021). GHG emissions of all world countries—2021 Report EUR 30831 EN (Luxembourg: Publications Office of the European Union)

- i) La extracción de combustibles fósiles genera emisiones de metano a través de fugas, quemas y venteos durante la extracción, transmisión y distribución de petróleo y gas, así como en la minería del carbón;
- ii) En el sector agrícola, el ganado rumiante (vacas, ovejas y cabras) emite metano debido a la fermentación entérica, que ocurre cuando se descompone la materia orgánica en el rumen de los animales, además de la descomposición del estiércol, cuya gestión también influye en las emisiones de metano. El cultivo de arroz también es una fuente significativa a escala global, ya que la producción en superficies inundadas favorece la producción de metano.
- iii) El sector de residuos libera metano por la descomposición de los residuos sólidos orgánicos y de la materia orgánica presente en las aguas residuales, principalmente de origen doméstico.

La Evaluación Mundial del Metano<sup>7</sup> muestra que las emisiones de metano de origen humano pueden reducirse hasta un 45% esta década. Tales reducciones evitarían casi 0,3 °C de calentamiento global de aquí a 2045 y serían coherentes con el objetivo del Acuerdo de París sobre el Clima de limitar el aumento de la temperatura global a 1,5°C.

En efecto, según un reporte de McKinsey Sustainability<sup>8</sup> introducir medidas de abatimiento en cinco industrias: agricultura, petróleo y gas, minería del carbón, manejo de los residuos sólidos y gestión de las aguas residuales, que representan el 98% de las emisiones humanas de metano, podría provocar un impacto significativo sobre las emisiones. En esos sectores e industrias, la reducción de emisiones potencial a escala global podría alcanzar al 20% en 2030 y al 46% en 2050, lo que podría lograrse con tecnologías probadas, y a un costo razonable, pues según el estudio de McKinsey, las reducciones podrían lograrse a un costo inferior a USD 25 por tonelada métrica de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>e).<sup>9</sup> Incluso, para algunas fuentes de emisiones sectoriales de metano, las reducciones pueden definirse como *win-win* (Stavins, R., 2024), en particular, pero no exclusivamente en el sector de petróleo y gas, pues combinan la protección de bienes públicos globales con los intereses de la industria a la que estas acciones le hacen posible incrementar el flujo de bienes transables internacionalmente<sup>10</sup>.

Por esas razones es conveniente explorar las oportunidades de reducción de emisiones de metano en las fuentes en la Argentina, a la vez que avanzar en la estimación de los costos marginales de abatimiento en los distintos sectores y mercados, y elucidar y cuantificar los beneficios económicos y financieros de:

- los aumentos de eficiencia en la producción ganadera, que también se reflejan como mejoras de eficiencia ambiental y permiten disminuir los impactos ambientales de la producción, asimismo;
- maximizar la eficiencia en la producción de petróleo y gas, mediante la introducción de tecnologías para evitar pérdidas y fugas y generar flujos de fondos adicionales por esta vía, y;
- optimizar la eficiencia de los sistemas de gestión de residuos y aguas residuales, de modo general de mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de las actividades productivas y de los servicios, al reducir emisiones de GEI.

---

<sup>7</sup> CATF (2021). Global Methane Assessment. <https://www.ccacoalition.org/resources/global-methane-assessment-full-report>

<sup>8</sup> DeFabrizio et al. (2021). Curbing methane emissions: How five industries can counter a major climate threat. McKinsey Sustainability.

<sup>9</sup> Utilizando el GWP en un marco temporal de 20 años, para convertir el metano en dióxido de carbono equivalente.

<sup>10</sup> Stavins, R. (2024). How Reducing Methane Emissions Will Slow Climate Change.

## Resumen ejecutivo

En 2023, la República Argentina presentó el Quinto Informe Bienal de Actualización ante la CMNUCC<sup>11</sup>, en el que se estimaron las emisiones netas totales del año 2020 y en el que también se incluye la serie temporal del período 1990-2020 (MAyDs, 2023).

De acuerdo con los resultados de este informe en 2020 el metano aporta 94,6 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (Mt-CO<sub>2</sub>e), lo que representa el 25% del total de las emisiones generadas en el país, las cuales totalizaban 376,4 MtCO<sub>2</sub>e .

La emisión total de 4.505 mil toneladas de metano consignada en el IBA-5, indica que el país era responsable de aproximadamente el 1,1% de las emisiones antropogénicas globales de metano en 2020<sup>12</sup>. Asimismo, según el IBA-5, en ese mismo año, a nivel sectorial se observa que el sector con mayor participación en las emisiones de metano era “Agricultura, ganadería, silvicultura y otros usos de la tierra” (AFOLU, por sus siglas en inglés), que contribuye con un 64% (2.874 ktCH<sub>4</sub>) de las emisiones totales de metano. Las emisiones de metano en el sector resultan principalmente de la fermentación entérica debido a las emisiones del ganado bovino (91%), seguidas de las emisiones de la quema de biomasa (cerca de 6%), gestión del estiércol (cerca de 3%) y cultivos de arroz con menos del 1%.

Le sigue el sector energía representa el 19% (842,17 ktCH<sub>4</sub>) de las emisiones de metano; éstas provienen principalmente de las emisiones fugitivas de la cadena de extracción, procesamiento, almacenamiento y transporte de combustibles fósiles al punto de uso final.

Por último, el sector residuos, con un aporte del 18,58% de las emisiones de metano (783,6 ktCH<sub>4</sub>), y se asocian a la disposición final de desechos sólidos, y por el tratamiento y eliminación de las aguas residuales industriales y domésticas (MAyDs, 2023).

Este reporte corresponde al objetivo de construir una hoja de ruta de mitigación de los CCVC, centrada en el metano, con un enfoque de compatibilidad con el desarrollo económico del país. Este reporte destaca los resultados de las rutas de implementación de las estrategias de mitigación sectoriales, una iniciativa destinada a identificar y ejecutar estrategias eficaces para reducir las emisiones de metano.

La efectividad de esta hoja de ruta depende de su abordaje en subsectores específicos que son los mayores contribuyentes a las emisiones de metano. La planificación detallada y el enfoque en áreas de alto impacto son esenciales para lograr la reducción de las emisiones de metano a nivel nacional. Este encuadre permite no solo un impacto ambiental positivo sino también orienta hacia un desarrollo de largo plazo sostenible. La ruta de implementación, que integra el monitoreo, reporte y verificación (MRV) de las acciones propuestas, es esencial para establecer un marco estructurado y basado en evidencia. La finalidad es planificar y ejecutar acciones de mitigación de manera eficiente, adaptándose a las necesidades y objetivos específicos del país.

<sup>11</sup> El Quinto Informe Bienal de Actualización IBA-5 sigue las directrices del IPCC 2006, I se utilizaron los potenciales de calentamiento global (PCG) del Segundo Informe de Evaluación del IPCC de 1995 (SAR por su sigla en inglés).

<sup>12</sup> Quinto Informe Bienal de Actualización (IBA-5), (MAyDs, 2023)

## Los principales resultados de esta hoja de ruta son:

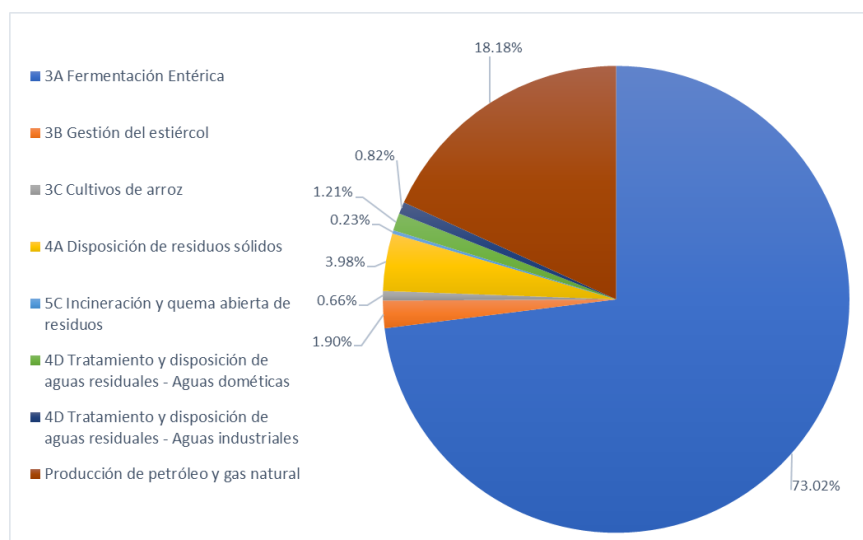
1

**Los sectores de ganadería y residuos se ubican como los principales emisores de metano; sin embargo, la contribución del sector de producción de petróleo y gas también hace una contribución significativa a las emisiones totales nacionales.**

En esta hoja de ruta, se realizó la estimación de emisiones de metano para los tres sectores claves, aplicando una metodología de nivel 2 que permite representar los procesos que producen las emisiones de metano, y así evaluar el impacto de la aplicación de medidas de mitigación más detalladas y centradas en las fuentes de emisión, como en el caso de la producción de petróleo y gas en el que fue posible cuantificar las emisiones a nivel de procesos con base en las estadísticas de producción de hidrocarburos de la Secretaría de Energía, y el número de pozos en producción del Instituto Argentino del Petróleo y Gas (IAPG).

En el caso del sector de agricultura y residuos, para realizar el inventario de nivel 2<sup>13</sup> se procedió a recopilar más datos para poder correr el modelo desarrollado por SEI (principalmente de bases de datos internacionales, como la FAO y el modelo GLEAM) y disponer de herramientas que permiten modelar las características del ganado, el consumo de energía, los sistemas de gestión del estiércol, los sistemas de gestión de residuos, entre otros.

Figura A Contribución de los sectores a las emisiones de metano 2020



Fuente: Elaboración propia en base a modelos desarrollados

<sup>13</sup> Debe recordarse que el inventario presentado por Argentina ya es de nivel 2 y sigue la metodología propuesta por el IPCC.

## 2

### *Sin medidas de intervención, las emisiones de metano podrían incrementarse considerablemente.*

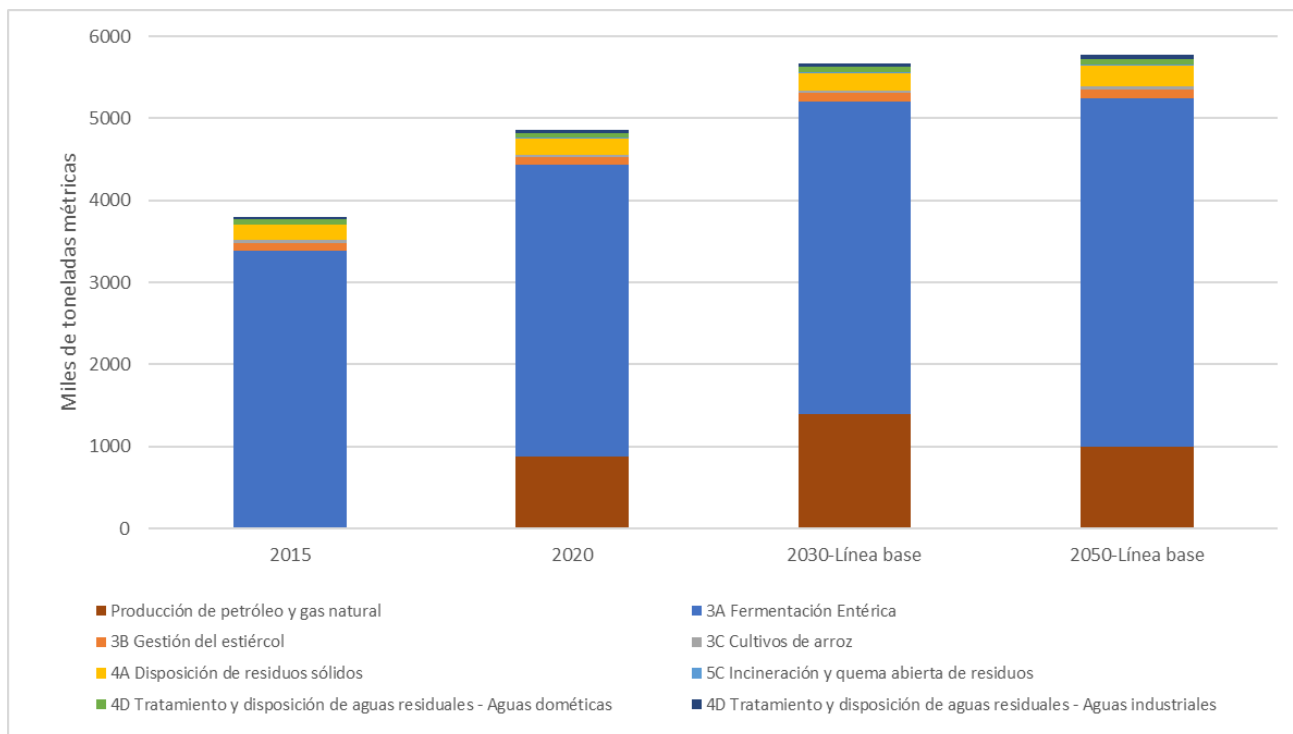
En esta evaluación, se calcularon las emisiones de metano para el escenario de referencia (2022-2050), teniendo en cuenta los principales factores impulsores en la República Argentina. Este escenario base se utiliza como punto de partida para analizar las posibles medidas de mitigación.

En el caso del sector agropecuario y de residuos, a medida que crece la población y sus ingresos, también aumentará la demanda de servicios energéticos, de alimentos y otros productos agrícolas, y en consecuencia un aumento en las emisiones de metano.

Entre 2020 y 2030, se espera un incremento del 17% en las emisiones de metano en todos los sectores, impulsado por el crecimiento poblacional, y una mayor producción de petróleo y gas principalmente en reservas no convencionales. El aumento en las emisiones entre 2020 y 2050 alcanzaría un 20%. El incremento de las emisiones a 2050 se desacelera, ya que en el caso de las emisiones de metano provenientes del sector de petróleo y gas disminuyen con respecto a 2030, debido a la caída natural de la producción proyectada en pozos con reservas convencionales y a la reducción del número de pozos productivos para estos años.

El crecimiento de las emisiones de metano al 2050 subraya la necesidad de implementar políticas y medidas que limiten las emisiones de metano y cumplir así con los objetivos de mitigación del cambio climático de la República Argentina, como también la mejora de la calidad del aire y el rendimiento productivo en el sector agropecuario y de petróleo y gas.

*Figura B Emisiones de metano por sector para el escenario de línea de base, (miles de toneladas de CH<sub>4</sub>)*



Fuente: Elaboración propia en base a los modelos desarrollados

# 3

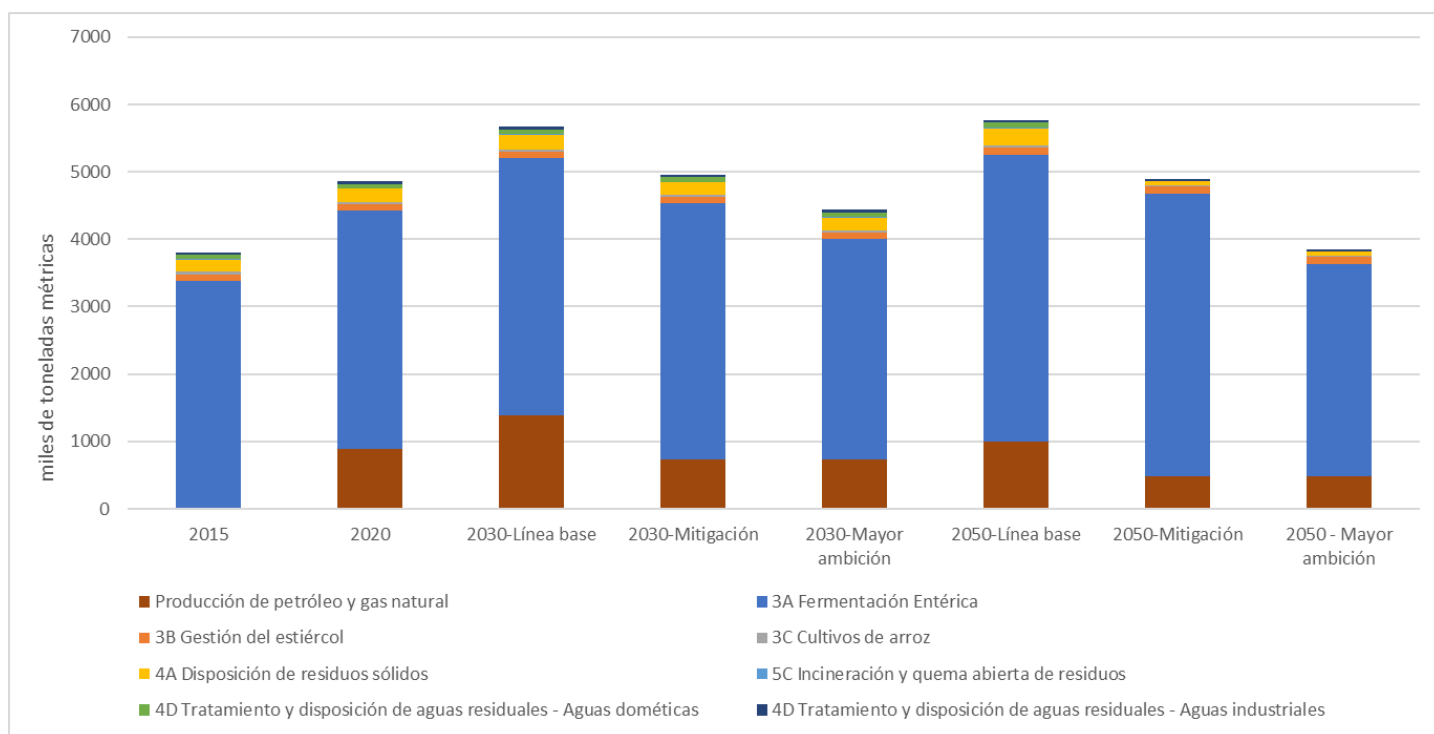
## La implementación de políticas y medidas podría reducir las emisiones de metano en un 13% para 2030 y en un 33% para 2050 bajo el escenario de mayor ambición.

Considerando que el país ya hace parte del Compromiso Global de Metano (que busca reducir las emisiones globales de este gas en un 30% para 2030), y que, según esta evaluación, si se implementan de manera conservadora las medidas propuestas, se podrían reducir las emisiones totales en un 15% para 2050 en un escenario conservador y una reducción del 33% para 2050 bajo el escenario de mayor ambición, en comparación con el escenario de línea de base.

A nivel sectorial, de todas las medidas implementadas, se estima que las medidas de mitigación de metano en el sector de petróleo y gas, y de residuos tienen el mayor potencial de mitigación, con reducciones del 48% y 50% respectivamente. En la producción de petróleo y gas las emisiones se concentran en tres fuentes: el venteo y quema de gas (30%), combustión en equipos (17%), y fugas de gas (13%).

Las proyecciones a 2050 indican una disminución similar, con una reducción potencial del 52% del total del sector. Estos resultados reflejan una reducción significativa de emisiones al implementar medidas de mitigación disponibles y de bajo costo en la industria hidrocarburífera, destacando su potencial para lograr una mejora a largo plazo. En el sector de residuos el mayor potencial se encuentra en el subsector de quema abierta de residuos. En el caso del sector AFOLU el mayor potencial está dado por la fermentación entérica (14% en 2030 y 26% en 2050 bajo el escenario de mayor ambición).

Figura C Emisiones de metano por sector por escenario, (miles de toneladas de CH<sub>4</sub>)



Fuente: Elaboración propia en base a los modelos desarrollados

# 4

## ***La implementación de las medidas de mitigación priorizadas requiere de un plan de implementación que contenga las acciones detalladas para lograr las metas de reducción esperadas.***

La evaluación de las acciones de mitigación presentada aquí detalla el potencial de mitigación esperado en las emisiones de metano a partir de la aplicación de 22 acciones medidas de mitigación priorizadas – siete para el sector de agricultura, cinco en residuos y diez en petróleo y gas – bajo el supuesto escenario en el que se apliquen todas las medidas y así lograr la reducción del 33% estimada a 2050 si se implementan de manera efectiva todas las medidas en los tres sectores.

Las medidas prioritarias para la reducción de metano incluyen acciones para incrementar la productividad del sector ganadero y la gestión de los residuos sólidos orgánicos, así como la reducción de las emisiones fugitivas en la producción de petróleo y gas.

La República Argentina ha cumplido su compromiso de elaborar esta Hoja de Ruta de Metano con acciones concretas y detalladas para que las reducciones de emisiones estimadas en este estudio se materialicen en la práctica, es necesario que se emprendan y completen las actividades necesarias de regulación, movilización de recursos, comunicación, incentivación, aplicación y seguimiento, que ahora deberían ser el centro de las siguientes fases de planeación, en especial, su potencial inclusión en la próxima revisión de la NDC.

# Contenido

<b>PRÓLOGO</b>	<b>3</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b>5</b>
<b>ACRÓNIMOS</b>	<b>14</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>15</b>
1.1 SOBRE LA IMPORTANCIA DE LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE METANO Y SU PAPEL EN LA LUCHA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO	15
1.2 ¿CUÁLES ACCIONES PUEDEN REDUCIR LAS EMISIONES DE METANO?	17
1.3 ¿QUÉ SE ESTÁ HACIENDO EN EL MUNDO PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE METANO?	19
1.4 ¿QUÉ ESTÁ HACIENDO LA ARGENTINA PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE METANO?	21
1.5 ¿CUÁLES SON LOS OBJETIVOS DE LA HOJA DE RUTA NACIONAL DEL METANO DE LA REPÚBLICA ARGENTINA?	27
<b>2 MÓDULO 1: EMISIONES DE METANO EN ARGENTINA</b>	<b>29</b>
2.1 INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES EN ARGENTINA	29
2.2 ESTIMACIÓN INICIAL DE EMISIONES DE NIVEL 2 PARA LOS PRINCIPALES SECTORES GENERADORES DE METANO EN ARGENTINA.	37
<b>3 MÓDULO 2: ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE EMISIONES DE METANO EN ARGENTINA</b>	<b>42</b>
3.1 POLÍTICAS Y MEDIDAS EXISTENTES RELATIVAS AL METANO Y A LOS SECTORES EMISORES DE METANO	42
3.2 ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE METANO DE LAS PRINCIPALES POLÍTICAS Y MEDIDAS	45
<b>4 MÓDULO 3: METAS DE REDUCCIÓN</b>	<b>62</b>
<b>5 MODULO 4: MEDIDAS PRIORIZADAS Y PLAN DE IMPLEMENTACIÓN</b>	<b>64</b>
5.1 AGRICULTURA Y GANADERÍA	64
5.2 RESIDUOS	72
5.3 PETRÓLEO Y GAS	77
<b>6 MÓDULO 5: MONITOREO, REPORTE Y VERIFICACIÓN</b>	<b>96</b>
6.1 INDICADORES DE ÉXITO	98
6.2 INDICADORES DE IMPLEMENTACIÓN	99
<b>7 REFERENCIAS</b>	<b>107</b>

<b><u>ANEXO TÉCNICO 1 : MARCO METODOLÓGICO DE LA MODELACIÓN DE EMISIONES DE METANO Y OTROS CONTAMINANTES PARA EL SECTOR DE AGRICULTURA Y RESIDUOS.</u></b>	<b>1</b>
<b>A. <u>INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>91</b>
<b>B. <u>MARCO METODOLÓGICO</u></b>	<b>92</b>
<b>B.1 SECTOR DE AGRICULTURA</b>	<b>95</b>
<b>B.2 SECTOR DE RESIDUOS</b>	<b>98</b>
<b>B.3 MÉTODOS DE PROYECCIÓN DE EMISIONES</b>	<b>99</b>
<b>B.4 RESULTADOS DE PROYECCIÓN DE EMISIONES SECTORIALES</b>	<b>100</b>
<b>C. <u>REFERENCIAS</u></b>	<b>105</b>
<b><u>ANEXO TÉCNICO 2 : MARCO METODOLÓGICO DE LA MODELACIÓN DEL SECTOR DE PETRÓLEO Y GAS</u></b>	<b>106</b>
<b>A. <u>FUENTES DE INFORMACIÓN UTILIZADAS PARA EL CALCULO DE LAS EMISIONES DE METANO DE PETRÓLEO Y GAS</u></b> <b><u>107</u></b>	
<b>B. <u>METODOLOGÍA Y FUENTE DE DATOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS CURVAS DE COSTOS MARGINALES DE ABATIMIENTO DE METANO DEL SECTOR DE PETRÓLEO Y GAS DE ARGENTINA</u></b>	<b>109</b>
<b>C. <u>METODOLOGÍA Y FUENTE DE DATOS PARA LA ELABORACIÓN DE LAS PROYECCIONES DE METANO DEL SECTOR DE PETRÓLEO Y GAS AL 2030, 2040 Y 2050</u></b>	<b>111</b>
<b>C.1 ESCENARIOS DE PRODUCCIÓN</b>	<b>111</b>
<b>D. <u>REFERENCIAS</u></b>	<b>115</b>
<b><u>ANEXO TÉCNICO 3: CURVAS DE COSTOS MARGINALES DE ABATIMIENTO DE EMISIONES DE PETRÓLEO</u></b>	<b>117</b>
<b>A. <u>CURVAS DE COSTOS MARGINALES DE ABATIMIENTO DE EMISIONES DE PETRÓLEO</u></b>	<b>118</b>

## Lista de Tablas

Tabla 1	Medidas de mitigación que podrían lograr una reducción del 45% de las emisiones mundiales de metano para 2030 (United Nations Environment Programme & Climate and Clean Air Coalition, 2021).	18
Tabla 2	Resumen de las emisiones de metano oficiales para 2020 estimadas en el IBA-5 y otras estimaciones.	33
Tabla 3	Acciones propuestas para mejorar la cuantificación de las emisiones de metano (módulo 1).	35
Tabla 4	Emisiones nacionales de metano en Argentina para el sector de agricultura en 2015 y 2020, estimadas con metodología Nivel 2, con relación a la estimación del IBA5 (nivel 1 y 2)	39
Tabla 5	Resumen de las medidas de mitigación del metano incluidas en diferentes planes y estrategias en Argentina	43
Tabla 6	Medidas de mitigación incluidas en el análisis de mitigación de metano	48
Tabla 7	Emisiones de metano en 2015, 2020, 2030 y 2050 para los escenarios de línea base y de mitigación (conservador y de mayor ambición) (resultados en miles de toneladas de CH <sub>4</sub> )	52
Tabla 8	Acciones propuestas para mejorar la evaluación nacional de la mitigación del metano (Módulo 4)	53
Tabla 9	Medidas de mitigación consideradas en el análisis CoMAT para Argentina en 2022	56
Tabla 10	Potencial de reducción de metano para el sector de petróleo y gas de Argentina por fuente de emisión	58
Tabla 11	Acciones para mejorar las estimaciones nacionales de emisiones de metano (Módulo 1)	63
Tabla 12	Indicadores de implementación para las medidas de mitigación incluidas en la Hoja de Ruta	100

## Lista de Figuras

Figura 1	Contribución de los distintos impulsores climáticos al aumento observado de la temperatura global.....	16
Figura 2	Emisiones mundiales de metano actuales y previstas, consistentes con la trayectoria del 1,5°C, y beneficios asociados a la reducción de emisiones de metano .....	17
Figura 3	Grupos de Trabajo de Puntos Focales del Gabinete Nacional de Cambio Climático.....	22
Figura 4	Distribución sectorial de las emisiones de GEI año 2020, (millones de toneladas de CO <sub>2e</sub> ) .....	30
Figura 5	Evolución histórica de las emisiones totales de GEI en Argentina, 1990 – 2020, (Gigagramos de CO <sub>2e</sub> ) .....	30
Figura 6	Evolución histórica de las emisiones totales de metano en Argentina, 1990 – 2020, (Gigagramos de CO <sub>2e</sub> ) ....	31
Figura 7	Evolución de las emisiones de metano del sector de petróleo y gas, 1990-2022, (miles de toneladas de CH <sub>4</sub> )	32
Figura 8	Marco de modelación para estimar las emisiones históricas y futuras de los sectores de la agricultura y los residuos.	38
Figura 9	Emisiones de metano de petróleo y gas de Argentina (2022) estimadas con CoMAT – Miles de toneladas de CH <sub>4</sub>	41
Figura 10	Marco general de modelización utilizado para desarrollar la evaluación integral de las medidas de mitigación de metano	45
Figura 11	Emisiones de metano en 2020, 2030 y 2050 para los escenarios de línea base (BAU) y mitigación (conservador y de mayor ambición) - Miles de toneladas de CH <sub>4</sub> .....	51
Figura 12	Potencial de reducción de metano para el sector de petróleo y gas de Argentina por fuente de emisión en 2022	58
Figura 13	Proyecciones de las emisiones de metano del sector de petróleo y gas de Argentina para 2030, 2040 y 2050 .	60
Figura 14	Combinación de indicadores de éxito e implementación y cómo evalúan la implementación de la Hoja de Ruta de Metano de Argentina.....	97

## Acrónimos

AFOLU	Agricultura, ganadería, silvicultura y otros usos de la tierra (por sus siglas en inglés)
CCAC	Coalición del Clima y el Aire Limpio ( <i>Climate and Clean Air Coalition</i> )
CCVC	Contaminantes climáticos de vida corta
CN	Comunicación Nacional
COP	Conferencia de las Partes
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
ELP	Estrategia de largo plazo 2050
GEI	Gases de efecto invernadero
GNCC	Gabinete Nacional de Cambio Climático
IBA	Informe Bienal de Actualización
iNDC	Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional
INI	Informe Nacional de Inventario
IPCC	Panel Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático
MAyDS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
NDC	Contribución Determinada a Nivel Nacional (por sus siglas en inglés)
NREF	Nivel de Referencia de Emisiones Forestales
PNAyMCC	Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático
SEI	Stockholm Environment Institute
SA	Subsecretaría de Ambiente
UNEP	United Nations Environment Programme

# 1 Introducción

## 1.1 Sobre la importancia de la reducción de las emisiones de metano y su papel en la lucha contra el cambio climático

Desde la era preindustrial, la temperatura promedio global se ha incrementado en al menos 1,1°C debido a la liberación a la atmósfera de gases de efecto invernadero (GEI) generados por diversas actividades humanas. La disrupción del sistema climático ha intensificado y hecho más frecuentes, intensos, y prolongados, eventos climáticos extremos como, entre otros, sequías, inundaciones, olas de calor e incendios salvajes, huracanes, y la elevación del nivel de los océanos, que tienen consecuencias en el ambiente, la economía, la sociedad y en la salud de la población. Argentina, por su localización geográfica, resulta vulnerable a esos impactos severos del cambio climático, así como al consecuente aumento del riesgo de ocurrencia de enfermedades infectocontagiosas, respiratorias y cardiovasculares, y el aumento de su incidencia en la población.

El Acuerdo de París es un tratado internacional para combatir el cambio climático, que fue adoptado por 196 Partes en 2015. Su objetivo es evitar el aumento de la temperatura media en la superficie de la tierra por encima de 2°C, y hacer esfuerzos para que no se eleve más de 1,5°C, en comparación con los niveles preindustriales.

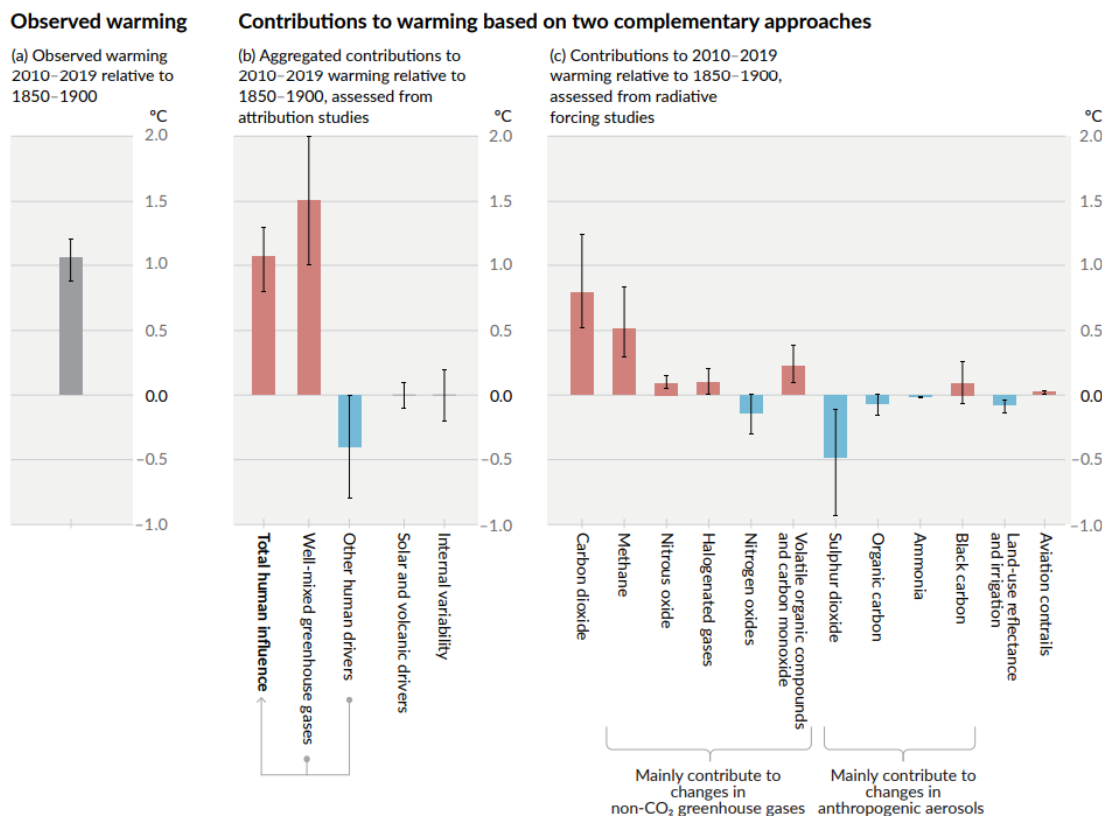
Para lograr este objetivo de temperatura a largo plazo, los países se proponen alcanzar el máximo de las emisiones de GEI lo antes posible, y que luego disminuyan para lograr a mediados de siglo una economía global carbono neto cero y una sociedad resiliente a los impactos climáticos (CMNUCC).

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es el GEI que más ha contribuido al cambio climático, por lo cual es crucial reducir sus emisiones lo más pronto posible. Sin disminuciones rápidas y significativas de estas emisiones, no será posible cumplir con los límites de temperatura establecidos en el Acuerdo de París. Una vez liberado el CO<sub>2</sub>, puede permanecer en la atmósfera por más de 100 años, lo que hace urgente reducir al máximo sus emisiones.

Sin embargo, esa característica también representa un desafío adicional: a corto plazo, la disminución de emisiones tendrá un impacto limitado en la reducción del aumento de la temperatura global, debido al tiempo prolongado que tarda en eliminarse el CO<sub>2</sub> ya presente en la atmósfera.

El CO<sub>2</sub> no es el único GEI causante del cambio climático. El metano (CH<sub>4</sub>) es un GEI con un potencial de calentamiento global 25 veces mayor que el CO<sub>2</sub>, y, debido a su corta permanencia en la atmósfera (cerca de 10 años), ha sido incluido dentro del grupo de contaminantes climáticos de vida corta (CCVC), junto con el carbono negro, el óxido nitroso y los compuestos hidrofluorocarbonados (Feng et al., 2022). A diferencia del CO<sub>2</sub>, el CH<sub>4</sub> permanece en la atmósfera solo unos 15 años, lo que implica que reducir sus emisiones tiene un efecto más inmediato en la disminución del calentamiento global. Dado que nos acercamos a los límites de temperatura establecidos en el Acuerdo de París, el efecto que podría tener la reducción de las emisiones de metano y su capacidad para contribuir a reducir rápidamente el calentamiento global lo ha convertido en un factor clave en las estrategias de mitigación del cambio climático.

Figura 1 Contribución de los distintos impulsores climáticos al aumento observado de la temperatura global



Fuente: IPCC 6th Assessment Report Summary for Policy Makers

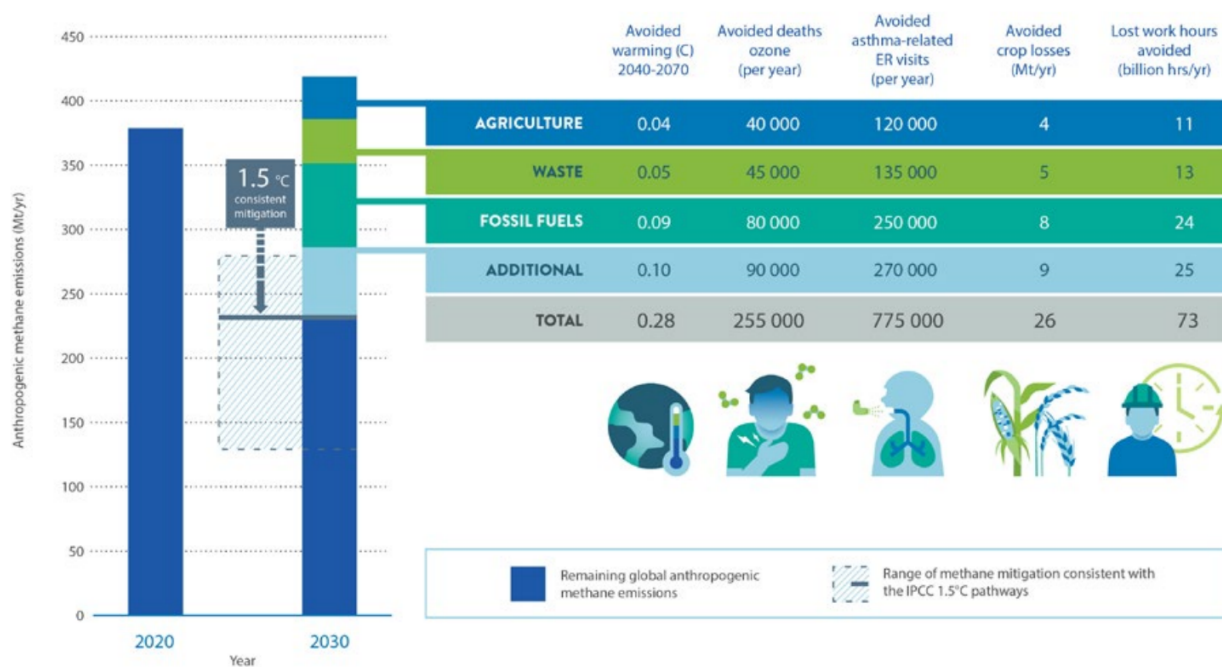
El metano es emitido en procesos diferentes a los del dióxido de carbono. Mientras que el dióxido de carbono proviene principalmente de la quema de combustibles fósiles y ciertos procesos industriales como la producción de cemento, el metano se emite principalmente en tres sectores:

- i) La extracción de combustibles fósiles genera emisiones de metano a través de fugas, quemas y venteos durante la extracción, transmisión y distribución de petróleo y gas, así como en la minería del carbón.
- ii) En el sector agropecuario, el ganado rumiante (vacas, búfalos, ovejas y cabras) emite metano debido a la fermentación entérica, que ocurre cuando se descompone la materia orgánica en el rumen de los animales, además de la descomposición del estiércol, cuya gestión influye en las emisiones de metano. El cultivo de arroz también es una fuente significativa, ya que los campos inundados favorecen la producción de metano.
- iii) Por último, el sector de residuos libera metano por la descomposición de residuos sólidos orgánicos y la materia orgánica presente en las aguas residuales, principalmente de origen doméstico.

Así también, se ha demostrado el vínculo del metano con la contaminación atmosférica como precursor del ozono troposférico y sus efectos negativos en la salud, por lo que es importante mencionar que además del beneficio primario consistente en la reducción del incremento de temperatura global, la mitigación sustancial de las emisiones de metano trae consigo otros beneficios: i) evitar muertes prematuras anuales asociadas a enfermedades respiratorias y cardiovasculares; ii) aumento en el rendimiento de cultivos como trigo, maíz, soja y arroz; y iii) reducción de horas de trabajo que se podrían perder por exposición a altas temperaturas ambientales en la década de 2040, entre otros (CCAC & UNEP, 2021).

Dado el papel crucial que juega el metano en el cambio climático y sus efectos sobre la salud humana y la pérdida en la productividad agrícola, identificar e implementar medidas para reducir sus emisiones puede generar múltiples beneficios. Según la Evaluación Global del Metano, realizada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Coalición Clima y Aire Limpio en 2021, se destacó que a nivel mundial es necesario reducir las emisiones de metano en un 45% para 2030, con el fin de alinearse con el objetivo de limitar el aumento de la temperatura a 1,5°C. Esta reducción podría evitar un incremento de 0,3°C en la temperatura global, además de prevenir alrededor de 250,000 muertes prematuras, la pérdida anual de 26 millones de toneladas en rendimiento de cultivos, gracias a la disminución de la contaminación por ozono en el aire y la reducción de casi 60 billones de horas de trabajo que se podrían perder por exposición a altas temperaturas ambientales en la década de 2040 (Figura 2) (United Nations Environment Programme & Climate and Clean Air Coalition, 2021).

Figura 2 Emisiones mundiales de metano actuales y previstas, consistentes con la trayectoria del 1,5°C, y beneficios asociados a la reducción de emisiones de metano



Fuente: (United Nations Environment Programme & Climate and Clean Air Coalition, 2021).

## 1.2 ¿Cuáles acciones pueden reducir las emisiones de metano?

La Evaluación Mundial del Metano identificó 15 medidas clave que, de implementarse, podrían lograr la reducción del 45% de las emisiones necesarias para cumplir con la meta de limitar el aumento de la temperatura a 1,5 °C. Estas acciones incluyen la reducción de fugas y la captura y uso del gas proveniente de la producción de petróleo y gas. También abarcan soluciones técnicas en la gestión de residuos y en la agricultura, orientadas a capturar y aprovechar el metano una vez emitido, como la captura de gas en vertederos para su uso energético, o a reducir su generación, por ejemplo, mejorando la salud y productividad del ganado, optimizando la alimentación en el sector ganadero, o adoptando la aireación intermitente en los cultivos de arroz.

Las medidas para reducir el metano también implican cambios en el comportamiento con el fin de disminuir las actividades y procesos que lo generan. Por ejemplo, al reducir el desperdicio de alimentos, se puede reducir tanto la cantidad de residuos que llegan a los vertederos.

La viabilidad y aplicabilidad de las medidas descritas en la Tabla 1 varían según el país, y esta **Hoja de ruta para la reducción de emisiones de metano en la República de Argentina** busca resaltar las acciones prioritarias que podrían reducir específicamente las emisiones de metano en el país.

Además de reducir las emisiones, estas medidas procuran, específicamente beneficios adicionales a nivel nacional, así como en los asentamientos urbanos, otras localizaciones y en las comunidades donde las medidas se implementen. Por una parte, al no liberarse a la atmósfera, el metano puede aprovecharse como combustible, lo que permite asimismo usos productivos y genera flujos de ingresos adicionales en lugar de simplemente ventear el gas. Por otra parte, las medidas pueden fomentar un uso más eficiente de los recursos, como la disminución de la demanda de agua en la producción de arroz o la reducción de la aplicación de fertilizantes nitrogenados, lo que no solo disminuye la potencial contaminación vinculada al eventual uso excesivo, sino que también aporta ventajas económicas al optimizar su utilización.

*Tabla 1 Medidas de mitigación que podrían lograr una reducción del 45% de las emisiones mundiales de metano para 2030 (United Nations Environment Programme & Climate and Clean Air Coalition, 2021).*

MEDIDAS ESPECIFICAS	
<b>Producción de combustibles fósiles (Petróleo, gas y carbón)</b>	<b>Detección y reparación de fugas:</b>
	<b>Recuperación y utilización de gas venteado:</b> captura de gas asociado de pozos petrolíferos; captura de purgas; recuperación y utilización de gas venteado con unidades de recuperación de vapor y pozos; instalación de antorchas.
	<b>Mejora del control de las emisiones fugitivas no intencionadas de la producción de petróleo y gas natural:</b> inspecciones (y reparaciones) periódicas de los emplazamientos con instrumentos para detectar fugas y emisiones debidas a operaciones inadecuadas; sustituir las bombas de gas a presión y los controladores por sistemas eléctricos o de aire; sustituir los dispositivos neumáticos accionados por gas y los motores de gasolina o diésel por motores eléctricos; sustitución temprana de dispositivos por versiones de menor liberación de emisiones; sustituir las juntas o varillas de los compresores; tapar los pozos no utilizados.
<b>Residuos</b>	<b>Gestión del metano de las minas de carbón:</b> desgasificación previa a la explotación y recuperación y oxidación del metano del aire de ventilación; inundación de minas de carbón abandonadas.
	<b>Gestión de residuos sólidos:</b> (residencial) separación en origen con reciclaje/reutilización; no vertido de residuos orgánicos; tratamiento con recuperación de energía o recogida y quema de gas de vertedero (industrial).
<b>Agricultura</b>	<b>Tratamiento de aguas residuales:</b> tratamiento anaeróbico secundario/terciario con recuperación y utilización de biogás; plantas de tratamiento de aguas residuales en lugar de letrinas, tratamiento anaeróbico con recuperación de biogás seguido de un tratamiento aeróbico.
	<b>Mejorar la salud y los procesos de cría de los animales:</b> reducir la fermentación entérica en el ganado vacuno, ovino y otros rumiantes mediante: cambios en la alimentación y en los suplementos, y la cría selectiva para mejorar la productividad y la salud/fertilidad animal.
	<b>Gestión del estiércol del ganado:</b> tratamiento en digestores de biogás; reducción del tiempo de almacenamiento del estiércol; mejora de la cobertura del almacenamiento del estiércol. mejora de los sistemas de alojamiento y de las camas; acidificación del estiércol.
	<b>Cultivos de arroz:</b> mejorar la gestión del agua o alternar inundación/drenaje arroz de humedal; siembra húmeda directa; adición de fosfoyeso y sulfato para inhibir la metanogénesis; compostaje de paja de arroz; uso de especies híbridas alternativas.
	<b>Residuos de cultivos agrícolas:</b> evitar la quema de residuos de cultivos agrícolas.

MEDIDAS ESPECIFICAS	
MEDIDAS CON CO-BENEFICIOS	
<b>Producción de combustibles fósiles (Petróleo, gas y carbón)</b>	<b>Energías renovables para la generación de electricidad:</b> utilizar incentivos para fomentar un mayor uso de la energía eólica solar e hidráulica para la generación de electricidad
	<b>Mejora de la eficiencia energética y gestión de la demanda de energía:</b> (residencial) utilizar incentivos para mejorar la eficiencia energética de los electrodomésticos, la iluminación, calefacción y refrigeración, fomentar las instalaciones solares en los techos; (industrial) introducir normas ambiciosas de eficiencia energética para la industria; mejorar el conocimiento de los consumidores sobre opciones energéticas más limpias.
<b>Residuos</b>	Reducción de los residuos generados y mejora de la separación y el reciclado de residuos, mejora del consumo sostenible.
<b>Agricultura</b>	<b>Reducción del desperdicio y la pérdida de alimentos:</b> reforzar, optimizar y extender las cadenas de frío alimentario; campañas de educación de los consumidores; facilitar la donación de alimentos no vendidos o sobrantes.
	<b>Adopción de dietas más sanas:</b> disminuir la ingesta cuando el consumo de productos de rumiantes está por encima de las orientaciones recomendadas

Fuente: Elaboración propia en base a Evaluación Mundial del Metano

### 1.3 ¿Qué se está haciendo en el mundo para reducir las emisiones de metano?

Como se ha señalado previamente, el metano, junto con otros GEI, ha sido reconocido desde hace tiempo como un importante contribuyente al cambio climático. En la década de 1980, los científicos calcularon por primera vez el impacto que el metano y otros GEI distintos del CO<sub>2</sub> podrían tener en el calentamiento global. En 1990, el primer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) destacó la necesidad de reducir las emisiones de metano entre un 15% y un 20% para estabilizar sus concentraciones en la atmósfera.

Sin embargo, desde entonces las emisiones de metano han aumentado significativamente, con un incremento del 31% entre 1990 y 2021, según la base de datos de emisiones EDGAR (Branco et al., 2024). En 1997, el Protocolo de Kioto incluyó el metano entre los gases de efecto invernadero regulados por el acuerdo.

El Compromiso Global del Metano (*Global Methane Pledge, GMP por sus siglas en inglés*) lanzado durante la COP26 en noviembre de 2021, tiene como principal objetivo vincular acciones voluntarias en los países que se han adherido a dicho compromiso, de tal manera que se reduzcan las emisiones de metano en 2030 en un 30% con relación a las emisiones del año 2020 (lo que equivale a cerca de 145 Mt de metano anuales), con lo cual se estima que la reducción de emisiones de metano puede contribuir a una disminución de 0,2°C en la temperatura global para el 2050 (CCAC & UNEP, 2021).

Esta meta corresponde al total de las acciones colectivas de los países que se han adherido al compromiso, por lo que las acciones de mitigación deberán ser específicas para cada país de acuerdo con sus circunstancias, capacidades instaladas y reconociendo que es conveniente enfocarse en los tres sectores clave (energía, agricultura y residuos) (CCAC & UNEP, 2021; European Commission & United States of America, 2021).

Otras medidas o estrategias existentes en un sendero hacia emisiones netas equivalentes a cero (“Net-Zero”) a nivel global como la transición energética a energías renovables o la reducción de las pérdidas y desperdicio de alimentos también tienen un efecto positivo en el sentido que contribuyen a la reducción de emisiones de metano, por lo que toda acción viable debe ser considerada.

Aunque el metano no se menciona explícitamente en el Acuerdo de París, la mayoría de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) presentadas desde entonces por los países consideran que reducir las emisiones de metano colabora con el logro de los objetivos globales de disminución de GEI. De hecho, más del 90% de los países han incluido el metano en sus metas de reducción de GEI. A nivel mundial, las NDC presentadas proponen casi 500 medidas específicas para reducir las emisiones de metano en sectores como la producción de combustibles fósiles, la agricultura y la gestión de residuos. Si bien las reducciones de metano han sido parte de los esfuerzos de mitigación del cambio climático desde hace un tiempo, suelen no ser tan evidentes en las estadísticas globales, ya que los objetivos de reducción de GEI se suelen expresar en términos de emisiones equivalentes de dióxido de carbono, lo que incluye también las reducciones de metano utilizando escalas de calentamiento a largo plazo, como a 100 años.

En 2021, el GMP produjo un cambio en el enfoque sobre el metano dentro de la planificación del cambio climático. En la COP26, más de 50 países adhirieron al GMP que había sido propuesto por los Estados Unidos de América y la Unión Europea.

Los principales componentes del GMP incluyen:

- Reducir colectivamente las emisiones antropogénicas mundiales de metano en todos los sectores en al menos un 30% por debajo de los niveles de 2020 para 2030.
- Adoptar medidas nacionales integrales para alcanzar ese objetivo, centrándose en las normas para lograr todas las reducciones viables en los sectores de la energía y los residuos y procurando la disminución de las emisiones agrícolas a través de la innovación tecnológica, así como mediante la creación de incentivos y asociaciones con los agricultores.
- Avanzar hacia el uso de las metodologías de inventario de buenas prácticas del IPCC de más alto nivel, en consonancia con la orientación del IPCC, con especial atención a las fuentes de mayor intensidad de emisiones, con el fin de cuantificar las emisiones de metano; así como trabajar individual y cooperativamente para mejorar continuamente la precisión, transparencia, coherencia, comparabilidad y exhaustividad de los informes de los inventarios nacionales de GEI en el marco de la CMNUCC y el Acuerdo de París. El propósito es proporcionar una mayor transparencia en el reporte y en la cuantificación de los tres sectores clave.
- Mantener información actualizada, transparente y a disposición del público sobre nuestras políticas y compromisos.
- Apoyar las iniciativas internacionales existentes para la reducción de emisiones de metano, como las de la Coalición Clima y Aire Limpio, la Iniciativa Mundial sobre el Metano y el trabajo pertinente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, incluido el Observatorio Internacional de Emisiones de Metano, para avanzar en el trabajo técnico y político que servirá para respaldar las acciones nacionales de los países y demás actores involucrados.

Recientemente se ha agregado al *GMP* como un compromiso adicional al Acuerdo de París. Con las recientes incorporaciones de Egipto, Kosovo, Moldavia, Omán, Qatar, Santa Lucía, Trinidad y Tobago y Uzbekistán, el GMP ha sido respaldado por 150 países, que dan cuenta de la mitad de las emisiones mundiales de metano y representan casi las tres cuartas partes de la economía mundial<sup>14</sup>.

---

<sup>14</sup> [U.S.-EU Joint Press Release on the Global Methane Pledge Energy Pathway - United States Department of State](#). Recuperado el 03/04/2023

El GMP no establece objetivos específicos de reducción de emisiones para los países firmantes que sean de carácter vinculante. Por lo tanto, en 2023, la Coalición Clima y Aire Limpio lanzó su Programa de Acción de la Hoja de Ruta del Metano (M-RAP, por sus siglas en inglés) específicamente para apoyar a los países participantes en el desarrollo de Hojas de Ruta Nacionales del Metano que describan qué contribución hará un determinado país para alcanzar el objetivo colectivo del GMP. En consecuencia, esta **Hoja de ruta para la reducción de emisiones de metano en la República de Argentina** se ha desarrollado como parte de este apoyo más amplio de la Coalición Clima y Aire Limpio al país.

#### 1.4 ¿Qué está haciendo la Argentina para reducir las emisiones de metano?

El corto tiempo de vida del CH<sub>4</sub> en la atmósfera y su rápida respuesta proyectada frente a las medidas de reducción de emisiones propuestas indica que los esfuerzos para frenar las emisiones de CH<sub>4</sub> deberían tener un efecto positivo para hacer frente al cambio climático. Por lo tanto, la reducción de las emisiones en Latinoamérica y también en la Argentina, especialmente las provenientes de los tres sectores principales identificados, puede tener un papel considerable en los esfuerzos globales para alcanzar la meta que el aumento de la temperatura se mantenga por debajo de 1,5 °C (Congio et al., 2023).

A nivel internacional se reconoce el papel de liderazgo constante que ha asumido la República Argentina desde la ratificación de la CMNUCC en 1994, así como la activa participación que tuviera en las diferentes iniciativas internacionales enfocadas tanto a la mitigación como a la adaptación a los impactos del cambio climático, expertos de la Argentina participan constantemente en el Comité de Adaptación de la CMNUCC, en la Junta del Fondo de Adaptación, en la Junta del Fondo Verde para el Clima, en el Consejo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial y en el Comité Ejecutivo de Tecnología de la Convención, aportando al conocimiento en materia de adaptación y en el apoyo a los países en desarrollo en lo concerniente a los medios de implementación, en cuestiones financieras y tecnológicas (MAyDS, 2020). Los expertos de Argentina también han participado en los esfuerzos destinados a la mitigación del cambio climático, incluyendo inicialmente en las Actividades Implementadas Conjuntamente, en el Mecanismo para un Desarrollo Limpio y en otras actividades de cooperación multilateral y bilaterales destinadas a la acción cooperativa para combatir el cambio climático, en particular mediante los mercados de créditos de carbono. Del mismo modo, en la reducción de las emisiones de metano, la Argentina participó oportunamente en su momento de iniciativas con ese propósito, como la de Metano a los Mercados y otras actividades de cooperación entre los países.

Argentina ha participado activamente en el proceso de generación y desarrollo del marco regulatorio para la construcción de un régimen climático internacional, desde la negociación inicial de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en 1990 y luego decidiendo su ratificación en 1994 (mediante la Ley No. 24.295 de 1994), la adopción del Protocolo de Kioto en 1997 y luego su ratificación en 2005 y la adopción del Acuerdo de París en el 2015 (compromiso ratificado luego mediante la sanción de la Ley No. 27.270 en 2016).

La República Argentina es también estado miembro de la Coalición del Clima y Aire Limpio (CCAC) desde 2018, responsabilidad que está en cabeza de la Subsecretaria de Ambiente. Como parte de esos compromisos y otras iniciativas concurrentes, el país ha implementado diversas acciones nacionales voluntarias de mitigación y adaptación al cambio climático en diferentes sectores y para diferentes fuentes de emisiones y ha puesto en marcha iniciativas destinadas a hacer frente al cambio climático en las diversas dimensiones relevantes.

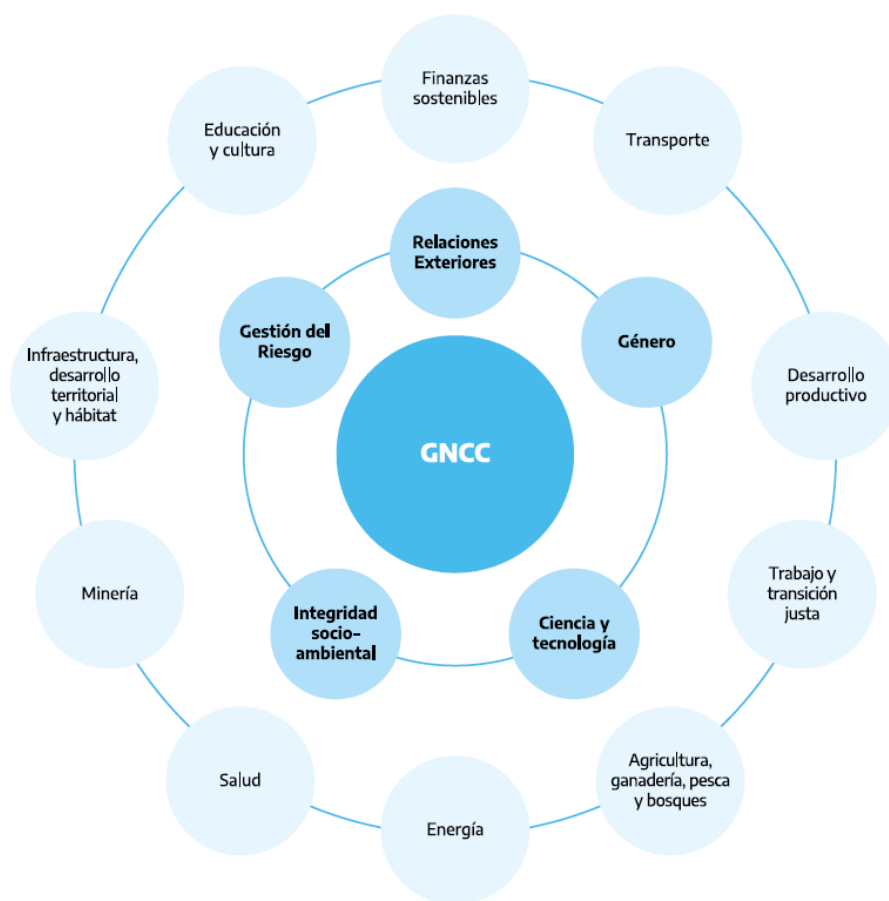
Con el objetivo de enfrentar el desafío del cambio climático de la manera más eficiente y articulada, en 2019, se aprobó la Ley No. 27.520 denominada de “Presupuestos mínimos de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático” y su Decreto Reglamentario No. 1.030/202039<sup>15</sup>, también conocida como Ley de Cambio climático, la cual tiene tres objetivos

<sup>15</sup> Adaptado de: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/ley-27520>

específicos: a) Establecer las estrategias, medidas, políticas e instrumentos relativos al estudio del impacto, la vulnerabilidad y las actividades de adaptación al Cambio Climático que puedan garantizar el desarrollo humano y de los ecosistemas; b) Asistir y promover el desarrollo de estrategias de mitigación y reducción de emisiones de GEI en el país; c) Reducir la vulnerabilidad humana y de los sistemas naturales ante el Cambio Climático, protegerlos de sus efectos adversos y aprovechar los beneficios que puedan derivarse de las transformaciones en curso.

En el artículo 2 de dicha ley se crea el Gabinete Nacional de Cambio Climático (GNCC), presidido por el jefe del gabinete de ministros y que tiene como fin articular entre las distintas áreas de gobierno de la Administración Pública Nacional, el Consejo Federal de Medio Ambiente y distintos actores de la sociedad civil, el diseño de políticas públicas consensuadas que estén enfocadas en la reducción de las emisiones de GEI y generar respuestas coordinadas para la adaptación de los sectores vulnerables a los impactos del cambio climático<sup>16</sup>. En la Figura 3 se presenta la articulación de los distintos actores y áreas que conforman el GNCC.

Figura 3 Grupos de Trabajo de Puntos Focales del Gabinete Nacional de Cambio Climático.



Fuente: Segunda Contribución Determinada a Nivel Nacional de la República Argentina, (MAyDS, 2020)

La meta de mitigación de GEI incluida en la Segunda NDC de la República Argentina es no superar la **emisión neta de 349 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO<sub>2</sub>e) en el año 2030**. Dicha meta es absoluta y aplicable a todos los sectores de la economía para 2030, por lo que no indica un año o período de referencia. Asimismo, incluye las

<sup>16</sup> Adaptado de: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/gabinete-nacional>

emisiones y absorciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonos (HFC) y perfluorocarbonos (PFC) (Presidencia de Argentina, 2021). Lo anterior representa un incremento en la meta de mitigación del 27,7 %, con relación a la primera versión de esa NDC, y un cambio en el nivel de ambición al pasar de una meta condicional a una incondicional, y se complementa con el objetivo de alcanzar la carbono neutralidad en 2050<sup>17</sup> (desarrollado luego en la Estrategia de Largo Plazo – ELP (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República Argentina, 2021).

La meta incluye, entre otras, acciones vinculadas a: la promoción de la gestión forestal sostenible, la mejora de la eficiencia energética, la expansión de los biocombustibles, la energía nuclear, las energías renovables y el cambio modal en el transporte. Los criterios de selección de las acciones incluyen el potencial de reducción/captura de emisiones de GEI de cada una de ellas, así como considerar sus co-beneficios asociados, y también la posibilidad de aplicar tecnologías desarrolladas nacionalmente.

En el marco del cumplimiento de la mencionada Ley No. 27.270, en noviembre de 2022, el gobierno nacional adoptó el Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático (PNAyMCC), el cual formaliza el compromiso con la estrategia de desarrollo resiliente con bajas emisiones y la carbono neutralidad al año 2050.<sup>18</sup>

El mencionado plan sintetiza las políticas del país para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y generar respuestas coordinadas que se adecuen a los territorios, ecosistemas, sectores y comunidades vulnerables frente a los impactos del cambio climático. Su contenido va en línea con los compromisos climáticos asumidos por la Argentina tanto en el plano nacional e internacional, como lo son aquellos incluidos en la “Segunda contribución determinada a nivel nacional de la República Argentina” (NDC por sus siglas en inglés) presentada en 2020 y su posterior actualización realizada un año después en 2021.

Dentro de las medidas sectoriales que podrían tener incidencia en la reducción de emisiones de metano en tres sectores clave,<sup>19</sup> incluidas en la Segunda NDC, se indican (MAyDS, 2020) las siguientes:

Agricultura y Ganadería	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Manejo sostenible y resiliente de agroecosistemas que contribuyan además al logro de la seguridad alimentaria frente a los impactos del cambio climático</i></li> <li>• <i>Desarrollo y promoción de instrumentos de prevención y transferencia del riesgo climático y atención de emergencias en la producción agropecuaria.</i></li> <li>• <i>Implementar medidas que fomenten la investigación, el desarrollo y la construcción de capacidades para la adaptación al cambio climático en el sector agropecuario</i></li> </ul>
Energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Evaluar los impactos del cambio climático sobre el sistema energético, la demanda energética y sobre la actividad económica y el equilibrio fiscal</i></li> <li>• <i>Desarrollar medidas para asegurar el abastecimiento a través de la diversificación tecnológica y territorial y la profundización del acceso a la energía, en particular, a través de fuentes de energía sostenibles.</i></li> </ul>

<sup>17</sup> <https://inventariogei.ambiente.gob.ar/>

<sup>18</sup> <https://www.argentina.gob.ar/noticias/accion-climatica-argentina-avanza-con-su-estrategia-nacional-2030-2050-contra-el-cambio>

<sup>19</sup> Los tres sectores clave son: energía (combustibles fósiles), residuos y agropecuario.

En el PNAyMCC el país detalla los medios y acciones a llevar adelante para alcanzar las metas de adaptación y mitigación planteadas en su Segunda NDC y su posterior actualización (2021) (MAyDS, 2020; Presidencia de Argentina, 2021).

**Meta de mitigación:** *no exceder la emisión neta de 349 MtCO<sub>2e</sub> para 2030, objetivo aplicable a todos los sectores de la economía.*

**Meta de adaptación:** *construir capacidades, fortalecer la resiliencia y disminuir la vulnerabilidad frente al cambio climático, en los distintos gobiernos locales y sectores, a través de medidas que prioricen a las comunidades y los grupos sociales en situación de vulnerabilidad, y que incorporen el enfoque de género y la equidad intergeneracional.*

Así también, de manera paralela y complementaria a las metas de mitigación incluidas en la reciente actualización de la NDC y en el propio PNAyMCC, en el país se han puesto en vigor diferentes políticas públicas para los sectores energético y agropecuario, que además de sus propósitos específicos de carácter sectorial aportan también a la meta nacional de reducción de emisiones de GEI

En el sector energético se definieron dos objetivos centrales de política: la diversificación de la matriz energética y la promoción del uso racional y eficiente de la energía. En este sentido, el país cuenta con una estructura regulatoria con planes estratégicos de largo plazo que promueven, entre otras medidas, una mayor participación de las fuentes renovables no convencionales, la hidroelectricidad, la energía nuclear y la sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles. Además, se ha establecido un conjunto de programas y actuaciones destinados a reducir la intensidad de carbono del consumo energético.

En el sector de agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU), entre otras medidas, la Ley N° 26.331 de Protección Ambiental de los Bosques Nativos estableció presupuestos mínimos de protección ambiental para el enriquecimiento, restauración, conservación, aprovechamiento y manejo sustentable de los bosques nativos, y por los servicios ambientales que ellos brindan a la sociedad.

Ese marco institucional permitió a las provincias desarrollar el proceso de paulatino ordenamiento territorial de los bosques nativos existentes según criterios de sostenibilidad y estableciendo diferentes categorías de conservación en función del valor ambiental de las distintas unidades de bosque nativo existentes y los servicios ambientales que ellos brindan.

De manera complementaria, la Estrategia de Largo Plazo (ELP) está directamente relacionada con la segunda actualización de la NDC y en el PNAyMCC. Dentro de las líneas estratégicas incluidas en la ELP se destacan los distintos procesos de transformación: transformación del sistema energético, del sistema alimentario y forestal, del sistema de transporte, y del sistema productivo industrial (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Argentina, 2021).

Por su parte, como estado miembro de la Coalición del Clima y Aire Limpio (CCAC) desde 2018, el país ha avanzado en el desarrollo de acciones significativas para reducir los contaminantes climáticos de vida corta (CCVC) al participar en las diferentes iniciativas de la referida Coalición, incluida la Reducción del carbono negro de los motores y vehículos pesados diésel, así como el apoyo a la planificación nacional para la acción sobre CCVC (SNAP).

Como resultado de esta última iniciativa, con el apoyo de la CCAC y el Stockholm Environment Institute (SEI) se desarrolló el primer inventario integrado de emisiones que cubre los CCVC y los contaminantes del aire en Argentina (Stockholm Environment Institute & Climate and Clean Air Coalition, 2021).

Dicho inventario incluyó las emisiones de todos los contaminantes que contribuyen a la formación de PM 2,5 y ozono en Argentina, así como también se estimó las emisiones de CCVC, como el carbono negro, que contribuyen al cambio

climático<sup>20</sup>. Actualmente, la Argentina continúa recibiendo el apoyo de la CCAC para obtener asistencia técnica destinada a apoyar al país en fortalecer los esfuerzos de planificación de la gestión de CCVC y avanzar en la implementación de acciones y en la mitigación esta vez con un mayor énfasis en metano y en acciones sectoriales.

Con relación a las iniciativas que promueven acciones para reducir las emisiones de Metano, en 2021 Argentina se adhirió al *GMP* en el marco durante el desarrollo de la COP26 y dentro de las actividades destinadas a contribuir al cumplimiento del citado Compromiso, el país ha desarrollado ahora esta hoja de ruta de metano.

No obstante estos avances en materia climática, el país reconoce que existen barreras para la implementación de la adaptación, relativas a la disponibilidad de recursos financieros, la transferencia de tecnología y la generación de capacidades para áreas temáticas priorizadas (que incluye las acciones relacionadas con la mitigación de metano), entre las que se destaca la insuficiencia de recursos técnicos capacitados en algunas áreas específicas, la complejidad de la coordinación del conjunto de las acciones involucradas y del seguimiento de las actividades con abordaje local, dada la extensión geográfica territorial y la organización política del país constituida como estado federal (SGAyDS, 2019).

Alineado a sus compromisos internacionales, Argentina ha realizado esfuerzos a nivel nacional para trazar una hoja de ruta a fin de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, incluido el gas metano, en el sector petróleo y gas. Específicamente en su PNAyMCC se establecen dos líneas de acción para el sector de petróleo y gas enfocadas en la mitigación de metano. La línea de acción 2 (TE-12) de eficiencia energética, que plantea la adopción de tecnologías para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de metano en las operaciones de upstream. Adicionalmente, se cuenta con la línea de acción 7 (TE-33, TE-34) de planificación y monitoreo del desarrollo energético, que plantea fortalecer las capacidades de las autoridades a nivel nacional y provincial, y el desarrollo de planes de monitoreo y reporte obligatorios para las empresas, todo esto enfocado para el control y mitigación de las emisiones de metano en el sector de hidrocarburos.<sup>21</sup>

Argentina ha avanzado en desarrollar normativas específicas para el sector de petróleo y gas, con alcance nacional y local, que resultarán en la mitigación de las emisiones de metano. A nivel nacional, la Secretaría de Energía publicó en noviembre de 2023 la Resolución 970, que establece los primeros pasos para crear una normativa nacional de medición y reducción de emisiones fugitivas de metano en la extracción y producción de hidrocarburos. Esta resolución incluye lineamientos obligatorios para el gobierno y los operadores del sector, tales como:

- a) Crear el Programa Nacional de Medición y Reducción de las Emisiones Fugitivas derivadas de las actividades de exploración, extracción y producción de hidrocarburos.
- b) Requerir que cada operador presente un plan anual de medición de emisiones fugitivas, conforme a la reglamentación que se dicte.
- c) Exigir que cada operador presente un plan integral a cinco años para la reducción y/o captación de emisiones fugitivas, priorizando la eficiencia y el aprovechamiento del recurso.
- d) Instruir a la Subsecretaría de Hidrocarburos a dictar la normativa complementaria correspondiente para la reglamentación y aplicación de esta medida.

---

<sup>20</sup> Adaptado de: <https://www.ccacoalition.org/en/resources/argentina-integrated-slcg-and-air-pollutant-emission-inventory>

<sup>21</sup> Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República Argentina (MAyDS). (2022). Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/pnaymcc\\_2022\\_-\\_vf\\_resol.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/pnaymcc_2022_-_vf_resol.pdf)

Adicionalmente, en el Congreso de la Nación se han propuesto y discutido proyectos de ley sobre el control de las emisiones de metano en el sector.<sup>22 23 24</sup> En 2024, la Comisión de recursos naturales y conservación del ambiente humano del Congreso Nacional ha retomado el Proyecto de Ley de 2022 sobre “presupuestos mínimos de protección ambiental de gestión de emisiones de metano en el sector de hidrocarburos”, el cual se encuentra en debate parlamentario.<sup>25</sup> Este proyecto de ley requerirá el desarrollo de un Plan De Gestión De Emisiones De Metano para definir acciones, tiempos y metas específicas.

Tanto la Resolución 970 como el Proyecto de Ley, una vez aprobado, requieren del desarrollo de normativa complementaria para ser implementada. Es importante que estas normativas complementarias incluyan las mejores prácticas y tecnologías que resulten en la mitigación de las emisiones de metano (la mayoría de las cuales se discuten a lo largo de este documento).

Si bien el Poder Ejecutivo Nacional tiene la facultad de fijar políticas energéticas a nivel nacional, a partir de la Ley No. 26.197 las provincias asumen el dominio ordinario y la administración sobre los yacimientos de hidrocarburos que se encuentren en sus territorios.<sup>26</sup> Es por esto que, algunas de las provincias petroleras han tomado acciones para regular las emisiones de gases de efecto invernadero tanto operativas (quema y venteo) como fugitivas del sector.

A nivel provincial federal, Neuquén y Chubut, dos provincias del país que se caracterizan por su actividad petrolera y gasífera, se han sumado a los esfuerzos de regular las emisiones de metano que genera el sector de petróleo y gas. En el primer caso, el Gobierno de Chubut en octubre de 2024, publicó la Resolución No. 58/2024 para la detección, control, monitoreo, cuantificación y reducción de emisiones de metano en el sector.<sup>27</sup> Esto constituye un gran primer paso para la mitigación efectiva del metano y es un ejemplo para que otras provincias petroleras puedan implementar resoluciones similares.

En Neuquén, el Ministerio de Energía y Recursos Naturales informa que busca establecer un programa de monitoreo y mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, incluido el metano, en la industria hidrocarburífera. Este programa busca desarrollar un sistema de información que provea una línea base sectorial para el seguimiento de indicadores de emisiones. Con esto el programa busca desarrollar un plan de mitigación del sector y diseñar marcos normativos a partir de la información recopilada, que aseguren el cumplimiento de los objetivos establecidos en el plan sectorial.

Desarrollar y publicar las regulaciones a nivel nacional y provincial para la mitigación del metano es el primer paso para reducir significativamente las emisiones en el sector. Las regulaciones también incentivarán el aprovechamiento del gas natural como un recurso productivo, ayudarán a dar cumplimiento a los compromisos climáticos internacionales de Argentina, e impulsarán mejores prácticas corporativas de las empresas operadoras en el país.

---

<sup>22</sup> El primero, en julio de 2020 se presentó el proyecto de ley de “Prevención y Control Integral de Emisiones de Metano en el Sector de Hidrocarburos”. El segundo, en diciembre de 2022 se presentó el proyecto de ley sobre “Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de Gestión de Emisiones de Metano en el Sector de Hidrocarburos”.

<sup>23</sup> Senado de la Nación, obtenido de <https://www.senado.gob.ar/parlamentario/comisiones/verExp/1441.20/S/PL>

<sup>24</sup> Senado de la Nación, obtenido de <https://www.senado.gob.ar/parlamentario/parlamentaria/464462/downloadPdf>

<sup>25</sup> Parlamentario.com (2024). Funcionarios y expertos expusieron sobre la iniciativa que busca la reducción de emisiones de metano. <https://www.parlamentario.com/2024/10/02/funcionarios-y-expertos-expusieron-sobre-la-iniciativa-que-busca-la-reduccion-de-emisiones-de-metano/>

<sup>26</sup> MAyDS. (2022). Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático.

<sup>27</sup> Boletín Oficial de Chubut. Resolución N°58/2024, obtenido de <https://boletin.chubut.gov.ar/archivos/boletines/Octubre%203,%202024.pdf>

## 1.5 ¿Cuáles son los objetivos de la Hoja de Ruta Nacional del Metano de la República Argentina?

Se ha desarrollado esta Hoja de Ruta Nacional del Metano con el apoyo del M-RAP de la CCAC. El objetivo general de la Hoja de Ruta del Metano de la República Argentina es:

**Describir el estado actual de las emisiones antropogénicas de metano en la República Argentina, y evaluar las medidas que el país puede adoptar, con el apoyo necesario, para reducir estas emisiones como parte de su contribución al Compromiso Global de Metano.**

Para lograr este objetivo, la Hoja de Ruta del Metano de la Argentina adopta la metodología y la estructura propuesta que ha sido desarrollada por la CCAC dentro de su M-RAP<sup>28</sup>.

El punto central de esta metodología son cinco módulos básicos que se combinan para proporcionar una comprensión de las emisiones de metano en un país en la actualidad y cómo podrían evolucionar en el futuro debido a las políticas y planes, qué nivel de reducción de emisiones de metano se pretende, cómo implementar políticas y medidas para lograr este objetivo y cómo se puede supervisar su implementación.

Esos módulos son:

**Módulo 1 – Emisiones (BB1):** *Cuantificación de las emisiones nacionales totales de metano de las principales fuentes de emisiones para los últimos años.*

**Módulo 2 – Análisis (BB2):** *Datos, herramientas y métodos para identificar, evaluar y priorizar las medidas de mitigación del metano mediante la evaluación cuantitativa de la reducción de emisiones y de los beneficios adicionales que pueden obtenerse de su aplicación.*

**Módulo 3 – Metas de reducción (BB3):** *Objetivos que definen un compromiso para lograr una reducción de las emisiones de metano.*

**Módulo 4 - Vías de implementación (BB4):** *Un conjunto concreto de acciones que proporcionan una vía clara para la aplicación de las medidas prioritarias de mitigación del metano, teniendo en cuenta los diferentes tipos de acciones normativas, legislativas, de infraestructuras, de financiación, de incentivos, de seguimiento y aplicación, de comunicación y de otro tipo, que son necesarias para su aplicación. Identificación de las barreras a la implementación de las medidas y de los costos y posibles fuentes de financiamiento.*

**Módulo 5 – Monitoreo, reporte y verificación (MRV) (BB5):** *Sistemas establecidos para realizar un seguimiento sostenible de los avances en i) la aplicación de las medidas prioritarias, ii) las acciones necesarias para su aplicación y iii) las repercusiones de su aplicación.*

En su conjunto, estos módulos básicos pueden permitir a los países comunicar claramente su compromiso de reducción de las emisiones de metano y, por tanto, determinar su contribución a la consecución del Compromiso Global del Metano, así como demostrar que estos compromisos están respaldados por medidas prioritarias específicas y vías de aplicación que pueden financiarse y ponerse en práctica.

<sup>28</sup> <https://www.ccacoalition.org/projects/methane-roadmap-action-programme-m-rap>

Los objetivos que orientan el propósito de conceptualizar la planificación eficaz de la mitigación del metano como un conjunto de cinco elementos básicos son los siguientes

1. Proporcionar un marco claro para que los países evalúen sus logros y su situación actual en materia de planificación de la mitigación del metano, e identificar oportunidades para seguir reforzando la planificación de la mitigación del metano. Muchos países ya contarán con estos componentes básicos en el marco de su planificación nacional del cambio climático y, por lo tanto, este marco permite a los países identificar qué componentes básicos ya están cubiertos, cuáles podrían mejorarse en su aplicación y cuáles podrían comenzar a realizarse en un país en particular.
2. Sintetizar los conocimientos existentes de los países socios de la CCAC sobre la planificación de CCVC en un marco adaptado a la planificación de la mitigación del metano.
3. Permitir un seguimiento coherente de los avances en la planificación de la mitigación del metano en todos los países, con el fin de ofrecer una visión global del estado actual de las medidas de mitigación del metano y de cómo éstas aumentan con el tiempo a medida que más países avanzan las etapas de la planificación de la mitigación del metano.
4. Identificar oportunidades claras y financiables para la CCAC, el Global Methane Hub y otros, en las que el apoyo adicional de los países podría dirigirse a tener el máximo impacto en la aceleración de las acciones de mitigación de las emisiones de metano y a obtener otros co-beneficios asociados a la reducción de las emisiones de metano.



## 2 Módulo 1: Emisiones de metano en Argentina

En este capítulo se presentan las emisiones totales de metano a nivel nacional correspondientes a los años 2015 y 2020. En primer lugar, se muestran y analizan las estimaciones de metano del Informe Nacional de Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero, que se incluye en el Quinto Informe Bienal de Actualización (Sección 2.1). Estos datos representan las emisiones más recientes que el gobierno ha reportado a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Asimismo, este apartado incluye un análisis de la contribución de los distintos sectores emisores al total nacional de emisiones de metano, desglosado por sectores y subsectores de acuerdo con la categorización de fuentes de emisión reconocida internacionalmente por el IPCC. Comprender cómo contribuye el metano de las diferentes fuentes de emisión de manera detallada es crucial para identificar aquellos sectores que tienen el mayor potencial de lograr reducciones significativas en sus emisiones.

Finalmente, se presentan los resultados de la proyección de las estimaciones de emisiones de metano utilizando metodologías de Nivel 2 (Sección 2.2). Esta metodología permite evaluar las opciones de mitigación propuestas (Sección 3).

### 2.1 Inventario Nacional de emisiones en Argentina

En Argentina, las emisiones de metano se calculan de manera regular a nivel nacional dentro del inventario nacional de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) que se presenta ante el Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. La estimación de las emisiones de metano en la metodología del inventario asegura que se utilice un conjunto de datos coherente, al igual que para otros gases de efecto invernadero.

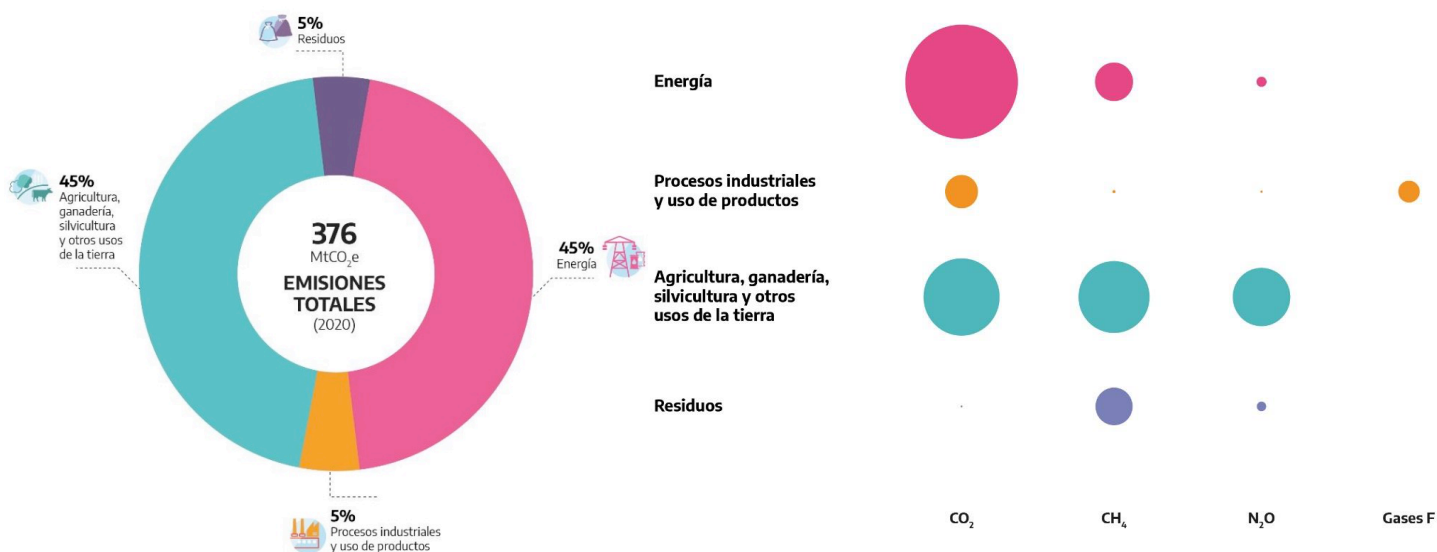
Además del metano, el inventario de gases de efecto invernadero del país también reporta las emisiones de dióxido de carbono, óxidos nitrosos e hidrofluorocarbonos.

En 2023, la República Argentina presentó el Quinto Informe Bienal de Actualización ante la CMNUCC<sup>29</sup>, en el que se estimaron las emisiones netas totales del año 2020 y en el que también se incluye la serie temporal del período 1990-2020 (MAyDs, 2023).

De acuerdo con los resultados de este informe en 2020 el metano aporta 94,6 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (Mt-CO<sub>2</sub>e), lo que representa el 25% del total de las emisiones generadas en el país, las cuales totalizaban 376,4 MtCO<sub>2</sub>e (Fig. 4).

<sup>29</sup> El Quinto Informe Bienal de Actualización IBA-5 sigue las directrices del IPCC 2006, l se utilizaron los potenciales de calentamiento global (PCG) del Segundo Informe de Evaluación del IPCC de 1995 (SAR por su sigla en inglés).

Figura 4 Distribución sectorial de las emisiones de GEI año 2020, (millones de toneladas de CO<sub>2e</sub>)



Fuente: Quinto Informe Bienal de Actualización (IBA-5), (MAyDs, 2023)

En la Figura 5 se presenta la evolución histórica sectorial de las emisiones totales de GEI de la República Argentina, donde se observa un evidente crecimiento en el sector energía. En términos de contribución sectorial la tendencia histórica sigue la distribución presentada en la Figura 4 para el año 2020, en el que el mayor contribuyente sectorial individual es el sector de la energía, seguido por el sector de AFOLU.

Figura 5 Evolución histórica de las emisiones totales de GEI en Argentina, 1990 – 2020, (Gigagramos de CO<sub>2e</sub>)



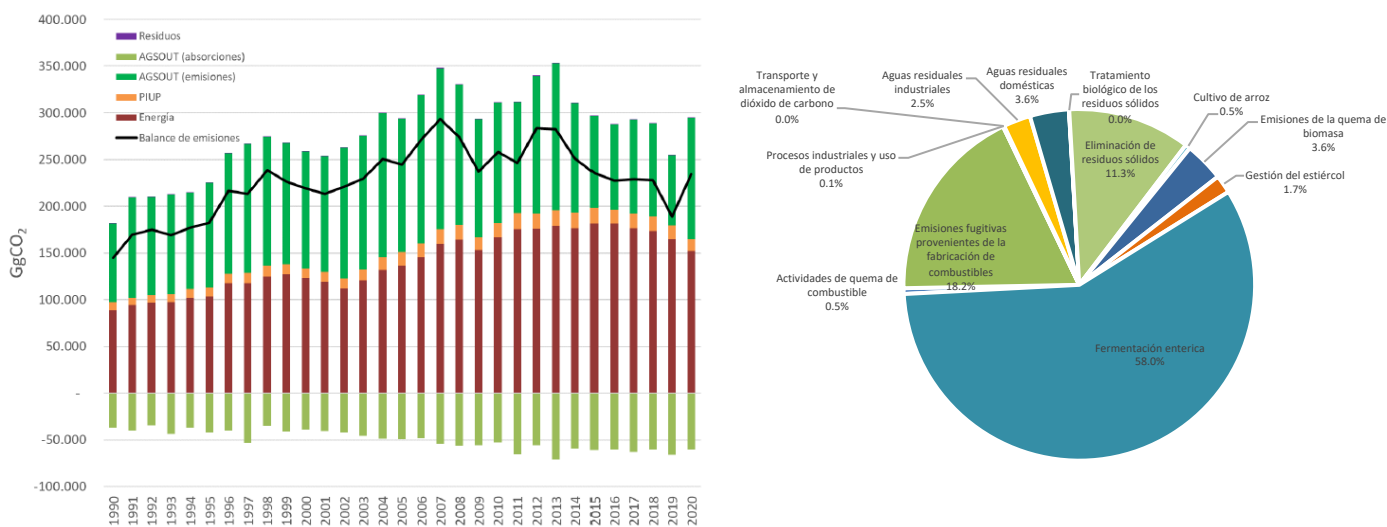
Fuente: Quinto Informe Bienal de Actualización (IBA-5), (MAyDs, 2023)

En la Figura 6 se esquematizan las tendencias históricas para el metano y la contribución sectorial a las emisiones totales en 2020. En general, las emisiones totales se han mantenido entre 200.000 – 350.000 GgCO<sub>2e</sub> para toda la serie histórica. La emisión total de 4.505 mil toneladas de metano indica que la República Argentina es responsable de aproximadamente el 1,1% de las emisiones antropogénicas globales de metano en 2020.

A nivel mundial, los tres sectores principales que impulsan el cambio climático son la agricultura, los residuos y la producción de combustibles fósiles. Según el IBA-5, en el año 2020, a nivel sectorial se observa que el sector con mayor participación en las emisiones de metano es AFOLU que contribuye con un 64% (2.874 ktCH<sub>4</sub>) de las emisiones de metano, que resultan principalmente de la fermentación entérica del ganado bovino.

Le sigue el sector energía representa el 19% (842,17 ktCH<sub>4</sub>) de las emisiones de metano; estas provienen principalmente de las emisiones fugitivas de la cadena de extracción, procesamiento, almacenamiento y transporte de combustibles al punto de uso final (MAyDs, 2023). Por último, el sector residuos con un aporte del 17% de las emisiones de metano (783 ktCH<sub>4</sub>), y se asocian a la disposición final de desechos sólidos y por el tratamiento y eliminación de las aguas residuales industriales y domésticas.

Figura 6 Evolución histórica de las emisiones totales de metano en Argentina, 1990 – 2020, (Gigagramos de CO<sub>2e</sub>) y Participación de emisiones de metano por fuente (2020)



Fuente: Quinto Informe Bienal de Actualización (IBA-5), (MAyDs, 2023)

Con respecto del sector de energía<sup>30</sup> y conforme al IBA-5, en 2020 el 96% de las emisiones de metano del sector corresponden a las emisiones fugitivas de la industria de petróleo y gas, que incluye a las fases de exploración, producción, transporte, y refinación; sumando un total de 807 kilotoneladas (kt) de metano generadas. El 85% de las emisiones de metano de la industria de petróleo y gas provienen específicamente de las actividades asociadas al gas natural, y 15% de las actividades del petróleo.<sup>31</sup>

<sup>30</sup> De acuerdo con el Quinto Informe Bienal, este sector considera a las actividades de quema de combustibles, y a las emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles, y este último incluye a la industria de petróleo y gas.

<sup>31</sup> El cálculo de emisiones fugitivas del Quinto Informe Bienal utilizó datos de producción de petróleo y gas natural convencional y no convencional, en combinación con los factores de emisión por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 y de su Refinamiento de 2019, con nivel de método de cálculo empleado el tier 1 (MAyDS, 2023:181). Los valores de Potencial de Calentamiento Global a 100 años usados en el inventario para el caso del metano corresponden al AR2, con la equivalencia de 1 tonelada de CO<sub>2</sub>=21 toneladas de CH<sub>4</sub> (MAyDS, 2023:140).

Respecto de la tendencia de las emisiones del sector de petróleo y gas (Figura 7) se observa que las emisiones de metano del sector crecieron 5,7% en promedio anual durante el período 1990 a 2004, pasando de 438 a 925 kt de metano. En cambio, para el período de 2004 a 2014 se observan decrecimientos anuales de 2%, para luego mostrar un crecimiento de 0,7% anual en el último período de 2015 a 2020, con un valor en este último año de 807 kt (MAyDS, 2023).<sup>32</sup>

Figura 7 Evolución de las emisiones de metano del sector de petróleo y gas, 1990-2022, (miles de toneladas de CH<sub>4</sub>)



Fuente: Quinto Informe Bienal de Actualización (IBA-5), (MAyDs, 2023). El valor de 2022 es estimado con la herramienta CoMAT de CATF.

Existen también estimaciones no oficiales de los inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero de la Argentina provenientes de fuentes internacionales. Por ejemplo, la base de datos EDGAR del Centro Común de Investigación de la Comisión Europea y el Sistema Comunitario de Datos de Emisiones (CEDS) presentan estimaciones de emisiones de metano con ciertas similitudes y también diferencias con las del inventario nacional. EDGAR calcula unas emisiones totales de metano de 5.031 kt, mientras que CEDS estima 4833,6 kt. Si bien, los totales nacionales son comparable a las oficiales, a nivel de categoría se observan amplias diferencias, que se deben principalmente a estimaciones considerablemente más bajas en las emisiones derivadas de la gestión de residuos sólidos.

<sup>32</sup> De acuerdo con el Quinto Informe Bienal de Argentina, para los inventarios nacionales de gases de efecto Invernadero se usan las directrices del IPCC de 2006 (MAyDs, 2023). Los valores de Potencial de Calentamiento Global a 100 años usados en el inventario para el caso del metano corresponden al AR2, con la equivalencia de 1 tonelada de CO<sub>2</sub>=21 toneladas de CH<sub>4</sub>.

Tabla 2 Resumen de las emisiones de metano oficiales para 2020 estimadas en el IBA-5 y otras estimaciones.

Sector	Subsector	Otras estimaciones de emisiones de metano (miles de toneladas de CH <sub>4</sub> )			
		IBA-5 miles de toneladas de CH <sub>4</sub> en 2020	Actualización – Nivel 2 (Sección 2.2) (2020)	EDGAR (2020)	CEDS (2019)
Energía	Industria de la energía	2,94 (0,3%)		2,53	31,02
	Industrias manufactureras y de la construcción	1,44 (0,2%)		1,61	13,46
	Transporte	13,35 (1,6%)		9,11	28,96
	Otros sectores	6,18 (0,7%)		7,01	91,81
	No especificadas	-			
	Emisiones fugitivas provenientes de combustibles	818,27 (806,62 de petróleo y gas natural) (97,2%)	883,5 * (CoMAT, 2022)	727,75	978,39
<b>Total energía</b>	<b>842,17 (18,7%)</b>	<b>883,5</b>	<b>748,01</b>	<b>1143,64</b>	
AFOLU	<u>Ganadería</u>				
	Fermentación entérica	2614,74 (91,0%)	3548,47	3552,93	3095,992
	Gestión del estiércol	75,49 (2,6%)	92,28	67,63	67,33
	Suelos / tierras agrícolas	- (0%)			0
	Manejo de suelos	- (0%)			
	Cultivos de arroz	20,94 (0,7%)	32,07	20,99	68,09
	Emisiones de la quema de biomasa	163,15 (5,7%)	79,69	74,38	-
	<b>Total AFOLU</b>	<b>2874,32 (63,9%)</b>	<b>3752,51</b>	<b>3715,93</b>	<b>3231,41</b>
Residuos	Eliminación de residuos sólidos	509,24 (65%)	193,17	215,62	99,27
	Incineración y quema abierta de residuos	- (0%)	11,32	3,66	12,84
	Tratamiento y disposición de aguas residuales	274,11 (35%)	98,88	348,14	346,50
	<b>Total residuos</b>	<b>783,35 (17,4%)</b>	<b>303,38</b>	<b>567,42</b>	<b>458,61</b>
<b>Total</b>	<b>Total</b>	<b>4499,84 (100%)</b>		<b>5031,36</b>	<b>4833,66</b>

Los métodos de estimación de emisiones se basan en la multiplicación de una variable de actividad por un factor de emisión. En el nivel 1, los factores de emisión suelen ser factores de emisión internacionales por defecto incluidos en los documentos de orientación del IPCC sobre inventarios nacionales de emisiones. Las variables de actividad difieren según el sector, pero incluyen el número de animales en el sector ganadero, las tasas de generación de residuos, la composición y el contenido orgánico de los residuos sólidos, el volumen de aguas residuales generadas y el volumen de gas venteado, quemado y/o fugado. La ventaja de los enfoques de nivel 1 es que pueden aplicarse incluso a sectores de los que se carece de datos. Su desventaja es que utilizan supuestos simples que pueden afectar a la exactitud y precisión de las estimaciones de emisiones.

Para los sectores de residuos, agricultura y energía, para los que se estiman las emisiones de metano en el inventario de gases de efecto invernadero de la República Argentina, se utilizan los métodos de nivel 1 y 2 del IPCC (2006), tal como se indica en el IBA-5. Las categorías en las que se utiliza el nivel 2, corresponden a las siguientes: (MAyDs, 2023):

- La categoría “4A – Eliminación de residuos sólidos” se ha utilizado el método de cálculo Nivel 2 junto con factores de emisión por defecto de las Directrices del IPCC de 2006.
- Las emisiones provenientes de la ganadería de carne y de leche se estiman mediante el método de cálculo de Nivel 2 y se calculan mediante Sistemas Modales (SM), los cuales son sistemas productivos homogéneos caracterizados en función de la calidad de la dieta, las características productivas, las circunstancias de gestación, y las diferencias regionales y climáticas.

- En el caso del cálculo de emisiones provenientes de bovinos de carne y bovinos de leche se han utilizado valores locales para la estimación de factores de emisión específicos del país, teniendo en cuenta la heterogeneidad de sistemas productivos por región y nivel tecnológico. Se realizó la clasificación de los animales en función de la calidad de la dieta, las características productivas, las circunstancias de gestación y las diferencias regionales y climáticas.
- Se utiliza el método de cálculo Nivel 2 de las Directrices del IPCC de 2006 para estimar las emisiones y las absorciones provenientes de bovinos lecheros, bovinos de carne y tierras forestales.
- El cálculo de emisiones fugitivas utilizó datos de producción de carbón mineral y vegetal, y datos de producción de petróleo y gas natural convencional y no convencional, en combinación con los FE por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 y de su Refinamiento de 2019.

Si bien, el IBA-5 indica las principales fuentes de información de las variables que componen los datos de actividad, así como los factores de emisión, este no proporciona la totalidad de los datos finalmente utilizados para estimar las emisiones. Lo anterior dificulta la comprensión de las razones por las que las emisiones de metano difieren entre los distintos conjuntos de datos.

En este sentido, se recomienda que en los inventarios nacionales de GEI en Argentina a futuro, las emisiones de metano se informen con la mayor transparencia posible. Incluso cuando se empleen inventarios de nivel 1, los datos de actividad y los factores de emisión utilizados para calcular las emisiones de cada fuente deben incluirse en los futuros informes, junto con las estimaciones de las emisiones de metano. En el IBA-5 de la República Argentina, se aplicaron las directrices del IPCC (2006) para inventarios de emisiones en la mayoría de las categorías. Estas directrices fueron actualizadas en 2019 con métodos y datos mejorados, disponibles para los principales sectores emisores de metano. Por lo tanto, los futuros inventarios de emisiones, aunque se basen en métodos de nivel 1, deben adaptarse gradualmente para incorporar las actualizaciones resultantes de la orientación del IPCC (2019).

Para mejorar significativamente las estimaciones de las emisiones de metano en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero en el futuro, se debería implementar gradualmente el uso de métodos de Nivel 2 en las diferentes categorías de los sectores más relevantes. Estos métodos ofrecen dos ventajas principales sobre los de Nivel 1: permiten realizar estimaciones históricas de manera más sólida y detallada, y permiten una representación más precisa de los procesos que generan las emisiones de metano. Además, facilitan la evaluación del impacto de las medidas de mitigación, algo que resulta más complicado con los métodos de Nivel 1. Por ejemplo, en el sector ganadero, los métodos de Nivel 2 requieren detallar la estructura del rodeo (como el del ganado vacuno) considerando aspectos como tasas de fertilidad y mortalidad, masa corporal, entre otros. A partir de esto, se calculan las necesidades energéticas del ganado, se estima la ingesta de alimentos según estas necesidades y la composición del alimento, y se determinan los sistemas de gestión del estiércol resultante. Este enfoque permite modelar intervenciones que afectan características del rodeo (como mejoras genéticas), la alimentación (como la optimización de la dieta) y la gestión del estiércol <sup>33</sup>.

Debido al mayor nivel de detalle con el que se modelan los procesos emisores de metano, desarrollar inventarios de emisiones de Nivel 2 requiere una recopilación de datos significativamente mayor en comparación con los enfoques de Nivel 1, que ya se realiza en Argentina para el subsector ganado (3A), y se recomienda se mantenga en los próximos IBA. Además, aunque el IBA-5 actualmente incluye el metano, no abarca todos los contaminantes asociados.

Ampliar el inventario de GEI para incluir contaminantes como óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, partículas, carbono orgánico, carbono negro, amoníaco y compuestos orgánicos volátiles permitiría analizar las tendencias de estos

---

<sup>33</sup> Una herramienta que se puede utilizar para realizar este análisis de nivel 2 es LEAP (*Low Emissions Analysis Platform*), <https://leap.sei.org/default.asp?action=introduction>

contaminantes junto con el metano. También establecería una base para evaluar los impactos climáticos, sociales, de salud y ambientales de las medidas de mitigación del metano, ya que dichos impactos no dependen únicamente de la reducción del metano, sino también de cómo afectan estas emisiones a las de otros contaminantes emitidos.

En resumen, este análisis permite concluir que las emisiones de metano se cuantifican de manera rutinaria en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Sin embargo, existen discrepancias en comparación con las estimaciones de inventarios internacionales, que resultan complejo de aclarar debido a que los datos de actividad y los factores de emisión utilizados en las estimaciones nacionales (así como en las bases de datos internacionales) no se concilian plenamente en relación con las cifras de emisiones de metano. Los inventarios internacionales, por otra parte, pueden no reflejar adecuadamente las circunstancias nacionales debido a su escala, y utilización de factores no siempre apropiados a la condición de cada país.

Para mejorar las estimaciones de las emisiones de metano en Argentina, la tabla 3 describe cuatro medidas orientadas a generar estimaciones más precisas y que sean reportadas de manera más transparente.

*Tabla 3 Acciones propuestas para mejorar la cuantificación de las emisiones de metano (módulo 1).*

No.	Acción	Descripción	Responsable	Próximos pasos
1	Reportar las emisiones de metano en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero	Seguir publicando periódicamente las emisiones de metano en el inventario nacional de gases de efecto invernadero.  1. Informar las emisiones de metano en toneladas de metano emitidas junto con las emisiones equivalentes de dióxido de carbono. 2. Informar sobre los datos de actividad y los factores de emisión utilizados para permitir la evaluación de las incertidumbres y las metodologías empleadas. 3. Progresión gradual de los métodos de Nivel 1 a Nivel 2, para el sector de Energía / Petróleo y gas, y Residuos.	Subsecretaría de Ambiente	Publicar estimaciones actualizadas de las emisiones de metano en el primer informe bienal de transparencia.
2	Elaborar estimaciones de emisiones de GEI de nivel 2 para los sectores de la energía (petróleo y gas), agricultura y los residuos.	La acción de mayor prioridad es el desarrollo de un inventario que incluya todas las categorías del sector agrícola, energía (petróleo y gas) y de residuos de Nivel 2, ya que son la mayor fuente de metano. La actualización a un inventario de emisiones de metano de Nivel 2 también permitirá llevar a cabo una evaluación de mitigación más detallada. Esto requerirá la recopilación de datos adicionales, que, en la medida de lo posible, debería sistematizarse para que se realice con regularidad.  Podría elaborarse un inventario de emisiones de nivel 2 para el sector de los residuos junto con el inventario de emisiones de nivel 2 de la agricultura. Ambos sectores están vinculados, por ejemplo, debido a que los residuos alimentarios se depositan en vertederos. El desarrollo de un inventario de nivel 2 integrado para el sector de los residuos con la agricultura permitiría explorar cualquier interacción entre las acciones de mitigación.  Para ello, será necesario recopilar más datos, como la proporción de residuos gestionados a través de los distintos flujos. Esta acción debe sistematizarse para que, una vez establecidos los procedimientos de recolección, los datos se actualicen con regularidad. Al principio, podrían utilizarse fuentes de datos internacionales (por ejemplo, las directrices del IPCC) con los métodos del nivel 2 y, gradualmente, estos datos podrían sustituirse por estadísticas nacionales a medida que se desarrollen.	Subsecretaría de Ambiente	Revisar, actualizar e institucionalizar el inventario inicial de emisiones de Nivel 2 desarrollado (Sección 2.2)

No.	Acción	Descripción	Responsable	Próximos pasos
5	Explorar el uso de sensores remotos para identificar focos de emisión de metanos "hotspots"	Existe una serie de nuevas herramientas de toma de datos procedentes de satélites que pueden ayudar a identificar los focos de emisión de metano. El uso de estos datos puede identificar la distribución espacial de las emisiones y las fuentes que podrían controlarse mediante las normativas o leyes vigentes. Entre ellos se incluyen los datos del <a href="#">Observatorio Internacional de Emisiones de Metano</a> , que resalta los focos de emisión de metano. Esta actividad involucraría a expertos en análisis y procesamiento de información satelital para compilar una lista dichos focos de emisión de metano en el país	Subsecretaria de Ambiente	Coordinar con el Observatorio Internacional de Emisiones de Metano (IMEO) para desarrollar un proyecto de identificación de los focos de emisión metano.

*Fuente: Elaboración propia*

## 2.2 Estimación inicial de emisiones de Nivel 2 para los principales sectores generadores de metano en Argentina.

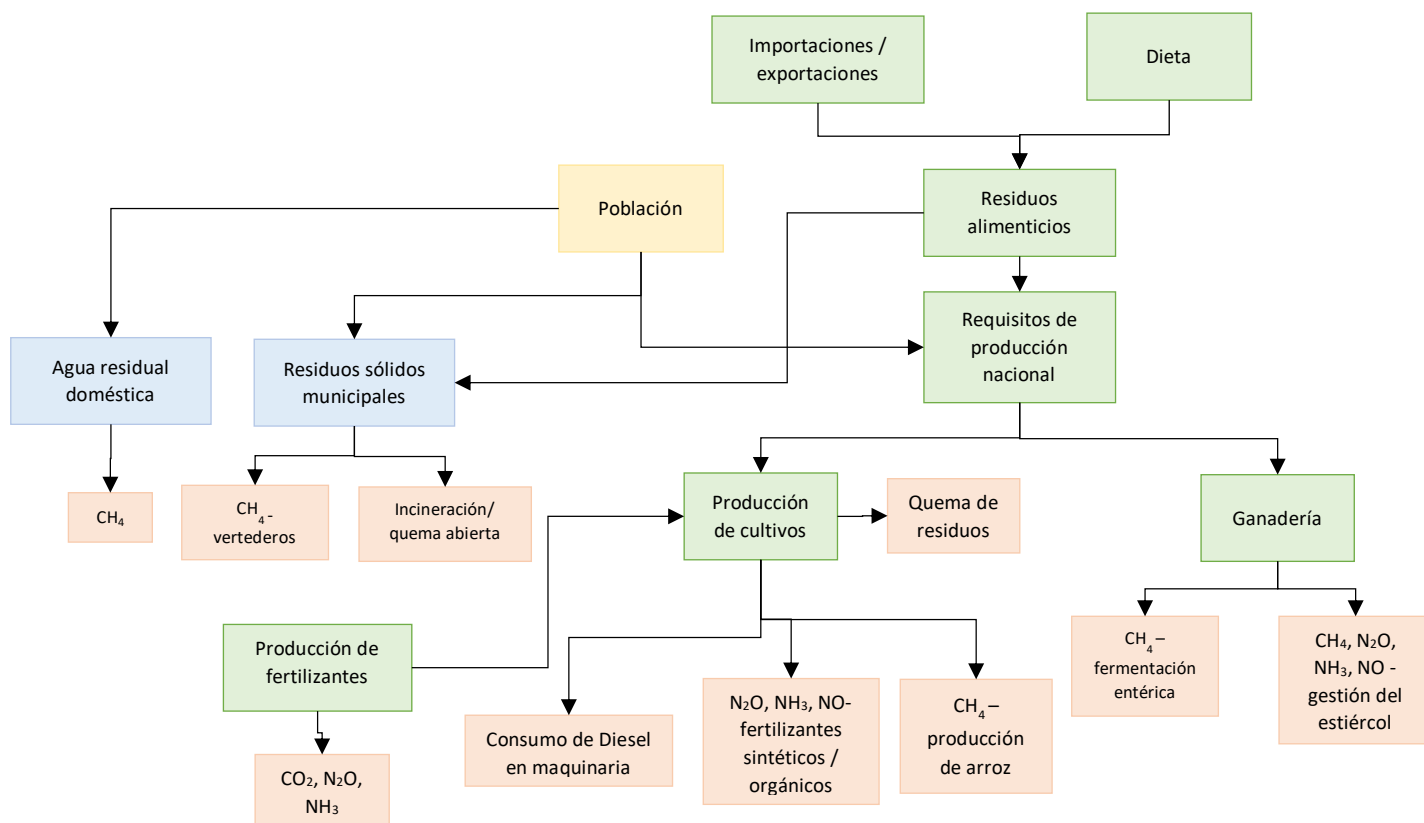
### 2.2.1 Sector de agricultura y residuos

El desarrollo de las estimaciones actualizadas de emisiones de metano se detalla en el Anexo Técnico de esta Hoja de Ruta. Se utilizaron los métodos de nivel 2 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático para los sectores de agricultura y residuos, con el objetivo de estimar las emisiones entre 2010 y 2020 y obtener proyecciones hasta 2050. Es importante señalar que se realizó un análisis integrado de ambos sectores, de modo que los cambios o factores en uno de ellos afectan las emisiones del otro. El enfoque de nivel 2 se aplicó conforme al marco de modelación que se presenta en la Figura 8.

La producción nacional de alimentos y la generación de residuos están determinadas por la población y los hábitos alimentarios del país, lo que difiere del método de Nivel 2 aplicado en el IBA-5 que se basa en el número de cabezas por tipo de bovinos de carne, leche y otras especies (véase el Anexo Técnico). Esta propuesta de método de nivel 2 requiere datos y supuestos más detallados sobre la estructura de las existencias ganaderas, la ingesta de energía animal, la composición de los forrajes, los sistemas de gestión de estiércol y el uso de fertilizantes.

Para la estimación de emisiones históricas y proyectadas para caracterizar la producción agrícola, ganadera y la gestión de residuos de manera conjunta, de acuerdo a los requerimientos del modelo desarrollado por SEI, se recurrió a fuentes de datos internacionales, principalmente FAOStat, el modelo GLEAM de la FAO y las directrices del IPCC para inventarios de emisiones (2019) (FAO, 2022c, 2022a, 2022b; IPCC, 2019). Estas bases de datos permiten construir un inventario de emisiones de nivel 2 incluso cuando no se tienen todos los insumos necesarios a partir de datos nacionales. (Para una descripción completa de los métodos del inventario de nivel 2, se puede consultar el anexo técnico 1).

Figura 8 Marco de modelación para estimar las emisiones históricas y futuras de los sectores de la agricultura y los residuos.<sup>34</sup>



Fuente: Elaboración propia

Al aplicar las metodologías de Nivel 2 del IPCC, las emisiones de metano del sector agrícola se alinean con las estimaciones de Nivel 1 (Tabla 4). En 2020, las emisiones provenientes de la fermentación entérica, que representan la mayor parte de las emisiones de metano en la agricultura, alcanzaron 3.548 kt CH<sub>4</sub> según la metodología de Nivel 2, en comparación con las 2.614 kt CH<sub>4</sub> reportadas en el inventario nacional de emisiones de GEI. Esta discrepancia obedece a las diferencias que resultan de la aplicación de metodologías de modelación diversas: por un lado, la República Argentina sigue detalladamente la metodología propuesta por el IPCC, mientras que la modelación de SEI aplicada para el país exhibe resultados considerablemente más elevados. Consecuentemente, estas diferencias debieran ser consideradas para ponderar las metodologías propuestas y la conveniencia de su utilización.

Por otro lado, el sector de residuos presenta estimaciones de emisiones de metano significativamente distintas al compararlas con el inventario nacional de GEI, utilizando los métodos actualizados de nivel 2. Para los residuos sólidos, las estimaciones revisadas representan solo el 38% del valor del inventario nacional de emisiones de GEI, mientras que, para las aguas residuales, son el 14%. Debido a que los datos de actividad utilizados en el inventario nacional de GEI no se incluyen en el primer informe bienal de actualización, resulta complejo entender las causas de estas discrepancias.

<sup>34</sup> Los recuadros verdes representan los módulos del modelo agrícola, los recuadros azules representan los módulos del sector de residuos y los recuadros rosados representan las fuentes de emisión de los sectores agrícola y de residuos cuantificadas en el marco de modelación.

Tabla 4 Emisiones nacionales de metano en Argentina para el sector de agricultura en 2015 y 2020, estimadas con metodología Nivel 2, con relación a la estimación del IBA5 (nivel 1 y 2) - ktCH<sub>4</sub>/año

Sector	2015 (kt/año)	2020 (kt/año)	IBA5, 2020 (kt/año)
3A Fermentación entérica	3384,48	3548,47	2614,74
3B Gestión del estiércol	90,0	92,28	75,49
3C Cultivo de arroz	40,26	32,07	20,94
4A Disposición de residuos sólidos	185,91	193,17	508,18
4D Tratamiento y disposición de aguas residuales	90,2	98,87	274,11
<b>Total</b>	<b>3.792,22</b>	<b>3.964,86</b>	<b>3.493,46</b>

Fuente: Elaboración propia

## 2.2.2 Sector de petróleo y gas natural

El sector de petróleo y gas es uno de los principales sectores generadores de metano a nivel mundial, contribuyendo 23% del total, y es el principal generador de metano en el sector energía (IEA, 2024).<sup>35</sup> Las emisiones de metano en este sector se generan principalmente por la quema de gas asociado, el venteo de gas, y las fugas que suceden en las actividades de la industria. Sin embargo, la cantidad que cada fuente contribuye puede variar según las características del sector en un país específico.

Según la Asociación Global de Quema y Reducción de Metano del Banco Mundial (GFMR por sus siglas en inglés), la quema del gas natural asociado durante la extracción de petróleo (por ejemplo, en antorchas) es una práctica existente en la industria debido a que es un método relativamente seguro para lidiar con presiones excepcionalmente altas y cambiantes del gas<sup>36</sup>. Sin embargo, este proceso también provoca contaminación y a la vez se utiliza para disponer de gas para el cual no se construyeron instalaciones como centros de procesamiento de gas o gasoductos para aprovecharlo. Las emisiones de metano durante la quema se generan debido a que las antorchas no generan una combustión completa del metano y otros hidrocarburos en el flujo de gas, haciendo que un remanente se emita al ambiente.<sup>37</sup>

El venteo, por su parte, es la liberación intencional de gas natural procedente de un proceso o actividad en la industria, que usualmente se da por razones de seguridad, y es la primera causa de emisiones de metano en el sector de petróleo y gas a nivel mundial (IEA, 2024; United Nations Environment Programme & Climate and Clean Air Coalition, 2021).

El venteo de gas constituye una práctica más dañina que la quema, debido a que se emite el metano y otros contaminantes directamente al ambiente.<sup>38</sup> El venteo puede ocurrir cuando los equipos de quema operan en condiciones para las cuales no fueron diseñados o se encuentran apagados, por la inspección o mantenimiento de equipos, o cuando los operadores liberan el gas directamente a la atmósfera (Global Flaring and Methane Reduction Partnership, 2024a; IEA, 2024). Esta categoría también incluye las emisiones de los equipos que liberan gas a la atmósfera como parte de sus operaciones

<sup>35</sup> De acuerdo con estimaciones de la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés), el sector de petróleo y gas es responsable del 62% del total de emisiones de metano del sector de energía, por encima de la producción de carbón (IEA 2024).

<sup>36</sup> La extracción y procesamiento de petróleo y gas implica lidiar con presiones excepcionalmente altas y cambiantes, que con un aumento repentino o dramático de la presión podría provocar una explosión. La quema de gas permite a los operadores despresurizar sus equipos y gestionar variaciones de presión grandes e impredecibles, que de no ser gestionadas adecuadamente podrían ocasionar accidentes graves (Global Flaring and Methane Reduction Partnership, 2024b).

<sup>37</sup> Por ejemplo, algunas antorchas tienen una eficiencia de destrucción de metano del 98%, lo que da como resultado que el 2% del metano se emita a la atmósfera sin quemarse (Global Flaring and Methane Reduction Partnership, 2024a)

<sup>38</sup> El gas emitido se compone típicamente de metano (entre un 80 y 95%) y otros hidrocarburos, CO<sub>2</sub>, nitrógeno (N<sub>2</sub>) y ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) que podrían ser cancerígenos y/o mutagénicos. Algunos de hidrocarburos también son precursores del ozono a nivel del suelo, el cual causa irritación de la piel y problemas respiratorios (United Nations Environment Programme & Climate and Clean Air Coalition, 2021).

normales, así como las circunstancias en las que el equipo presenta fallas y emite significativamente más gas de lo que emitiría en condiciones de operación adecuadas.

La tercera causa principal de emisiones de metano son las fugas de gas o liberaciones no intencionales ni previstas. Estas fugas, que normalmente resultan de un mantenimiento deficiente y de equipos que sufren desperfectos, pueden liberar grandes cantidades de metano (Global Flaring and Methane Reduction Partnership, 2024b). Esta categoría también incluye eventos de emisiones por condiciones anormales de los procesos (comúnmente llamados “super emisores”), que contribuyen aún más a la contaminación por metano.

Como parte del análisis para el desarrollo de la hoja de ruta de metano y el interés de conocer de forma más desagregadas las fuentes de emisión del sector, se realiza una estimación de las emisiones de metano de petróleo y gas para el año 2022 utilizando la “herramienta para la estimación de las emisiones nacionales de metano y su abatimiento” (CoMAT, por sus siglas en inglés), desarrollada por la organización no gubernamental *Clean Air Task Force* (CATF).<sup>39</sup> CoMAT es una herramienta diseñada para ayudar a los gobiernos en sus esfuerzos por comprender y estimar sus emisiones de metano del sector de hidrocarburos, cuantificar el potencial de reducción en diferentes segmentos de la industria, y brindar una propuesta de plan de mitigación basado en las mejores prácticas probadas a nivel internacional (CATF, 2023).

CoMAT permite estimar emisiones de metano empleando la metodología, datos de actividad y factores de emisión que se reportan en el Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Estados Unidos de 2022, así como de otras fuentes incluyendo datos de quema de gas del Banco Mundial. Los parámetros de CoMAT, incluyendo factores de emisión, pueden ser modificados para reflejar las condiciones nacionales; sin embargo, al no contar con factores de emisión propios de Argentina para el sector<sup>40</sup>, se utilizan valores internacionales y/o supuestos para su aplicación. Cabe mencionar que el Instituto Argentino del Petróleo y Gas (IAPG) también recomienda el uso de factores de emisión internacionales en su práctica recomendada para la “Realización de inventarios de gases de efecto invernadero en actividades de exploración y producción de hidrocarburos y procesamiento de gas”.<sup>41</sup>

Con respecto a los datos de actividad, CoMAT utiliza información específica de la industria de Argentina de 2022 reportada por el gobierno y actores claves, lo que permite utilizar datos actualizados y obtener resultados de emisión más precisos. Por ejemplo, se tomaron las estadísticas de producción de hidrocarburos de la Secretaría de Energía, y el número de pozos en producción del IAPG. Para mayor información sobre la metodología y fuentes de datos de actividad utilizados por CoMAT se sugiere consultar la página de [la metodología de CoMAT](#) y el respectivo anexo adjunto.<sup>42</sup>

Con CoMAT se estima que para el 2022 el sector de petróleo y gas de Argentina emitió 884 kt de metano mientras que el valor de emisiones reportado en el inventario de 2020 por Argentina en el Quinto Informe Bienal (Figura 7) fue de 807 kt. Cabe recalcar que, si bien estas cifras son cercanas, no pueden ser exactamente comparables debido a las diferentes

---

<sup>39</sup> CATF es una organización no gubernamental global que colabora con gobiernos para impulsar políticas que permitan reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero, en particular el metano. CATF ha trabajado en América Latina desde el 2016 colaborando con gobiernos y organizaciones en el tema de emisiones de metano y aportando elementos técnicos para el desarrollo de políticas y toma de decisiones. Para más información sobre el trabajo que realiza CATF en reducción de metano ingresar a <https://www.catf.us/es/methane/pollution-prevention/>

<sup>40</sup> El Quinto Informe Bienal de 2023 menciona que, Argentina al no contar con factores de emisión nacionales del sector de petróleo y gas, utiliza los factores de emisión del IPCC de 2006 para la estimación (MAyDS, 2023:181).

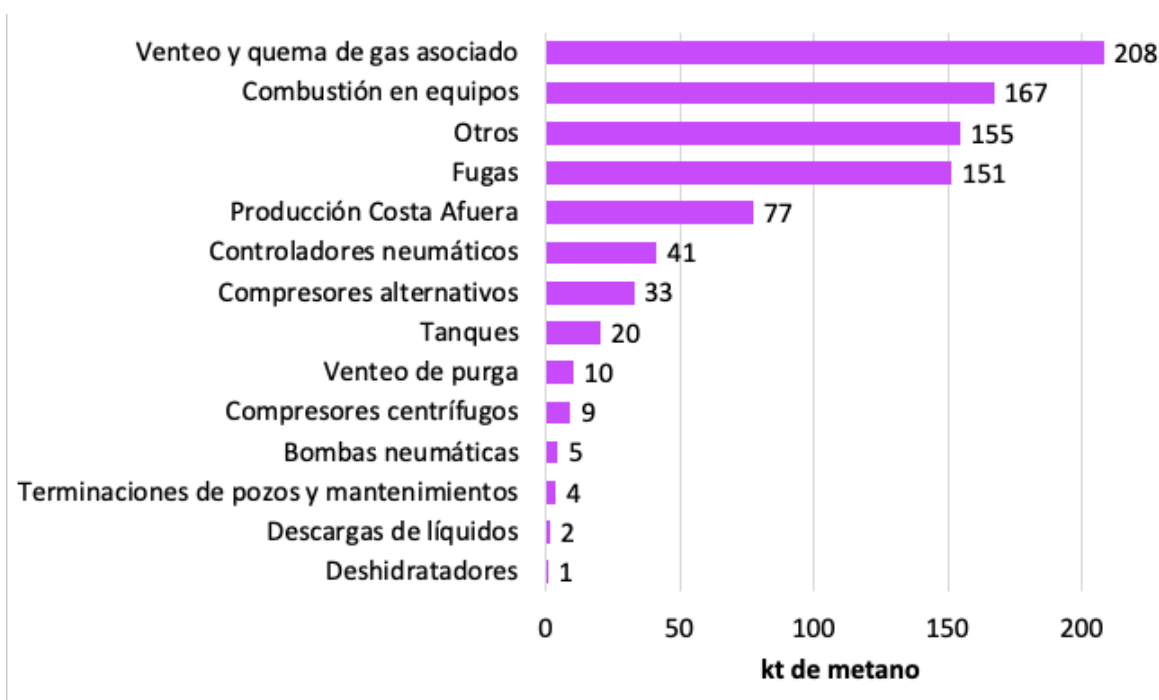
<sup>41</sup> Instituto Argentino del Petróleo y del Gas. (2020). *Práctica recomendada: Realización de inventarios de gases de efecto invernadero en actividades de exploración y producción de hidrocarburos y procesamiento de gas*. <https://www.iapg.org.ar/sectores/practicas/PRSC202020.pdf>

<sup>42</sup> Dependiendo de las fuentes de emisión, CoMAT utiliza factores de emisión de 2012 reportadas en el Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Estados Unidos de 2022, GRI/EPA de 1996 y de otros estudios científicos de la industria. Para más información sobre el uso de CoMAT referirse al sitio web (<https://www.catf.us/es/comat/>), y sobre su metodología referirse al siguiente [documento](#).

metodologías utilizadas y los años evaluados. CoMAT desagrega las emisiones de metano en 13 fuentes de emisión y 6 segmentos de la Industria.

Gracias a la granularidad de la información que provee CoMAT, se observa que para el 2022 el 90% de las emisiones del sector se concentran en 6 fuentes de emisión de la industria (Figura 9). La principal fuente corresponde al venteo y quema de gas asociado de la producción de petróleo en tierra (24%), seguido por la combustión en motores de equipos (19%), otras emisiones que corresponden a fuentes misceláneas de emisión (18%),<sup>43</sup> las emisiones de fugas de gas a lo largo de la cadena de producción de ambos hidrocarburos (17%), y otras fuentes que detalla la siguiente Figura.

Figura 9 Emisiones de metano de petróleo y gas de Argentina (2022) estimadas con CoMAT (Miles de toneladas de CH4)



Fuente: Estimado con la herramienta CoMAT de CATF

Las prácticas de quema y venteo y las fugas no previstas de gas en los diferentes equipos resultan en una considerable ineficiencia en el uso de recursos. Con la infraestructura y prácticas adecuadas, mercados económicamente viables y regulaciones en marcha, el gas podría ser capturado y utilizado para generar energía u otros fines productivos, que podrían generar importantes beneficios no solo ambientales, sino también económicos y en materia de salud pública (United Nations Environment Programme & Climate and Clean Air Coalition, 2021).

Por lo tanto, la información detallada proporcionada por CoMAT permite identificar áreas clave para acciones de mitigación y control de emisiones en la industria de hidrocarburos en el país. En la sección 3.2.2 se describe el potencial de reducción de emisiones de este sector.

<sup>43</sup> Por ejemplo, esta fuente considera emisiones de pruebas en pozos no terminados, reventones en pozos, quemas en las instalaciones de petróleo, fugas en gasoductos en las fases de recolección y bombeo, venteo en estaciones de transmisión de gas, la producción de agua en pozos de gas, entre otros. Para más detalles referirse a la metodología en el anexo adjunto.

## 3 Módulo 2: Análisis y evaluación de las medidas de mitigación de emisiones de metano en Argentina

El segundo módulo de la hoja de ruta se enfoca en la identificación, evaluación y priorización de las medidas de mitigación de las emisiones de metano, y consta de dos componentes. Primero, es necesario determinar si las medidas de mitigación a evaluar están incluidas en los planes y estrategias políticas clave, lo que reflejaría el interés de un país en implementarlas. En segundo lugar, es crucial evaluar la implementación de estas medidas para entender en qué medida podrían reducir las emisiones de metano y, por lo tanto, contribuir tanto a los objetivos nacionales de mitigación del cambio climático como al compromiso global sobre el metano. Este proceso requiere el desarrollo y uso de herramientas analíticas, como el inventario de emisiones y la evaluación de escenarios.

La Sección 3.1 analiza si las medidas de mitigación del metano están actualmente integradas en los planes y estrategias de la República Argentina, luego la Sección 3.2 resume los resultados de la evaluación de la implementación de dichas medidas y presenta un conjunto de acciones para fortalecer estos análisis e incorporarlos en los diversos planes y estrategias con miras a su implementación.

Este módulo está estrechamente relacionado con los módulos 3 (metas de reducción) y 4 (vías de aplicación). El establecimiento de metas de reducción de las emisiones de metano requiere comprender qué políticas y medidas podrían aplicarse para alcanzarlos, y las vías de implementación pueden definirse una vez seleccionadas las medidas de mitigación (o viceversa).

### 3.1 Políticas y medidas existentes relativas al metano y a los sectores emisores de metano

Las principales medidas de mitigación del metano se presentan en la Tabla 5. Algunas de estas medidas ya están incorporadas en planes y estrategias nacionales, lo que refleja que el Gobierno de la República Argentina ha reconocido la importancia y el valor de llevar a cabo acciones para reducir las emisiones de metano.

La República Argentina en su NDC establece que no excederá la emisión neta de 349 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO<sub>2e</sub>) en el año 2030, aplicable a todos los sectores de la economía. La NDC, actualizada en 2021, indica que la meta de reducción de GEI se logrará a través de ejes de mitigación enfocados en la oferta y demanda de energía, eficiencia energética y energía renovable, rotación de cultivos, forestación, manejo sostenible de los bosques, prevención de incendios forestales. La NDC no especifica medidas con mayor énfasis en el sector ganadero, residuos o la cadena de explotación y producción de petróleo y gas.

Por su parte, en el PNAyMCC se incluyeron diferentes líneas estratégicas alineadas a la meta de mitigación y la de adaptación con sus correspondientes líneas de acción, entre las que se destacan las que se indican con relación a la reducción de GEI (y que pueden aportar a la reducción de emisiones de metano<sup>4445</sup>) y a nivel sectorial incluyen (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República Argentina, 2022):

<sup>44</sup> La reducción esperada en el PNAyMCC está desarrollada en emisiones totales de GEI.

<sup>45</sup> Las medidas aquí listadas corresponden a una evaluación inicial que la medida mencionada puede aportar a la mitigación de emisiones de metano sin cuantificar el porcentaje de reducción en términos absolutos. El análisis y evaluación de estas medidas y otras adicionales junto a la reducción proyectada se presentará en el capítulo 3 “Análisis y evaluación de las medidas de mitigación de emisiones de metano en Argentina”.

Tabla 5 Resumen de las medidas de mitigación del metano incluidas en diferentes planes y estrategias en Argentina

Sector	Línea estratégica	Línea de acción y descripción
<b>Agro - ganadero</b>	Gestión sostenible de sistemas alimentarios y bosques	<p><b>Línea de acción 2. Eficiencia y diversificación de la producción.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>GS-05: Eficientizar la producción ganadera (Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca).</li> <li>GS-06: Reducir las pérdidas y desperdicios de alimentos (Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca).</li> </ul> <p><b>Línea de acción 4. Manejo integrado de agroecosistemas.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>GS-18: Promover el manejo de bosque con ganadería integrada (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca).</li> <li>GS-21: Fomentar la ganadería agroecológica y regenerativa (Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca).</li> </ul>
<b>Residuos</b>	Territorios Sostenibles y resilientes	<p><b>Línea de acción 1. Herramientas para la gestión de residuos y efluentes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>TS-03: Fortalecer el manejo de la fracción orgánica (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible).</li> <li>TS-04: Producir energía a partir del biogás generado en rellenos sanitarios (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible).</li> <li>TS-06: Fortalecer las etapas de la Gestión Integral de Residuos a través de normativas locales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible).</li> <li>TS-07: Erradicar Basurales a Cielo Abierto (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible).</li> </ul> <p><b>Línea de acción 5. Economía circular</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>TP-19: Consolidar el carácter productivo de los residuos y subproductos (Secretaría de Industria y Desarrollo Productivo)<sup>46</sup>.</li> </ul>
<b>Energía (combustibles fósiles)</b>	Transición energética	<p><b>Línea de acción 2. Eficiencia energética</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>TE-12: Diseño e implementación de instrumentos tendientes a la promoción y adopción de tecnologías para mejorar la eficiencia y reducir las emisiones de metano en operaciones de exploración, producción y/o procesamiento de hidrocarburos (<i>upstream</i>) (Secretaría de Energía).</li> </ul> <p><b>Línea de acción 3. Energía limpia en emisiones de gases de efecto invernadero</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>TE-15: Implementar proyectos de generación eléctrica a partir de fuentes renovables no convencionales conectadas a la red (Secretaría de Energía)</li> <li>TE-19: Promover la adopción de biocombustibles (Secretaría de Energía).</li> <li>TE-21: Aprovechar de manera sostenible la biomasa residual del sector agropecuario y agroindustrial (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca).</li> </ul>

<sup>46</sup> Esta medida incluye el aprovechamiento de residuos como fuente de energía, incluyendo la captura de metano en plantas de tratamiento de efluentes en el sector Productivo (industrias).

Sector	Línea estratégica	Línea de acción y descripción
		<ul style="list-style-type: none"> <li>TE-22: Promover la adopción de biogás para el uso final en el sector transporte (Secretaría de Energía).</li> </ul> <p><b>Línea de acción 4. Estrategia nacional para el desarrollo del hidrógeno</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>TE-25: Promover la adopción del hidrógeno con nulas o bajas emisiones de gases de efecto invernadero y el desarrollo de la respectiva cadena de valor (Secretaría de Energía).</li> </ul> <p><b>Línea de acción 5. Gasificación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>TE-28: Promover el uso de combustibles gaseosos en reemplazo de combustibles fósiles con mayor factor de emisión de GEI (Secretaría de Energía)</li> </ul> <p><b>Línea de acción 7. Planificación y monitoreo del desarrollo energético</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>TE-33: Fortalecer las capacidades de las autoridades de aplicación provincial en materia de identificación, monitoreo y control de emisiones operativas (quema y venteo) y fugitivas de gases de efecto invernadero y de metano del <i>upstream</i> (Secretaría de Energía).</li> <li>TE-34: Desarrollar planes de monitoreo, reporte, verificación y mitigación de emisiones de GEIs con objetivos de cumplimiento obligatorio por parte de las empresas (Secretaría de Energía).</li> </ul>

Fuente: PNAyMCC, (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República Argentina, 2022)

La tabla anterior muestra que la República Argentina ya ha identificado varias acciones en sus planes climáticos y estrategias enfocadas en la reducción del metano. No obstante, la evaluación y priorización de estas acciones sigue siendo limitada dentro de dichos planes y estrategias. Una de las principales razones es que estas medidas suelen plantearse sin metas cuantitativas ni plazos definidos para su implementación, y no todas han sido identificadas como clave para reducir emisiones de metano, por lo que se desconoce su contribución o impacto.

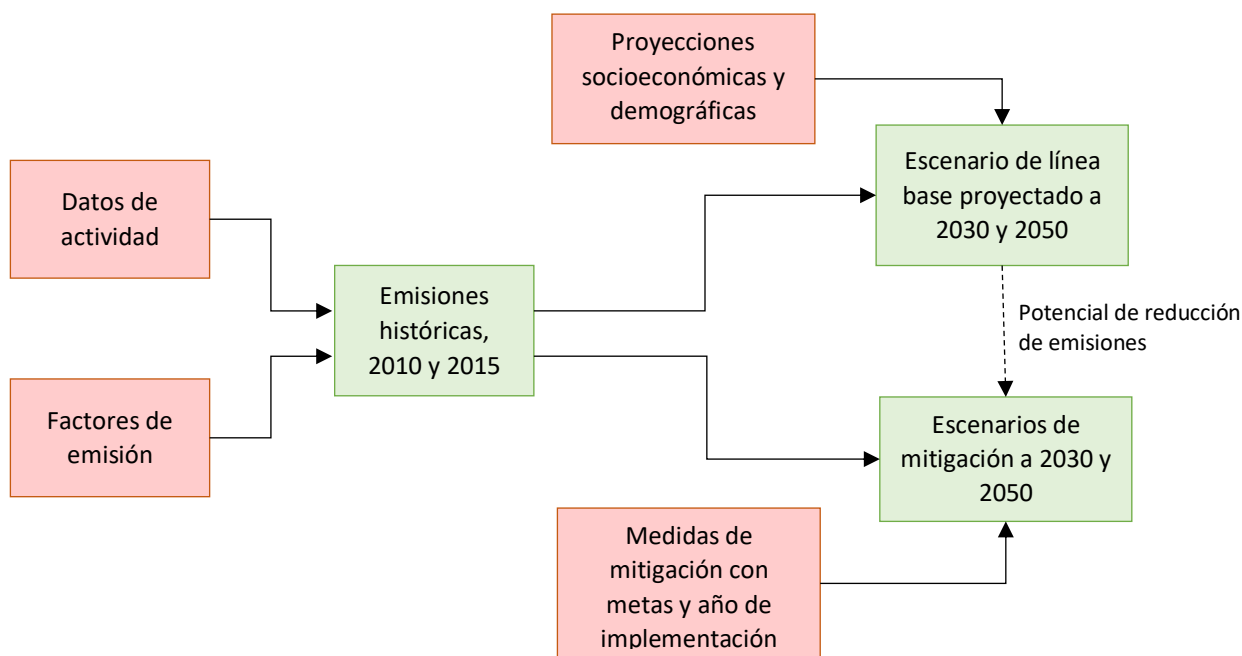
## 3.2 Análisis del potencial de reducción de las emisiones de metano de las principales políticas y medidas

### 3.2.1 Sector de agricultura y residuos

La evaluación de las medidas de mitigación de metano tiene el objetivo de identificar cómo las políticas y acciones podrían contribuir a la reducción de emisiones de metano en la República Argentina. Esta evaluación se basa en el inventario actualizado de emisiones de Nivel 2 descrito en la Sección 2.2. El análisis de mitigación del metano se realizó en tres etapas, con el fin de estimar la efectividad de diversas políticas y medidas para reducir tanto las emisiones de metano como de otros gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos (véase el anexo técnico 1 para el detalle metodológico del sector agricultura y residuos).

La Figura 10 presenta el marco general de modelización. El resultado de cada etapa del análisis (representado en recuadros verdes) es la estimación de las emisiones de metano para un período y escenario específicos.

Figura 10 Marco general de modelización utilizado para desarrollar la evaluación integral de las medidas de mitigación de metano



Fuente: Elaboración propia

Los pasos metodológicos desarrollados fueron los siguientes:

**Paso 1:** **Estimación de las emisiones históricas de metano en la República Argentina:** Para entender en qué medida las acciones de mitigación podrían mejorar la calidad del aire a escala local y regional y mitigar el cambio climático, primero es necesario comprender la magnitud de las emisiones de los contaminantes que contribuyen a ambos problemas, y entender la contribución de las principales fuentes de emisiones de los diferentes contaminantes, incluyendo el metano. De este modo se identifican los sectores con mayores emisiones de contaminantes clave y, por tanto, los principales objetivos de mitigación. También en esta fase se identifican los sectores fuente de emisiones objetivo que emiten metano, en los que las medidas de mitigación podrían contribuir simultáneamente a la reducción de múltiples contaminantes. En esta sección, los sectores fuente clave para los que se estimaron las emisiones históricas (y futuras,

véanse los pasos 2 y 3) incluían las principales fuentes de metano, incluida la agricultura, y los residuos. Las fuentes de emisión incluyen todas las categorías de fuentes agrícolas y de residuos, como se describe en el capítulo 2 y en el anexo técnico. Las fuentes de emisión se agruparon según las categorías de fuentes del IPCC.

**Paso 2:** **Estimar las emisiones futuras del escenario de referencia:** Durante las últimas décadas, las emisiones de metano en la República Argentina han cambiado debido al desarrollo de la producción y el consumo que ha resultado en un mayor consumo de combustible, producción de carne y cultivos, generación de residuos, etc. A medida que la población del país crece y su economía se desarrolla, es probable que las emisiones aumenten si no se aplican políticas para reducirlas. Un escenario de referencia, también conocido como escenario de línea de base (BAU), está diseñado para estimar cómo podrían cambiar las emisiones en el futuro debido a la evolución de las tendencias socioeconómicas, y sin que se apliquen políticas de mitigación. Su objetivo es servir de referencia para comparar la reducción de emisiones derivada de la aplicación de políticas y medidas específicas. La hipótesis de referencia proporciona, por tanto, la base para evaluar la eficacia de las distintas políticas y medidas, al proyectar los niveles de emisión que podrían alcanzarse sin su aplicación.

Para desarrollar el escenario de línea de base, cada variable de actividad utilizada en el desarrollo de las estimaciones de emisiones históricas se proyectó hacia el futuro, y el cálculo de las emisiones, utilizando la Ecuación 1, se repitió basándose en las variables de actividad proyectadas. En este contexto, el período de los escenarios futuros fue 2022-2050, con 2030 (el año final para la implementación de la NDC) y 2050 elegidos como puntos de cálculo. Los supuestos utilizados para proyectar las variables de actividad se basaron en proyecciones de variables socioeconómicas clave, como la población y el Producto Interior Bruto (PIB). En el anexo técnico se ofrece una descripción completa de los datos utilizados para proyectar las emisiones.

$$\text{Emisiones} = \text{Actividad} \times \text{Factor de emisión} \text{ (Ecuación 1)}$$

**Paso 3:** **Estimación del potencial de reducción de emisiones derivado de la aplicación de políticas y medidas priorizadas:** Además del escenario de referencia descrito anteriormente, los escenarios futuros modelados reflejan la aplicación de diferentes políticas y medidas específicas, que están diseñadas para reducir las emisiones de metano. El tercer paso de esta evaluación consiste pues en identificar las políticas y medidas que podrían reducir dichas emisiones y cuantificar su potencial de mitigación para así establecer un objetivo de reducción. Para ello, se identificaron políticas y medidas a partir de una revisión de los planes, estrategias y políticas actuales, con el fin de conocer las reducciones de emisiones logradas a partir de la aplicación de los planes y estrategias existentes. En segundo lugar, se identificaron políticas y medidas adicionales que no están incluidas actualmente en los planes y estrategias de la República Argentina a partir de evaluaciones internacionales para comprender en qué medida su aplicación en el país podría reducir eficazmente las emisiones de metano.

De acuerdo con el listado completo de medidas de mitigación, se realizó una priorización en función de la posibilidad de implementación de estas a lo largo del período de estimación (2030 a 2050). En esta fase, las medidas consideradas tuvieron en cuenta la premisa que un criterio para su selección debía ser no provocar restricciones en el desempeño de las actividades productivas y su crecimiento, siguiendo las

orientaciones que a tal efecto ha provisto el gobierno nacional, en el marco de las políticas públicas en vigor.

Para su modelación, cada medida de mitigación debe ser descripta con el suficiente detalle como para que tuviera un objetivo (es decir, un nivel de aplicación) y un plazo en el que se podría alcanzar dicho objetivo, de modo que su potencial de reducción de las emisiones de metano, en comparación con el escenario de línea de base, pudiera ser incluida en la evaluación. Cada medida de mitigación se modeló primero individualmente para comprender cómo podría reducir las emisiones cada una de las medidas si se las aplicara de forma aislada.

Los distintos escenarios de mitigación se agruparon en dos categorías de medidas, para poder evaluar el efecto de la aplicación de un grupo de medidas de mitigación, teniendo en cuenta las interacciones entre las distintas acciones de mitigación (por ejemplo, el efecto global de la mejora en la productividad animal con la disminución en la generación de residuos orgánicos). Las medidas se agruparon en dos escenarios que reflejan las medidas incluidas para la mitigación en la producción agrícola y las del sector de residuos.

Las medidas de mitigación seleccionadas se eligieron por consistencia inicial con las identificadas en la NDC y el PNAyMCC para alcanzar su objetivo de mitigación de gases de efecto invernadero.

Se han hecho supuestos para representar el logro ambicioso de todas las medidas de la NDC y el PNAyMCC mediante la identificación de medidas específicas y objetivos de informes internacionales, así como las fechas de implementación.

A continuación, se presentan los principales resultados de la priorización y evaluación (Véase el anexo técnico para más detalles).

Tabla 6 Medidas de mitigación incluidas en el análisis de mitigación de metano

Sector	Subsector	Tipo de medida	Medida	Descripción	Referencia	Meta	Periodo de implementación - Escenario conservador	Periodo de implementación - Escenario de mayor ambición
Agricultura	Ganadería	Salud animal	Mejoramiento de la salud animal del ganado bovino	Reducir la tasa de mortalidad	FAO (2023): <a href="https://www.fao.org/3/cc2468en/cc2468en.pdf">https://www.fao.org/3/cc2468en/cc2468en.pdf</a>	Reducción de la tasa de mortalidad de los animales al valor «óptimo» internacional, es decir, al 8% para el ganado lechero y al 10% para el vacuno de carne.	2040	2030
Agricultura	Ganadería	Cría de ganado	Incremento de la productividad animal: producción de carne	El aumento de la producción de carne por: aumento de la relación vaca-ternero (media nacional 63%) y valor HCW (media nacional 225 kg).	<a href="http://www.aapa.org.ar/rapa/39/2/16614-Feldkamp%20Cap%207.pdf">http://www.aapa.org.ar/rapa/39/2/16614-Feldkamp%20Cap%207.pdf</a>	Obtener el 70% en la relación vaca-ternero y 250 kg de HCW (escenario posible) - Obtener el 75% en la relación vaca-ternero y 275 kg de HCW (escenario de mejora total)	2040	2030
Agricultura	Ganadería	Optimización del alimento	Aumentar la productividad y 2) digestibilidad del forraje incrementando las leguminosas	Aumentar el rango de forraje y tierras naturales de acuerdo con el ganado. Verificar los períodos invernales con el equilibrio adecuado (ganado/forraje). Incrementar la proporción de leguminosas en las explotaciones.	Segunda NDC, PNAyMCC y criterio de expertos		2050	2040
Agricultura	Ganadería	Optimización del alimento	Intensificación del manejo de pasturas y del pastoreo	Aumentar la calidad de la pastura y la ingesta de materia orgánica digestible. Manejar la altura del pasto y el pastoreo rotativo	Segunda NDC, PNAyMCC y criterio de expertos	Debería alcanzar el 80% del manejo extensivo en el área extrapampeana, excluyendo las áreas MBGI debido a los requisitos legales.	2040	2030
Agricultura	Ganadería	Gestión del estiércol	Incorporación o inyección de estiércol, Calendario de aplicación del estiércol	Esta medida evitaría el almacenamiento y se aplicaría directamente a los campos, evitando las emisiones de metano. Existen restricciones legales a nivel subnacional. Sin embargo, en el futuro, deberían tratar de resolverse. Los beneficios de usar estiércol en	Segunda NDC, PNAyMCC y criterio de expertos	Implementación en el 80% de las explotaciones	2050	2040

Sector	Subsector	Tipo de medida	Medida	Descripción	Referencia	Meta	Periodo de implementación - Escenario conservador	Periodo de implementación - Escenario de mayor ambición
				lugar de fertilizantes están siendo conocidos por los productores				
<b>Agricultura</b>	Ganado lechero	Manipulación del rumen.	Inhibidor químico 3-NOP, ionóforos, taninos, algas marinas que contienen bromoformo y otras algas marinas.	La limitación es la relación costo/beneficio. Los otros problemas están resueltos (manejo, dietas, rutinas, genética, etc.)	Segunda NDC, PNAyMCC y criterio de expertos	Aproximadamente el 50% de la leche producida podría obtenerse con sistemas de bajo metano.	2040	2030
<b>Agricultura</b>	Ganado lechero	Gestión del estiércol	Separación sólido-líquido.	Actualmente no se aplica debido a que los beneficios no están identificados ni cuantificados y porque no hay una motivación para hacerlo (a nivel regulatorio y de política).	Segunda NDC, PNAyMCC y criterio de expertos	Implementación en el 50% de los tambos	2050	2040
<b>Residuos</b>	Residuos sólidos	Reducción de residuos	Reducir la generación de residuos.		Segunda NDC, PNAyMCC y criterio de expertos		2040	2030
<b>Residuos</b>	Residuos sólidos	Separación en la fuente, recogida diferenciada y tratamiento (compostaje, reciclaje, digestión anaeróbica).	Desplazar residuos sólidos orgánicos para compostaje.	Desplazar residuos orgánicos de los vertederos al compostaje	Segunda NDC, PNAyMCC y criterio de expertos	El 50% de los residuos orgánicos se desvía al compostaje.	2040	2040
<b>Residuos</b>	Residuos sólidos	Separación en la fuente, recogida diferenciada y tratamiento (compostaje, reciclaje, digestión anaeróbica).	Reciclaje de papel.	Reciclaje de papel.	Segunda NDC, PNAyMCC y criterio de expertos		2040	2030

Sector	Subsector	Tipo de medida	Medida	Descripción	Referencia	Meta	Periodo de implementación - Escenario conservador	Periodo de implementación - Escenario de mayor ambición
<b>Residuos</b>	Residuos sólidos	Separación en la fuente, recogida diferenciada y tratamiento (compostaje, reciclaje, digestión anaeróbica).	Digestor anaerobio para la producción de biogás	El digestor anaeróbico produce biogás que puede utilizarse para generar energía o como combustible	Segunda NDC, PNAyMCC y criterio de expertos		2040	2030
<b>Residuos</b>	Residuos sólidos	Vertederos / rellenos sanitarios	Recolección de gas de vertedero y quema.	Capturar el gas de vertedero en todos los vertederos gestionados	Segunda NDC, PNAyMCC y criterio de expertos		2050	2040

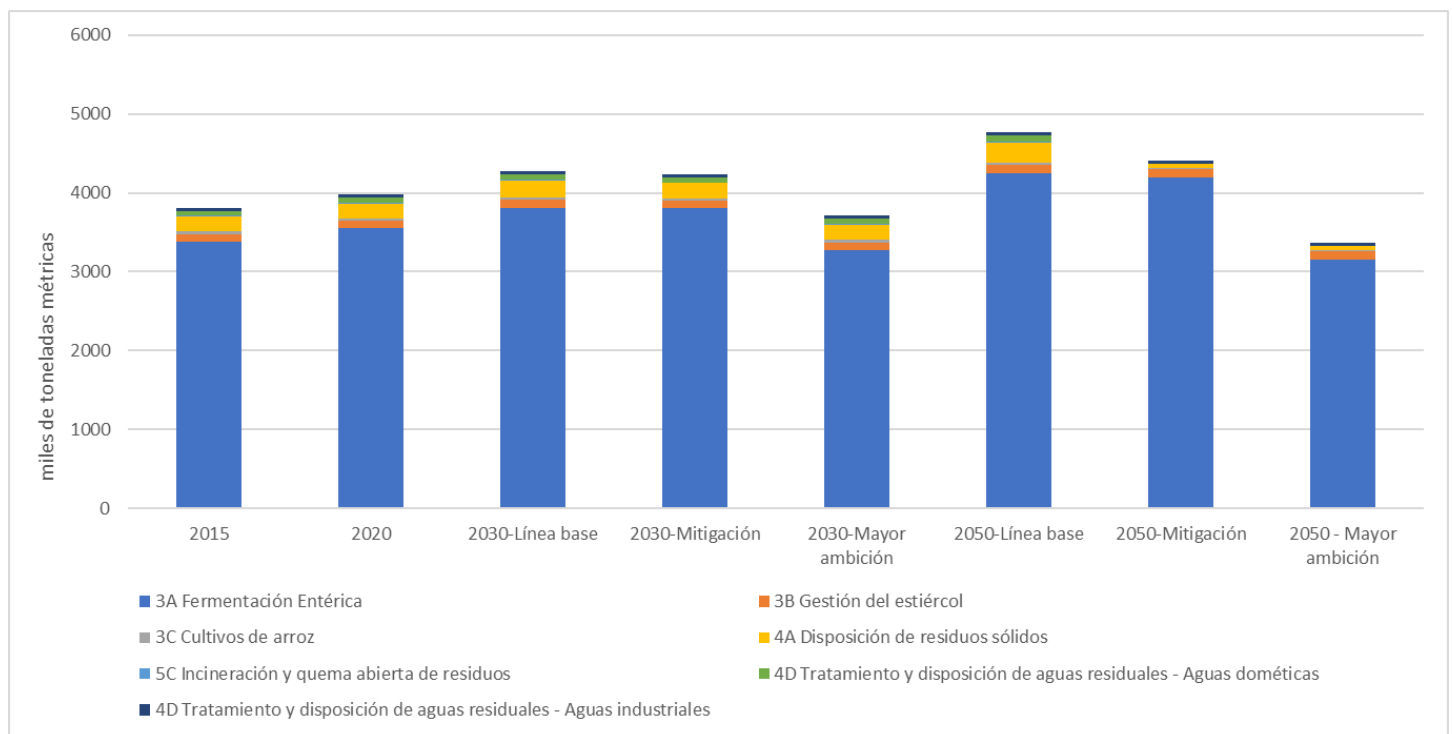
Fuente: Elaboración propia

## Resultado clave #1: Las emisiones estimadas de metano de Nivel 2 podrían variar significativamente en el inventario de GEI en Argentina

En esta evaluación se confirma que los sectores de agricultura y residuos tienen una alta contribución a las emisiones totales de metano, en línea con lo señalado en el inventario nacional de emisiones de GEI ya analizado en la Sección 2.1. No obstante, las emisiones del sector de residuos son considerablemente menores en comparación con las del INGEI, lo que coloca al sector AFOLU como la principal fuente de emisiones de metano, en lugar del sector de residuos. Según esta evaluación actualizada, en 2020 el metano proveniente del sector agrícola representó el 80% de las emisiones de metano de estos dos sectores, mientras que el sector de residuos contribuyó con el 20%.

Para abordar esta discrepancia, se recomienda realizar una evaluación oficial de emisiones de metano de Nivel 2, con recopilación de datos locales siempre que sea posible. Esta acción está contemplada en el módulo 2 (véase capítulo 3).

Figura 11 Emisiones de metano en 2020, 2030 y 2050 para los escenarios de línea base (BAU) y mitigación (conservador y de mayor ambición) (Miles de toneladas de CH<sub>4</sub>)



Fuente: Elaboración propia en base a los modelos desarrollados

Tabla 7 Emisiones de metano en 2015, 2020, 2030 y 2050 para los escenarios de línea base y de mitigación (conservador y de mayor ambición) (resultados en miles de toneladas de CH4)

Sector	2015	2020	2030 Línea Base "BAU"	2030 Mitigación – conservador	2030 Mitigación – mayor ambición	2050 Línea Base "BAU"	2050 Medidas conservador	2050 Medidas mayor ambición
3A Fermentación Entérica	3.384	3.548	3.814	3.802	3.277	4.195	4.244	3.153
3B Gestión del estiércol	90	92	99	97	96	103	111	103
3C Cultivos de arroz	40	32	32	28	28	18	30	18
4A Disposición de residuos sólidos	186	193	211	195	195	56	255	56
4D Tratamiento y disposición de aguas residuales - Domésticas	11	11	13	6	6	0	15	0
4D Tratamiento y disposición de aguas residuales - Industriales	57	59	64	68	68	0	72	0
5C Incineración y quema abierta de residuos	34	40	41	41	41	43	43	43
<b>Total</b>	<b>3.802</b>	<b>3.976</b>	<b>4.274</b>	<b>4.236</b>	<b>3.710</b>	<b>4.415</b>	<b>4.770</b>	<b>3.373</b>

Fuente: Elaboración propia

## **Resultado clave #2: Sin medidas de intervención, las emisiones de metano podrían incrementarse considerablemente.**

En esta evaluación, se calcularon las emisiones de metano para el escenario de referencia (2022-2050), teniendo en cuenta los principales factores impulsores en la República Argentina. Este escenario base se utiliza como punto de partida para analizar las posibles medidas de mitigación.

Según las proyecciones, a medida que crezcan la población y el PIB, también aumentará la demanda de servicios energéticos, de alimentos y otros productos agrícolas. La Tabla 7 muestra que, entre 2020 y 2030, se espera un incremento del 7% en las emisiones de metano procedentes de la agricultura y los residuos, impulsado por el crecimiento poblacional, y un aumento del 20% en 2050 en ambos sectores conjuntamente respecto al 2030. Esta estimación subraya la necesidad de implementar políticas y medidas que limiten las emisiones de metano para reducirlas y cumplir con los objetivos de mitigación del cambio climático en la República Argentina.

### **Resultado clave #3: La implementación de políticas y medidas podría reducir las emisiones de metano en un 13% para 2030 y en un 29% para 2050 bajo el escenario de mayor ambición.**

Esta evaluación permite estimar el potencial adicional para mitigar el cambio climático y mejorar la calidad del aire mediante la reducción de emisiones de metano de acuerdo con las hipótesis de implementación de las medidas de mitigación y su temporalidad. En 2020, el metano representó cerca de un tercio de las emisiones totales de GEI (en toneladas de CO<sub>2</sub>-eq.) en el país, según el primer informe bienal de actualización. Además, considerando que el país ya hace parte del Compromiso Global de Metano (que busca reducir las emisiones globales de este gas en un 30% para 2030), y que según esta evaluación, si se implementan de manera conservadora las medidas propuestas en la tabla 6, al 2050 se podrían reducir las emisiones totales en un 7.5% bajo el escenario conservador, y una reducción del 29.2% bajo el escenario de mayor ambición en comparación con el escenario de línea de base.

De todas las medidas implementadas, las medidas de mitigación de metano en el sector de residuos tienen el mayor potencial de mitigación, representando cerca del 50% para el subsector de quema abierta de residuos. En el caso del sector agricultura el mayor potencial está dado por la fermentación entérica (14% en 2030 y 26% en 2050 bajo el escenario de mayor ambición) (Figura 11).

Para avanzar con estas acciones de mitigación del metano, se recomienda realizar un análisis más detallado que establezca objetivos y plazos apropiados a nivel nacional para cada medida. Este análisis requeriría la revisión de los objetivos y plazos establecidos en la Tabla 6, ajustándolos para alinearse con un objetivo de reducción de GEI actualizado. De esta manera, dichas medidas podrían integrarse en la próxima actualización de la NDC del país, lo que incrementaría su ambición climática al tiempo que apoyaría el cumplimiento de su compromiso bajo la promesa global de reducción de metano.

*Tabla 8 Acciones propuestas para mejorar la evaluación nacional de la mitigación del metano (Módulo 4)*

<b>No.</b>	<b>Acción</b>	<b>Descripción</b>	<b>Responsabilidad</b>	<b>Próximos pasos</b>
<b>1</b>	Trabajar con las entidades sectoriales para incluir acciones relativas al metano en los planes sectoriales.	Realizar una propuesta de integración de las acciones de mitigación de metano de cada sector incluidas en el capítulo 5 “Plan de implementación”	Secretaría de Medio Ambiente	<p>Crear mesas de trabajo para establecer un mecanismo para incorporar dichas acciones en los planes de acción sectoriales</p> <p>Aprovechar los espacios de divulgación (página web, canales oficiales en redes sociales, boletines, entre otros) para promover y visibilizar los resultados y logros de esta hoja de ruta con el fin de promover la integración en las entidades involucradas en la implementación de las acciones aquí incluidas en su gestión</p>
<b>2</b>	Actualizar el análisis LEAP con acciones de mitigación del metano para incluirlo en la NDC revisada, ampliando el análisis para incluir la evaluación de impactos y costo-beneficios	Establecer, a partir de los resultados de emisiones y el análisis de las medidas de mitigación incluidos en esta hoja de ruta, la subsecuente estimación del costo beneficio y los beneficios múltiples en términos de contaminantes climáticos de vida corta, en particular metano	Secretaría de Medio Ambiente	Establecer un mecanismo para realizar una evaluación de impactos y costo-beneficios por mitigación de metano alineada con la NDC 3.0 a ser publicada en 2025

No.	Acción	Descripción	Responsabilidad	Próximos pasos
3	Desarrollar actividades de formación y entrenamiento para las institucionales nacionales sobre cómo desarrollar y actualizar la evaluación de acciones de mitigación de metano.	Promover el uso de metodologías de cálculo y promover el uso de herramientas diseñadas para estimar el costo-beneficio y los beneficios múltiples en términos de reducción de emisiones de contaminantes climáticos de vida corta y sus impactos en la salud, rendimientos agrícolas, eficiencia energética, entre otros.	Secretaría de Medio Ambiente	Diseñar un programa de entrenamiento iniciando por las acciones de mitigación de metano incluidas en esta hoja de ruta y alineadas con la formulación de la NDC 2025.  Planificar talleres, reuniones, webinars, con el propósito de fortalecer capacidades de los actores involucrados inicialmente, a nivel sectorial, academia y otras instituciones de gobierno.
4	Integrar los resultados de la evaluación de la mitigación del metano en la NDC.	Establecer, a partir de los resultados de emisiones y el análisis de las medidas de mitigación incluidos en esta hoja de ruta y la subsecuente estimación del costo beneficio y los beneficios múltiples en términos de contaminantes climáticos de vida corta, metas en términos de mitigación de metano para ser incluidas en la próxima NDC (2025).	Secretaría de Medio Ambiente	Establecer un mecanismo para realizar incluir una meta de mitigación (junto con las acciones de mitigación evaluadas en esta hoja de ruta) de metano en la NDC3.0 a ser publicada en 2025

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2 Sector Petróleo y Gas.

El sector de petróleo y gas es el sector con el mayor potencial de mitigación de metano a nivel global (UNEP & CCAC, 2021). En un estimado global que realiza la IEA (2024), la adopción de tecnologías y mejores prácticas en el sector resultaría en la mitigación de alrededor del 77% de las emisiones globales de metano del sector con 52% mitigado a un costo neto negativo.<sup>47</sup> Esto se debe a la posibilidad de implementar tecnologías y medidas inmediatamente y a los beneficios económicos que superan a sus costos de implementación debido al valor del metano en la industria.

Como se mencionó en la sección 2.2.2 y conforme a lo reportado en el Quinto Informe Bienal, el sector de petróleo y gas de Argentina representa un 96% del total de emisiones de metano del sector de energía. A pesar de no existir medidas específicas para el sector en la NDC, una de las medidas que aportará para el logro de la meta general del compromiso es la implementación de la Resolución 970 que incluye medidas para reducir las emisiones fugitivas de metano. Adicionalmente, la publicación e implementación de regulaciones a nivel nacional y provincial contribuirá al cumplimiento de la meta general de la NDC. Los impactos de los esfuerzos regulatorios, como la Resolución 970, se pueden estimar mediante CoMAT e incluir como metas climáticas del país para este sector.

CoMAT permite estimar el potencial de reducción de regulaciones mediante la aplicación hipotética de acciones de mitigación en la cadena de producción de hidrocarburos. Estas acciones de mitigación se fundamentan en un análisis de las mejores prácticas incluidas en políticas y regulaciones líderes a nivel mundial en mitigación de metano incluyendo normativas nacionales y subnacionales de Estados Unidos, Canadá, México, y otros países.

En general, las acciones de mitigación incluyen medidas de inspección y detección, reparación de fugas, actualización de equipos y mejores prácticas operativas, así como el monitoreo, mantenimiento de registros, y presentación de informes

<sup>47</sup> Referirse al Methane Tracker de 2024 en el siguiente enlace: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/methane-tracker>

anuales según sean requeridos por parte del regulador (CATF, 2024a). Para mayor detalle de estas medidas referirse al compendio de las regulaciones líderes preparado por CoMAT.<sup>48</sup>

En general, para *upstream* y *midstream*, se pueden destacar algunas mejores prácticas referentes a la detección y reparación de fugas (LDAR por sus siglas en inglés), actualización de equipos e infraestructura para reducir emisiones, medidas de optimización de los procesos y de eficiencia energética, y generar cambios de cultura corporativa. Los programas LDAR, implican realizar inspecciones periódicas y monitorear la infraestructura utilizando tecnologías como cámaras infrarrojas y analizadores de gas, lo que permite identificar y reparar rápidamente las fugas (EPA, 2014). Estos programas son ampliamente utilizados como medidas en las regulaciones de los países (por ejemplo, Estados Unidos, México, Canadá, Nigeria) y por empresas del sector.

El estándar internacional para los programas LDAR, típicamente incluye:

- Realizar inspecciones trimestrales en todos los equipos y componentes de la industria,
- Realizar las reparaciones dentro de los 5 días hábiles después de la detección, excepto aquellas reparaciones que requieran apagar el equipo.
- Monitorear que se hayan reparado las fugas dentro de 15 días después de la detección,
- Realizar un informe anual con todas las actividades del programa LDAR para su evaluación por parte de la entidad reguladora<sup>49</sup>.

Implementar un programa LDAR de manera trimestral puede resultar en una reducción aproximada del 80% del total de las fugas en toda la cadena de valor de la industria.

Actualizar los equipos en la industria del petróleo y gas es otra medida fundamental para reducir las emisiones de metano. Esto incluye:

- Instalación de unidades de recuperación de vapores (URV),
- Modernización de compresores con tecnologías de bajas emisiones
- Instalación de dispositivos de monitoreo y control en sistemas de almacenamiento

Por ejemplo, la producción de petróleo crudo y condensado en tanques de almacenamiento a presión atmosférica genera emisiones de metano a baja presión. Las URV capturan las emisiones de los tanques y de diversas fuentes, incluyendo la limpieza de tuberías, compresores y deshidratadores. El uso de URV ofrece ahorros económicos significativos al capturar gas natural, líquidos de gas natural y otros hidrocarburos (EPA, 2024).

Las medidas de optimización de procesos y de eficiencia energética también juegan un papel crucial en la reducción de emisiones de metano. Por ejemplo, la instalación de infraestructura para el aprovechamiento del gas asociado a la extracción de petróleo puede permitir aprovechar económicamente este recurso, que de otro modo se desperdicia en venteo o quema. Con esto, el gas asociado almacenado puede ser vendido, o puede ser usado para generar electricidad

---

<sup>48</sup> CATF. (2023). *Compendio de las principales regulaciones y estándares de emisiones para contaminantes atmosféricos y climáticos de las operaciones de petróleo y gas natural*. [https://cdn.catf.us/wp-content/uploads/2021/04/26161432/politicas-principales-de-reduccion-de-metano-para-operaciones-de-petroleo-y-gas-natural.pdf?\\_gl=1\\*1rz0czs\\*\\_gcl\\_au\\*MTUwNzQwODIxNS4xNzQxODc5NjE2\\*\\_ga\\*R0ExLjEuOTk4MTc5MjYyMTc0MTg3OTYxNg.\\*\\_ga\\_88025VJ2M0\\*MTc0MjA3NTQ1OC4yLjAuMTc0MjA3NTQ4MC4wLjAuNzY4OTc0NDg\\*\\_fplc\\*Q2dxQ1NzQUxmaUg3QzVVVkhzaTNhTIVKcUpBTHFjWWI1Vv80RXNITzdXdzRRzhrUTdldUtQZWt4WWMycVEwbEd3Z3FXa2JFS3RhS0Q5M3d6MDJtQ3l3diUyRjN6JTJGQmdNbVJUWU0NWhucFI6dTAWRVhZRVNPZ3MzcHhBUmlMZyUzRCUzRA](https://cdn.catf.us/wp-content/uploads/2021/04/26161432/politicas-principales-de-reduccion-de-metano-para-operaciones-de-petroleo-y-gas-natural.pdf?_gl=1*1rz0czs*_gcl_au*MTUwNzQwODIxNS4xNzQxODc5NjE2*_ga*R0ExLjEuOTk4MTc5MjYyMTc0MTg3OTYxNg.*_ga_88025VJ2M0*MTc0MjA3NTQ1OC4yLjAuMTc0MjA3NTQ4MC4wLjAuNzY4OTc0NDg*_fplc*Q2dxQ1NzQUxmaUg3QzVVVkhzaTNhTIVKcUpBTHFjWWI1Vv80RXNITzdXdzRRzhrUTdldUtQZWt4WWMycVEwbEd3Z3FXa2JFS3RhS0Q5M3d6MDJtQ3l3diUyRjN6JTJGQmdNbVJUWU0NWhucFI6dTAWRVhZRVNPZ3MzcHhBUmlMZyUzRCUzRA).

<sup>49</sup> Clean Air Task Force (CATF) (2023). *Compendio de las principales regulaciones y estándares de emisiones para contaminantes atmosféricos y climáticos de las operaciones de petróleo y gas natural*.

propia en el sitio. El reemplazo de antorchas por equipos con una eficiencia de destrucción de al menos el 98%, es otra medida que ayuda a controlar significativamente el venteo de metano.

Adicionalmente, se considera que fomentar una cultura corporativa que priorice la reducción de emisiones de metano es esencial para el éxito a largo plazo de estas medidas. Iniciativas como “ver algo, decir algo” para reportar problemas de fugas o fallas, y sesiones periódicas de capacitación a los empleados de las empresas pueden tener un impacto significativo en la reducción de metano. Sin embargo, los impactos del cambio de cultura corporativa no se cuantifican utilizando la herramienta CoMAT.

De forma más específica, en la Tabla 9 se presentan las acciones de mitigación y los supuestos propuestos por CATF en CoMAT para el análisis de reducción de emisiones de Argentina en 2022. Para mayor detalle de las medidas y potencial de reducción de emisiones referirse al apéndice C de la metodología de CoMAT.<sup>50</sup>

*Tabla 9 Medidas de mitigación consideradas en el análisis CoMAT para Argentina en 2022*

<b>Fuente de emisión</b>	<b>Mejores Prácticas</b>	<b>Supuesto</b>	<b>Potencial de mitigación</b>
Fugas	<p>Programa de detección y reparación de fugas (LDAR por sus siglas en inglés) que al menos considere:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspecciones trimestrales de todos los equipos utilizando cámaras infrarrojas y/o analizadores de gas.</li> <li>• Reparaciones en 5 días hábiles (excepto cuando se requiera paro de instalación).</li> <li>• Inspecciones de seguimiento dentro de 15 días para verificar las reparaciones.</li> <li>• Reporte anual a las autoridades regulatorias para evaluación del cumplimiento.</li> </ul>	Inspecciones trimestrales	80%
Venteo y quema de gas asociado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Restricciones para el venteo y la quema a situaciones específicas, incluyendo por una emergencia, y pruebas de pozo para las cuales el operador debe, generalmente, obtener un permiso del regulador.</li> <li>• Prohibir la quema de gas asociado en antorcha, salvo en situaciones enumeradas (ver documento de Políticas Líderes de CATF).</li> <li>• Mejorar la eficiencia de la antorcha a al menos 98%.</li> <li>• Garantizar que las antorchas permanezcan encendidas en todo momento y que el operador sea notificado de inmediato si se apagan (incluyendo el uso de encendido automático o piloto continuo y sistema de alarma).</li> </ul>		98%
Controladores neumáticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalaciones nuevas: Prohibir el venteo de controladores neumáticos mediante el uso de tecnologías de controladores de cero purga (eléctricos o con aire comprimido) o mediante la canalización de emisiones hacia un sistema de recolección de vapores que las capture.</li> <li>• Instalaciones existentes: En un plazo de cinco años, los operadores deberán readecuar los controladores neumáticos de venteo instalando tecnologías de controladores de cero</li> </ul>		94%

<sup>50</sup> Clean Air Task Force (CATF) (2025). *CoMAT Methodology*. [https://cdn.catf.us/wp-content/uploads/2024/09/21114432/CoMAT\\_Methodology\\_V2.pdf](https://cdn.catf.us/wp-content/uploads/2024/09/21114432/CoMAT_Methodology_V2.pdf)

	emisiones o mediante su conexión a un sistema de recolección de vapores.	
Compresores alternativos	-Prácticas de mantenimiento (e.g., aumentando la frecuencia de reemplazo de los empaques de vástago). -Uso de equipos para captura de gas.	95%
Tanques	Requerir el uso de unidades de recuperación de vapores para capturar el gas, que de otro modo sería venteado, y reintroducirlo en el sistema. En los casos en que la recuperación de vapores no sea factible, requerir el uso de una antorcha.	92%
Compresores centrífugos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reemplazar los compresores de sello húmedo por compresores de sello seco.</li> <li>Requerir a los operadores a que canalicen las emisiones de las unidades de desgasificación de petróleo a un sistema de recolección de vapores (incluyendo la redirección de las emisiones a la entrada del compresor) o a un dispositivo de combustión (e.g., antorcha).</li> </ul>	95%
Bombas neumáticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instalaciones nuevas: Prohibir el venteo de bombas neumáticas mediante el uso de tecnologías de cero purga (eléctricas o con aire comprimido) o canalizando las emisiones hacia un sistema de recolección de vapores.</li> <li>Instalaciones existentes: En un plazo de cinco años, se deberán adecuar las bombas neumáticas de venteo con la instalación de tecnologías de control de cero emisiones o canalizar las emisiones a un sistema de recolección de vapores.</li> </ul>	95% del total de las bombas neumáticas son eléctricas
Terminaciones y mantenimiento de pozos	Exigir el uso de tecnologías de "reducción de emisiones en la terminación", que permite capturar el gas en lugar de ventearlo. En los casos en que esta tecnología no sea viable, se debe requerir la quema en antorcha en lugar del venteo.	91%
Descarga de líquidos	Reducción de emisiones durante la descarga de líquidos mediante presión diferencial y sistemas de captura de gas.	95%
Deshidratadores	Instalación de unidades de recuperación de vapores para capturar el gas venteado.	80%

Fuente: Plan de Mitigación para Argentina desarrollado por CoMAT.

Para cuantificar el potencial de reducción en Argentina, CoMAT utiliza el inventario generado por la misma herramienta y evalúa acciones de mitigación en 10 de las 14 fuentes de emisión en equipos (ver Tabla 9).<sup>51</sup>

### **Resultado clave #1: Implementar mejores prácticas en el sector de petróleo y gas permitiría reducir las emisiones en cerca de un 50%**

CoMAT estima que al implementar mejores prácticas en el 2022 se hubieran podido mitigar 433 kt de las 884 kt generadas de metano, es decir el 49% de las emisiones. En la Figura 12 y la Tabla 10 se presenta el potencial de reducción por fuente de emisión para mayor detalle. De las 13 fuentes de emisión principales evaluadas, 7 fuentes tienen un potencial de

<sup>51</sup> Para las cuatro fuentes de emisión restantes (combustión en equipos, otras fuentes, producción costa afuera y venteo de purga), no fue posible calcular su potencial de reducción en este análisis debido a la alta incertidumbre sobre el impacto de las acciones de mitigación.

reducción por encima del 90%, y 3 fuentes por encima del 80%. La mayor oportunidad de mitigación se presenta en el venteo y quema de gas asociado donde se podrían reducir hasta 205 kt.

Figura 12 Potencial de reducción de metano para el sector de petróleo y gas de Argentina por fuente de emisión en 2022



Fuente: Estimado con la herramienta CoMAT de CATF

Tabla 10 Potencial de reducción de metano para el sector de petróleo y gas de Argentina por fuente de emisión

Fuente de emisión	Emisiones de metano generadas (kt)	Potencial emisiones reducidas (kt)	Potencial de reducción (% del total)	Emisiones restantes (kt)
Venteo y quema de gas asociado	208,0	205	98%	3,5
Combustión en equipos	167,1	0,0	0%	167,0
Otros	154,6	0,0	0%	154,5
Fugas	151,5	121,2	80%	30,2
Producción Costa Afuera	77,3	0,0	0%	77,3
Controladores neumáticos	41,5	39,2	94%	2,3
Compresores alternativos	32,9	31,3	95%	1,6
Tanques	20,5	18,9	92%	1,6
Venteo de purga	10,4	0,0	0%	10,3
Compresores centrífugos	9,3	8,8	95%	0,4
Bombas neumáticas	4,7	3,7	80%	0,9
Terminaciones de pozos y mantenimientos	3,7	3,4	90%	0,3
Descargas de líquidos	1,6	1,6	95%	0,0
Deshidratadores	0,8	0,6	80%	0,1
<b>Total</b>	<b>883,7</b>	<b>433,0</b>	<b>49%</b>	<b>450,6</b>

Fuente: Estimado con la herramienta CoMAT de CATF

Este análisis demuestra que el sector de hidrocarburos en Argentina posee un considerable potencial de reducción de emisiones de metano. La implementación de las políticas y prácticas sugeridas por CoMAT podría constituir un recurso valioso para respaldar la planificación de medidas y establecer metas concretas de reducción de emisiones de metano en Argentina para el sector de hidrocarburos en la actualidad y en los escenarios de futuro de 2030 o 2050.

***Resultado clave #2: Sin medidas de intervención, las emisiones de metano de petróleo y gas podrían incrementarse considerablemente (+58%) de 2022 a 2030.***

Para el análisis de proyecciones de emisiones de metano en el sector de petróleo y gas de Argentina de 2030, 2040 y 2050 se consideraron dos escenarios. El primero, estima las emisiones de metano en un escenario del negocio tradicional enfocado en las tendencias de producción sin considerar medidas de mitigación (BAU, business as usual). El segundo escenario considera las mismas tendencias de producción, pero considera medidas de mitigación de metano en el sector que son recomendadas por CATF en su herramienta CoMAT (las mismas que se utilizan en el análisis de mitigación, ver Tabla 9) y que permiten reducir las emisiones de metano de forma significativa.

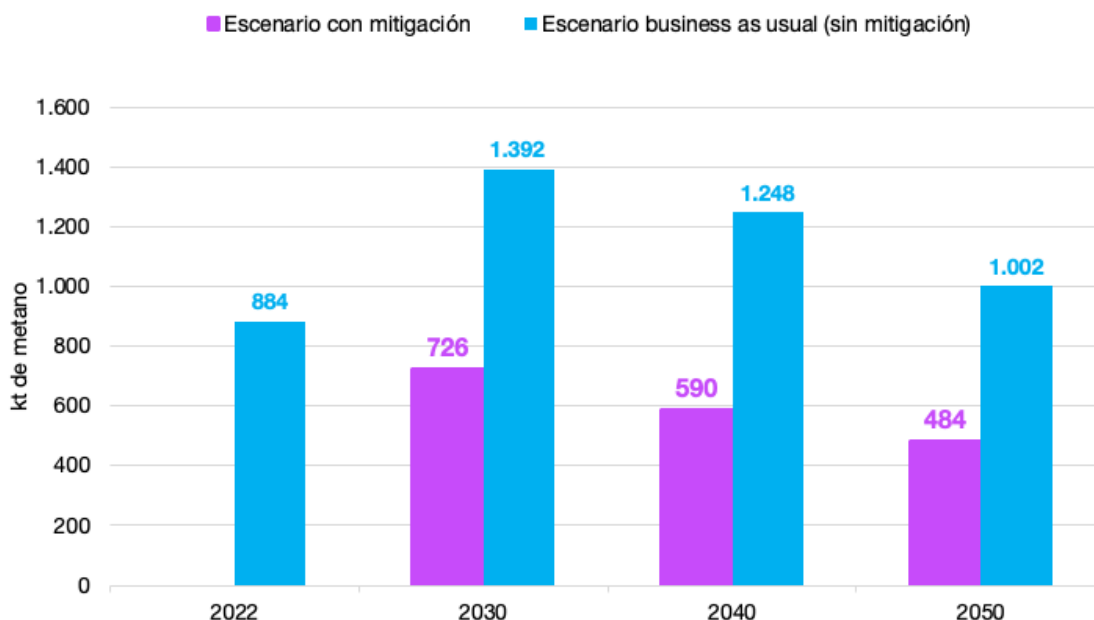
Para estimar las emisiones de metano que se generarían en el 2030 se utilizaron como insumo principal de información las proyecciones de producción convencional, producción no convencional, número de pozos tanto para petróleo como de gas, y consumo final doméstico de gas del estudio “Escenarios Energéticos 2030” que publicó la Secretaría de Energía (2019). Adicionalmente para los años 2040 y 2050 se utilizaron estimaciones de producción de ambos hidrocarburos de la empresa de investigación e inteligencia energética Rystad Energy (2024).<sup>52</sup> El estudio de la Secretaría de Energía destaca el desarrollo de formaciones no convencionales, dado el significativo potencial del país de estos recursos. El estudio proyecta que, para 2030, la producción no convencional de gas natural podría alcanzar aproximadamente el 75% del total y la de petróleo el 71%. Dado que las emisiones de metano tienen una correlación con el nivel de producción, y que la información de la actividad de la industria sirve para la estimación de las emisiones, se adjunta en anexo el marco metodológico de los escenarios de producción de ambos hidrocarburos utilizados para las proyecciones.

En la Figura 13, se muestran los resultados de las proyecciones de metano de ambos escenarios. En el escenario de BAU se estima que las emisiones de metano en 2030 serían de 1.392 kt, esto significa un aumento del 58% de las emisiones con respecto a lo estimado en 2022 de 884 kt. Este incremento se explica principalmente por el considerable aumento en la producción no convencional de hidrocarburos en Argentina observado desde 2017 y que la Secretaría de Energía estima seguirá creciendo al 2030. Para 2040, las emisiones disminuyen en un 10% respecto a 2030, alcanzando un total de 1.248 kt, y de manera similar, para 2050 las emisiones se reducirían en un 20%, situándose en 1.002 kt. En el escenario BAU, las disminuciones de las emisiones para 2040 y 2050 responden a la caída natural de la producción proyectada de ambos hidrocarburos en pozos con reservas convencionales y a la reducción del número de pozos productivos. Al analizar las fuentes principales de emisión para los tres años estudiados se observa que las emisiones se concentran en tres fuentes: el venteo y quema de gas (30%), combustión en equipos (17%), y fugas de gas (13%).

---

<sup>52</sup> Rystad Energy es una empresa independiente de investigación e inteligencia energética, especializada en petróleo y gas, que proporciona a sus clientes datos, conocimientos y educación que les permiten tomar mejores decisiones.

Figura 13 Proyecciones de las emisiones de metano del sector de petróleo y gas de Argentina para 2030, 2040 y 2050



Fuente: Proyecciones de CATF

En el escenario con medidas de mitigación, las emisiones de metano en 2030 se podrían reducir en 48% a 726 kt en comparación con el escenario BAU. Las proyecciones para 2040 y 2050 indican una disminución similar, alcanzando 590 kt y 484 kt, respectivamente, con reducciones del 53% y 52%. Estos resultados reflejan una reducción potencial significativa de emisiones al implementar medidas de mitigación disponibles y de bajo costo en la industria, destacando su potencial para lograr una mejora a largo plazo.

**Resultado clave #3: Se puede alcanzar una reducción potencial significativa de emisiones al implementar medidas de mitigación disponibles y de bajo costo en la industria del petróleo y gas.**

Desagregando por tipo de fuente de emisión, el 90% de las reducciones de metano en este escenario se puede alcanzar al implementar medidas de mitigación en 4 fuentes: venteo y quema de gas (55%), fugas de gas (21%), compresores alternativos (9%), y compresores alternativos (5%). Las medidas de mitigación se explican en la Tabla 9 y para más información referirse al compendio de principales regulaciones de CATF (2024a).<sup>53</sup>

El análisis de las proyecciones de emisiones de metano en los escenarios planteados ofrece información clave para diseñar metas nacionales de mitigación ambiciosas y alcanzables. La comparación entre el escenario BAU y el de mitigación evidencia el impacto significativo que tienen las medidas de reducción de emisiones al corto y largo plazo, incluso bajo condiciones de alto crecimiento en la producción no convencional. Esto no solo subraya la importancia de adoptar

<sup>53</sup> Clean Air Task Force (CATF) (2024a). Compendio de las principales regulaciones y estándares de emisiones para contaminantes atmosféricos y climáticos de las operaciones de petróleo y gas natural. Obtenido de <https://cdn.catf.us/wp-content/uploads/2021/04/26161432/politicas-principales-de-reduccion-de-metano-para-operaciones-de-petroleo-y-gas-natural.pdf>

estrategias de mitigación costo-efectivas, sino que también refuerza la capacidad de Argentina para contribuir al cumplimiento de sus compromisos internacionales, como el Compromiso Global de Metano, y avanzar hacia una transición energética más sostenible.

Dado que las fuentes de emisión y potencial de mitigación se concentran en el venteo y quema de gas asociado, fugas en equipos, en controladores neumáticos, compresores alternativos, y tanques; se recomienda que las regulaciones nacionales y provinciales, junto con los proyectos de mitigación de las empresas contengan principalmente las siguientes medidas: optimización de equipos para controlar venteos y mejora de eficiencia de antorchas al 98%; la conversión de controladores neumáticos a sistemas de cero emisiones; el uso de equipos para captura de gas en compresores alternativos; y la instalación de tanques equipados con sistemas de recuperación de vapores, quemadores, y dispositivos de medición para garantizar un control efectivo de calidad y cantidad de fluidos.

Además, los resultados presentados pueden guiar a los esfuerzos nacionales para cumplir con las políticas de mitigación para el sector de petróleo y gas que se proponen en la PNAyMCC, fortaleciendo acciones como la implementación de tecnologías de eficiencia energética y el desarrollo de sistemas de monitoreo y reporte de emisiones en el sector de hidrocarburos. Estas estimaciones pueden respaldar las iniciativas regulatorias a nivel nacional como provincial demostrando los beneficios de incluir mejores prácticas de mitigación. Adicionalmente, Integrar estas proyecciones en la formulación de potenciales metas, como en una actualización de la NDC del país, permitirá a Argentina optimizar sus estrategias de mitigación y alcanzar reducciones significativas.

Finalmente, un enfoque integral y proactivo hacia la mitigación del metano, que regule e incentive al sector privado a combinar inversiones tecnológicas, con planes de mitigación y de capacitación, no solo es esencial para cumplir con los compromisos de reducción de metano de las empresas operadoras, sino que también constituye una estrategia inteligente desde el punto de vista empresarial. Este camino hacia una reducción efectiva de las emisiones de metano fortalecerá la posición de la industria en un mercado cada vez más consciente del clima, apoyando su viabilidad a largo plazo y su contribución a un futuro más limpio y seguro.

## 4 Módulo 3: Metas de reducción

La meta de mitigación de GEI incluida en la Segunda NDC de la República Argentina consiste en no superar la **emisión neta de 349 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO<sub>2e</sub>) en el año 2030**. La Segunda NDC tiene una meta absoluta, por lo que no se cuenta con un indicador de referencia. El indicador de seguimiento cuantitativo del progreso de la NDC serán las emisiones netas anuales reportadas en los subsiguientes Inventarios Nacionales de GEI. De acuerdo a este enfoque es complejo identificar que fracción de dicha meta de emisiones corresponde al metano (y a los otros GEI).

Al igual que muchos países que han presentado sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional, la República Argentina incluye el metano en su objetivo de mitigación del cambio climático dentro de la meta de reducción de gases de efecto invernadero (GEI). Esta inclusión estimula la reducción de las emisiones de metano, dado que cualquier disminución en estas emisiones apoyará el logro de los objetivos de mitigación del cambio climático que ha establecido el país.

Por el contrario, un aumento en las emisiones de metano dificultaría el cumplimiento de este objetivo, especialmente considerando la significativa participación de las emisiones de metano en el total de emisiones de gases de efecto invernadero del país (ver Secciones 2 y 3).

Sin embargo, la NDC de la República Argentina no especifica cómo se desagrega la mitigación del metano en relación con el objetivo general de mitigación del cambio climático, ni cómo contribuyen las medidas de mitigación específicas o los ejes de acción, así como tampoco especifica medidas dirigidas al metano, toda vez que las líneas estratégicas para la mitigación se incluyeron en el PNAyMCC, las cuales están alineadas a la meta de mitigación

La definición de los objetivos de mitigación del cambio climático está ya contenida en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional, por lo que no se establecerá un nuevo objetivo de mitigación relacionado con el metano en esta hoja de ruta. Por consiguiente, en esta hoja de ruta, se recomienda lo siguiente:

***Esta evaluación concluye que las políticas y medidas disponibles para reducir las emisiones de metano en los tres sectores son adecuadas. Además, indica que dichas políticas y medidas podrían alcanzar una reducción máxima en el año 2050 del 33% de las emisiones de metano respecto del escenario de línea base bajo un escenario de mayor ambición.***

En 2025, la República Argentina debe presentar una Contribución Determinada a Nivel Nacional actualizada, como parte de los compromisos de información que surgen del Acuerdo de París. Esta NDC actualizada ofrecerá un nuevo objetivo de mitigación del cambio climático que se extenderá hasta 2035, y representa una oportunidad para dar mayores precisiones respecto del nivel de ambición que se propone en la reducción de las emisiones de metano dentro de los objetivos climáticos generales del país. Para ello, será necesario que las reducciones de emisiones de metano se cuantifiquen específicamente mediante una evaluación del potencial de mitigación de gases de efecto invernadero, como se resume en la Sección 3.2. En el caso que Argentina continúe planteando su meta en términos de unas emisiones netas para un año en particular, se recomienda que se especifique con precisión cuanto de estas reducciones corresponden al metano.

El objetivo de reducción de emisiones de metano (o de emisiones máximas), si se especificara en la NDC actualizada, debe comunicarse en términos de reducciones de emisiones en unidades de masa, a la vez que es necesario proporcionar información suficiente que permita comparar este objetivo con el Compromiso Global de Metano. En particular, se

deberían incluir las emisiones de metano del año 2020, así como las emisiones previstas en la República Argentina tras alcanzar el objetivo establecido.

*Tabla 11 Acciones para mejorar las estimaciones nacionales de emisiones de metano (Módulo 1)*

<b>No.</b>	<b>Acción</b>	<b>Descripción</b>	<b>Responsable</b>	<b>Pasos siguientes</b>
<b>1</b>	Incluir el objetivo de reducción de emisiones de metano en la actualización de la NDC de 2025	Establecer, a partir de los resultados de la evolución de las emisiones y el análisis de las medidas de mitigación incluidos en esta hoja de ruta, metas en términos de reducción de emisiones de metano para ser incluidas en la próxima NDC (2025).	Subsecretaría de Ambiente	Establecer un mecanismo para determinar e incluir una meta de mitigación (junto con las acciones de mitigación evaluadas en esta hoja de ruta) de metano en la NDC 3.0 a ser publicada en 2025
<b>2</b>	Incluir el objetivo de reducción de emisiones de metano en la estrategia a largo plazo	Establecer, a partir de los resultados de las emisiones y el análisis de las medidas de mitigación incluidos en esta hoja de ruta, metas en términos de mitigación de metano al 2050.	Subsecretaría de Ambiente	Establecer un mecanismo para determinar e incluir una meta de mitigación (junto con las acciones de mitigación evaluadas en esta hoja de ruta) de metano a 2050.

*Fuente: Elaboración propia*

## 5 Modulo 4: Medidas priorizadas y plan de implementación

El módulo 4 (BB4) describe el plan de implementación de las medidas priorizadas en el módulo 2 (BB2) con el fin de cumplir con la meta de reducción que se ha sugerido en el módulo 3 (BB3). El análisis parte de la presentación de la cadena de valor del sector o actividad económica en donde se implementa la medida. Las vías de implementación identifican las acciones concretas que son necesarias para implementar cada medida de reducción de emisiones de metano, listan los actores relevantes y describen las barreras que deben ser superadas. Para cada una de las acciones examinadas se identifican indicadores para su seguimiento y evaluación. Estos indicadores son incorporados en el plan de MRV presentado luego en el módulo 5 (BB5).

### 5.1 Agricultura y Ganadería

La estrategia de mitigación del sector de agricultura y ganadería comprende de acciones para abordar las emisiones generadas por actividades de fermentación entérica, gestión de estiércol, y emisiones de quema de biomasa que representaban el 99,3% de las emisiones de metano del sector en la línea base del año 2020.

La implementación exitosa de estas medidas conlleva beneficios tanto ambientales como económicos especialmente para los productores ganaderos. La reducción de emisiones de metano contribuye a la mitigación del cambio climático, mientras que el aumento de la productividad en la producción de carne mejora la rentabilidad y competitividad del sector ganadero. Además, se fomenta la sostenibilidad de las operaciones ganaderas y se promueve un manejo responsable de los recursos naturales. Estos son elementos clave en un contexto de restricciones comerciales cuando se programan ajustes de carbono en la frontera en algunos mercados de destino.

A continuación, se detallan las acciones a ser implementadas.

### 5.1.1 Mejoramiento de la salud animal del ganado bovino

<b>Descripción</b>	La medida de mejoramiento de la salud animal del ganado bovino tiene como objetivo reducir la tasa de mortalidad. El mejoramiento de la salud animal mejora la productividad del rodeo y la producción de carne y reduce el consumo de energía por el sistema inmunológico de los animales. Esta medida busca mejorar las prácticas sanitarias, ya que, si bien el programa nacional de salud del SENASA es robusto, la tasa de mortalidad es un desafío en la gestión del ganado en distintas regiones productivas. Busca promover la salud y el bienestar de los animales como medio para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, a la vez que se logra una disminución significativa en la mortalidad y morbilidad del ganado bovino.				
<b>Meta</b>	La meta es alcanzar la reducción de la tasa de mortalidad de los animales al valor «óptimo» internacional: un 8% para el ganado lechero y un 10% para el vacuno de carne para el año 2040, de acuerdo a los datos internacionales considerados, mediante: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejoramiento de la infraestructura y capacidades de los servicios veterinarios encargados de la salud animal, así como de los sistemas de vigilancia para la detección temprana de enfermedades bovinas. Se busca garantizar la prevención, control y manejo adecuados de enfermedades que afectan al ganado, lo que contribuye a reducir la mortalidad y morbilidad, así como a mejorar la eficiencia productiva de los animales.</li> <li>• Se brinda apoyo y capacitación a los productores ganaderos en buenas prácticas de manejo, alimentación, salud animal y gestión ambiental. La asistencia favorece la adopción de tecnologías y prácticas sostenibles en la producción ganadera.</li> </ul>				
<b>Actores</b>	Productores ganaderos, federaciones y asociaciones de productores ganaderos, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, INTA, SENASA, IPCVA.				
<b>Localización</b>	Territorio nacional				
<b>Barreras</b>	Económicas: Cultura de salvaguardia del valor de la vaca de cría en economías de baja escala o de subsistencia, especialmente en el área extra-pampeana. Son economías que normalmente no pueden acceder a créditos para mejorar la producción, pero con el tiempo aumentan el número de animales sin poder desarrollar la infraestructura necesaria para atender el aumento del stock. La informalidad de estos productores hace poco viable su desarrollo e impacta negativamente en los índices ganaderos regionales. Debe añadirse, que la cría en baja escala, sea subsistencia o ahorro, no prioriza el desempeño por cuestiones culturales además de las económicas. Técnicas: capacidades técnicas limitadas de los productores en algunas regiones, aún en un contexto donde existen servicios veterinarios de calidad y planes sanitarios que resultan insuficientes. Insuficiencia de datos sobre mortandad a nivel nacional, especialmente en lo que concierne a indicadores regionales y sistema productivo.				
<b>MRV</b>	Indicadores	Fuentes	Línea de base	Frecuencia	Responsable
	Tasa de mortalidad de ganado	Estadísticas del sector ganadero	A determinar	Anual	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca
	Tasa de prevalencia de parasitosis (podrían incorporarse otras)	Estadísticas del sector ganadero	A determinar	Anual	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca
<b>Beneficios</b>	Aumento de la productividad y del nivel de ingresos de los productores ganaderos. Reducción de intensidad de emisiones de metano. Protección de la salud de los consumidores.				

### 5.1.2 Incremento de la productividad animal: producción de carne

<b>Descripción</b>	El aumento de la productividad reduce la intensidad de emisiones de metano al aumentar la fracción de la ingesta de alimento a la vez que se incrementa la producción de carne. La medida de incremento de la productividad animal referida a la producción de carne consiste en el aumento de la producción de carne producto del aumento de la relación vaca-ternero (media nacional 63%) y valor HCW (media nacional 225 kg). El aumento de la productividad se logra mediante la adopción de mejores prácticas de cría y manejo del rodeo.				
<b>Meta</b>	La meta consiste en obtener el 70% en la relación vaca-ternero y 250 kg de HCW (escenario posible) y evolucionar hacia la obtención de un 75% en la relación vaca-ternero y 275 kg de HCW (escenario de mejora total) al 2040.				
<b>Actores</b>	Productores ganaderos, federaciones y asociaciones de productores ganaderos de distintas razas, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, INTA, SENASA, IPCVA.				
<b>Localización</b>	Territorio nacional				
<b>Barreras</b>	Técnicas: Falta de incorporación de insumos y tecnologías de proceso, en la mayoría de los casos. Esto se refiere a la falta de: objetivos productivos claros que lleven a la correcta elección del sistema, implementación de planes forrajeros, gestión y manejo de los índices productivos y carga animal en relación con los objetivos productivos, estacionamiento del servicio de partos, manejo del ternero y reposición de hembras, planes sanitarios inadecuados e insuficientes (se basa solo en el plan obligatorio), infraestructura. También es importante mencionar la falta de planes de gestión o planificación para hacer frente a los retos actuales y futuros de la variabilidad climática que se están haciendo evidentes como consecuencia del cambio climático, como las sequías extremas y las inundaciones.				
<b>MRV</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Fuentes</b>	<b>Línea de base</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
	Relación ternero/vaca por provincia (indicador indirecto)	Estadísticas del sector ganadero	A determinar	Anual	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca
	Relación ternero/producción de carne por provincia (indicador indirecto)	Estadísticas del sector ganadero	A determinar	Anual	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca
<b>Beneficios</b>	Aumento de la productividad y del nivel de ingresos de los productores ganaderos. Reducción de emisiones de metano				

### 5.1.3 Aumentar la 1) productividad y 2) digestibilidad del forraje incrementando las leguminosas

<b>Descripción</b>	<p>La eficiencia alimentaria puede mejorarse aumentando la densidad de nutrientes o la digestibilidad del forraje, alterando la composición microbiana del rumen o mejorando las prácticas de gestión del forraje.</p> <p>Aumentar la proporción de forrajes de leguminosas (por ejemplo, alfalfa) en las dietas de rumiantes. En el mismo estado fisiológico de madurez, los forrajes de leguminosas contienen menos fibra detergente neutra (FDN) que las gramíneas, y aunque la fibra de las leguminosas está más lignificada, la disminución de la digestibilidad de la fibra con el avance de la madurez es mucho mayor en las gramíneas que en las leguminosas. La fibra más digestible da lugar a una fermentación ruminal que disminuye la relación acetato:propionato y la metanogénesis. Además, las leguminosas contienen compuestos secundarios que disminuyen la generación de CH<sub>4</sub></p> <p>Por otra parte, el aumento de la digestibilidad de los forrajes mejora el rendimiento animal y reduce las emisiones de CH<sub>4</sub> por unidad de producto. Los forrajes son más digestibles cuando se encuentran en un estado fenológico vegetativo de madurez. En los sistemas de pastoreo, la digestibilidad del forraje puede aumentarse optimizando la gestión del pastoreo para que la masa y la altura de la hierba antes del pastoreo no sean excesivas.</p>				
<b>Meta</b>	<p>La medida de aumento de la productividad y digestibilidad del forraje incrementando las leguminosas al año 2050 al</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) aumentar el rango de forraje y pastizales naturales de acuerdo con el tipo de ganado,</li> <li>2) verificar los períodos invernales con el equilibrio adecuado (ganado/forraje),</li> <li>3) incrementar la proporción y disponibilidad de leguminosas en las explotaciones</li> </ol>				
<b>Actores</b>	<p>Productores ganaderos, federaciones y asociaciones de productores ganaderos, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, INTA, SENASA, IPVCA.</p>				
<b>Localización</b>	<p>Territorio nacional</p>				
<b>Barreras</b>	<p>Técnicas: limitada incorporación de tecnologías de proceso e insumos, principalmente en la etapa de recría. Estos están asociados al manejo pastoril con suplementación donde las principales deficiencias se observan en: objetivos de producción, planes forrajeros y manejo de carga, suplementación, deficiente plan sanitario, inadecuada infraestructura.</p> <p>Los desafíos surgen también de la falta de incorporación de tecnologías de insumos que permitan una mayor precisión en la producción, alimentación y manejo sanitario.</p>				
<b>MRV</b>	Indicadores	Fuentes	Línea de base	Frecuencia	Responsable
	Superficie con pasturas (indicador indirecto)	Estadísticas del sector ganadero	A determinar	Anual	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca
	Superficie con pasturas incluyendo detalle de áreas sembradas (indicador indirecto)	Estadísticas del sector ganadero	A determinar	Anual	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca
<b>Beneficios</b>	<p>Aumento de la productividad y del nivel de ingresos de los productores ganaderos. Reducción de emisiones de metano.</p>				

#### 5.1.4 Intensificación del manejo de pastos y del pastoreo

<b>Descripción</b>	<p>Los pastizales son importantes fuentes de alimento para los rumiantes y proporcionan medios de vida seguros y oportunidades económicas a las comunidades rurales.</p> <p>El mejoramiento de pastos y forrajes aumenta la eficiencia de la alimentación, reduciendo el volumen de alimento ingerido necesario para la producción de carne. Los pastos y forrajes de alto valor nutricional aportan energía, proteína y minerales que son necesarios para la producción eficiente de carne.</p> <p>La medida de intensificación del manejo de pastos y del pastoreo busca aumentar la calidad de la pastura y la ingesta de materia orgánica digestible y manejar la altura del pasto y el pastoreo rotativo.</p>				
<b>Meta</b>	La meta considerada es alcanzar el 80% del manejo mediante pastoreo extensivo controlado en el área extra-pampeana, excluyendo las áreas MBGI debido a los requisitos legales, al año 2040.				
<b>Actores</b>	Productores ganaderos, federaciones y asociaciones de productores ganaderos, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, INTA, SENASA, IPCVA.				
<b>Localización</b>	Territorio Nacional				
<b>Barreras</b>	<p>Técnicas: Falta de incorporación de insumos y tecnologías de proceso, en la mayoría de los casos. Esto se refiere a la falta de: objetivos productivos claros que lleven a la correcta elección del sistema, implementación de planes forrajeros, gestión y manejo de los índices productivos y carga animal en relación a los objetivos productivos, infraestructura. También la falta de planes de gestión o planificación para hacer frente a los retos actuales y futuros de la variabilidad climática que se están haciendo evidentes como consecuencia del cambio climático, como las sequías extremas y las inundaciones.</p> <p>Económicas: La producción primaria se compone de cría, la recría y el engorde; la rentabilidad se hace mayor en esta última etapa, dando lugar a muchos sistemas integrados. Hasta hace pocos años, la ganadería y la agricultura formaban parte del mismo sistema integrado de producción, gestionando la volatilidad, tanto de la producción como de los precios.</p>				
<b>MRV</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Fuentes</b>	<b>Línea de base</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
	Superficie con pasturas incluyendo detalle de áreas sembradas (indicador indirecto)	Estadísticas del sector ganadero	A determinar	Anual	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca
	Número de hectáreas bajo prácticas de mejoramiento de pasturas y forrajes, seleccionando: superficie sembrada; superficie fertilizada; Superficie con gestión del pastoreo o pastoreo controlado por	Estadísticas del sector ganadero	A determinar	Anual	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca

	parcelas (indicador indirecto)				
<b>Beneficios</b>	<p>Aumento de la productividad y nivel de ingresos, así como menores costos de productores ganaderos.</p> <p>Reducción de emisiones de metano.</p> <p>Además de los sistemas tradicionales basados en el aprovechamiento de las pasturas, los sistemas silvopastoriles (SPS) que incorporan árboles y arbustos en las pasturas aumentan la cantidad de biomasa por unidad de superficie y proporcionan otros servicios ecosistémicos y biológicos, además de ser sumideros de carbono.</p>				

### 5.1.5 Incorporación o inyección de estiércol, Calendario de aplicación del estiércol

<b>Descripción</b>	La incorporación de estiércol tras su aplicación a la tierra ya sea mediante prácticas de cultivo o mediante la inyección directa de estiércol entre 15 y 20 cm por debajo de la superficie del suelo. Los suelos pueden servir como fuente o sumidero de CH <sub>4</sub> , dependiendo de las condiciones y si existen bacterias metanogénicas o metanotróficas activas. Adicionalmente, puede preverse la aplicación de estiércol, en diferentes momentos del día y de las estaciones, con diferentes métodos para la incorporación y las aplicaciones superficiales, dado los efectos de la temperatura del suelo y del contenido de humedad sobre la actividad de las bacterias metanogénicas.				
<b>Meta</b>	La medida de Incorporación o inyección de estiércol y un calendario de aplicación del estiércol mediante la implementación en el 80% de las explotaciones tamberas al 2050. Esta meta reduciría la producción de CH <sub>4</sub> y ahorrar en la aplicación de fertilizantes sintéticos, reduciendo las emisiones de metano.				
<b>Actores</b>	Productores ganaderos, federaciones y asociaciones de productores ganaderos, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, INTA, SENASA, IPVCA.				
<b>Localización</b>	Territorio nacional				
<b>Barreras</b>	<p>Regulatorias: Existen restricciones legales a nivel subnacional. Sin embargo, en el futuro, que deberían resolverse.</p> <p>Técnicas: Los beneficios de usar estiércol en lugar de fertilizantes están siendo conocidos por los productores. No se cuenta con la información de base para poder llevar adelante el uso agronómico de los purines.</p> <p>Económicas: Falta de financiamiento para los sistemas de gestión de purines (lagunas) necesarias para el almacenamiento.</p>				
<b>MRV</b>	Indicadores	Fuentes	Línea de base	Frecuencia	Responsable
	Superficie bajo uso agronómico que implementan inyección de estiércol	Estadísticas del sector ganadero	A determinar	Anual	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca
<b>Beneficios</b>	<p>Mejora de la rentabilidad por menores costos.</p> <p>Reducción de emisiones de metano.</p>				

5.1.6 Inhibidor químico 3-NOP, ionóforos, taninos, algas marinas que contienen bromoformo y otras algas marinas.

<b>Descripción</b>	Varios compuestos químicos inhiben la formación de CH <sub>4</sub> en la fermentación ruminal cuando están presentes en la dieta en pequeñas concentraciones. Los suplementos dietéticos, como por ejemplo, ionóforos u otros inhibidores como el 3-Nitrooxipropanol (3-NOP) permiten mejorar la eficiencia alimentaria y disminuir la relación acetato/propionato en el rumen, reduciendo así las emisiones entéricas de CH <sub>4</sub> .				
<b>Meta</b>	Alcanzar aproximadamente el 50% de la leche producida obtenida a partir de sistemas de bajo metano al 2040				
<b>Actores</b>	Productores ganaderos, federaciones y asociaciones de productores ganaderos, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, INTA, SENASA, IPCVA.				
<b>Localización</b>	Territorio nacional				
<b>Barreras</b>	Económicas: El principal desafío para la implementación de esta medida es la relación costo/beneficio que se obtiene al poner en práctica esta medida. Por otra parte, los otros desafíos (manejo, dietas, rutinas, genética, etc.) ya están siendo resueltos.				
<b>MRV</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Fuentes</b>	<b>Línea de base</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
	Número de explotaciones bajo sistemas de bajo metano (indicador de metano evitado a partir del registro de ventas a nivel nacional)	Estadísticas del sector ganadero	A determinar	Anual	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca
<b>Beneficios</b>	Reducción de emisiones de metano.				

### 5.1.7 Gestión del estiércol

<b>Descripción</b>	<p>La separación sólido-líquido se ha convertido en una opción de gestión complementaria para los sistemas de gestión del estiércol, en particular para los sistemas anaeróbicos.</p> <p>El proceso de separación puede ayudar a desviar los sólidos con una elevada relación fósforo-nitrógeno hacia zonas con déficit de nutrientes. Esta práctica puede ayudar a reducir las emisiones de GEI que se producirían durante el almacenamiento del estiércol y durante su aplicación. La reducción de las emisiones de metano es posible porque los sólidos volátiles se separan junto con el flujo de sólidos.</p>				
<b>Meta</b>	<p>La medida de gestión del estiércol mediante la separación del líquido del sólido se establece con una meta de implementación en el 50% de los tambos al 2050. Alternativamente, la meta podría ser de 50% de la leche producida al 2050.</p>				
<b>Actores</b>	<p>Productores ganaderos, federaciones y asociaciones de productores ganaderos, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, INTA, SENASA.</p>				
<b>Localización</b>	<p>Territorio nacional</p>				
<b>Barreras</b>	<p>Técnicas y económicas: desconocimiento de los beneficios y no se cuenta con la información agronómica de base que sustente o apoye el uso agronómico del material separado.</p> <p>Regulatorio: no existe aún una normativa que lo requiera o incentivos suficientes para implementarlo</p>				
<b>MRV</b>	Indicadores	Fuentes	Línea de base	Frecuencia	Responsable
	Número de tambos que aplican separación de estiércol	Estadísticas del sector ganadero	A determinar	Anual	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca
<b>Beneficios</b>	<p>Aumento de la productividad y nivel de ingresos, así como menores costos para los productores ganaderos.</p> <p>Reducción de emisiones de metano.</p>				

## 5.2 Residuos

La estrategia de mitigación del sector de residuos se compone de acciones para abordar las emisiones generadas por la generación elevada y persistente de residuos y el tratamiento y disposición de aguas residuales, industriales y domésticas.

La gestión de residuos incluye procesos claves para el cuidado del ambiente y la salud pública, involucrando diversas etapas desde la generación de residuos hasta su disposición final.

Además de los beneficios ambientales y sociales relacionados con la reducción de emisiones de metano y la mejora de las condiciones locales, las medidas generan oportunidades de empleo, promueven la economía circular y fortalecen la conciencia ambiental en la sociedad.

Las vías de implementación de las medidas de mitigación de metano priorizadas para el sector de residuos se describen a continuación.

### 5.2.1 Reducir la generación de residuos.

<b>Descripción</b>	La cadena de valor de la gestión de residuos se inicia con la generación de residuos en los hogares, comercios, industrias, hoteles y restaurantes y otros establecimientos, donde se produce una amplia variedad de desechos sólidos como envases, restos de comida, papel, plástico, textiles, materiales de construcción, entre otros, que aumenta de manera sostenida y genera emisiones de metano.				
<b>Meta</b>	Reducir la generación de residuos al 2040.				
<b>Actores</b>	Subsecretaría de Ambiente, CEAMSE, empresas de reciclaje y compostaje, municipios, recicladores, cooperativas, escuelas y Ministerio de Educación.				
<b>Localización</b>	Territorio nacional, asentamientos humanos a todas las escalas.				
<b>Barreras</b>	Culturales: Hábitos de consumo y comportamiento.				
<b>MRV</b>	Indicadores	Fuentes	Línea de base	Frecuencia	Responsable
	Volumen (ton) de residuos sólidos municipales que son generados	Subsecretaría de Ambiente	A determinar	Anual	Subsecretaría de Ambiente
<b>Beneficios</b>	Reducción de emisiones de metano. Reducción del consumo de materias primas, insumos y materiales.				

## 5.2.2 Desplazar residuos sólidos orgánicos para compostaje.

<b>Descripción</b>	El compostaje de residuos orgánicos de residuos genera empleo e ingresos económicos, reduce el consumo de materia primas y evita que los residuos sólidos municipales sean depositados en sitios de disposición final sin control. Dentro del desarrollo de estas iniciativas se puede incluir el compostaje escolar para el uso del compostaje orgánico en huertas escolares.				
<b>Meta</b>	Esta medida busca desplazar residuos sólidos orgánicos de los vertederos para compostaje. La meta contemplada es que el 50% de los residuos orgánicos se desplacen al compostaje al 2040.				
<b>Actores</b>	Subsecretaría de Ambiente, CEAMSE, empresas de reciclaje y compostaje, municipios, recicladores, cooperativas, escuelas y Ministerio de Educación.				
<b>Localización</b>	Territorio nacional, asentamientos humanos.				
<b>Barreras</b>	<p>Culturales: Las prácticas de separación de residuos en la fuente y compostaje no están suficientemente diseminadas e incorporadas como hábito de la población.</p> <p>Técnicos. Las empresas de servicios públicos que prestan servicios de recolección de residuos sólidos tienen recursos humanos y técnicos con frecuencia limitados que impiden la recolección selectiva de los residuos segregados.</p> <p>Económicas: Tarifas de prestación del servicio de saneamiento en municipios son bajas, lo que impide la movilización de recursos para la inversión y operación de iniciativas de compostaje.</p>				
<b>MRV</b>	Indicadores	Fuentes	Línea de base	Frecuencia	Responsable
	Volumen (ton) de materiales orgánicos en residuos sólidos municipales que son recuperados para ser compostados.	Subsecretaría de Ambiente	A determinar	Anual	Subsecretaría de Ambiente
<b>Beneficios</b>	<p>Aprovechamiento de residuos sólidos.</p> <p>Generación de ingresos económicos adicionales y generación de empleo.</p> <p>Reducción del consumo de insumos y materiales.</p> <p>Reducción de emisiones de metano.</p>				

### 5.2.3 Reciclaje de papel.

<b>Descripción</b>	La separación de residuos en la fuente supone la clasificación y separación de los residuos sólidos por los generadores, desagregando en residuos orgánicos, inorgánicos, reciclables y no reciclables. La separación facilita su posterior tratamiento y disposición. Este paso es clave para fomentar la cultura del reciclaje y la reducción de residuos en origen y el avance hacia la economía circular.				
<b>Meta</b>	El reciclaje de papel se basa en aumentar las prácticas de separación en la fuente, recogida diferenciada y tratamiento (compostaje, reciclaje, digestión anaeróbica). La meta planteada es al 2040				
<b>Actores</b>	Subsecretaría de Ambiente, CEAMSE, empresas de reciclaje y compostaje, municipios, recicladores, cooperativas, escuelas y Ministerio de Educación.				
<b>Localización</b>	Territorio nacional, asentamientos humanos.				
<b>Barreras</b>	<p>Culturales: Las prácticas de separación de residuos en la fuente y reciclaje no están suficientemente diseminadas e incorporadas en la población.</p> <p>Técnicos: Las empresas de servicios públicos que prestan servicios de recolección de residuos sólidos tienen recursos humanos y técnicos limitados que impiden la recolección selectiva de residuos segregados.</p> <p>Económicas: Tarifas de prestación del servicio de saneamiento en municipios son bajas, lo que limita la movilización de recursos para la inversión y operación de iniciativas de reciclaje.</p>				
<b>MRV</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Fuentes</b>	<b>Línea de base</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
	Volumen (ton) de papel en residuos sólidos municipales que son recuperados para ser compostados.	Subsecretaría de Ambiente	A determinar	Anual	Subsecretaría de Ambiente
<b>Beneficios</b>	<p>Aprovechamiento de residuos sólidos.</p> <p>Generación de ingresos económicos y generación de empleo.</p> <p>Reducción del consumo de insumos y materiales.</p> <p>Reducción de emisiones de metano.</p>				

## 5.2.4 Digestor anaeróbico para la producción de biogás

<b>Descripción</b>	La gestión anaeróbica de residuos genera biogás que puede ser utilizado como fuente de energía. Los sistemas de tratamiento anaeróbico evitan que el biogás (el metano es uno de los componentes principales del biogás) escape a la atmósfera y la combustión del biogás convierte el gas metano en dióxido de carbono cuyo potencial de calentamiento global es menor que el del metano. El aprovechamiento del biogás genera energía térmica y/o eléctrica que puede ser utilizada o ser exportada al sistema eléctrico.				
<b>Meta</b>	El digestor anaeróbico produce biogás que puede utilizarse para generar energía o como combustible. Todas las plantas de tratamiento de aguas residuales están equipadas con digestores anaeróbicos al año 2040.				
<b>Actores</b>	Subsecretaría de Ambiente, CEAMSE, plantas de tratamiento de aguas residuales				
<b>Localización</b>	Territorio nacional				
<b>Barreras</b>	Técnicas: acceso limitado a los conocimientos y tecnologías requeridas para el diseño, instalación y operación de sistemas de aprovechamiento de biogás. Económicas: Acceso limitado a inversiones y a financiamiento para la instalación de sistemas de aprovechamiento de biogás.				
<b>MRV</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Fuentes</b>	<b>Línea de base</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
	Número de instalaciones para el aprovechamiento del biogás obtenido de residuos	Subsecretaría de Ambiente	A determinar	Anual	Subsecretaría de Ambiente
<b>Beneficios</b>	Desarrollo de la cadena de valor de sistemas de aprovechamiento de biogás. Ahorros en gastos de energía y/o ingresos por concepto de venta de energía. Diversificación y confiabilidad del sistema eléctrico. Reducción de importaciones de combustibles fósiles. Reducción de emisiones de metano.				

## 5.2.5 Recolección de gas de vertedero y quema.

<b>Descripción</b>	Capturar el gas de vertedero en todos los vertederos gestionados y utilizarlo con fines productivos (por ejemplo, para la generación de electricidad).				
<b>Meta</b>	Capturar el gas de vertedero en todos los vertederos gestionados al 2050, suponiendo una eficiencia del 85%).				
<b>Actores</b>	Subsecretaría de Ambiente, CEAMSE, vertederos, municipios				
<b>Localización</b>	Territorio Nacional				
<b>Barreras</b>	<p>Regulatorias: Las políticas y la reglamentación de los servicios de gestión de residuos sólidos municipales no fomentan las iniciativas de aprovechamiento de gas de relleno sanitario.</p> <p>Técnicas: Las empresas de servicios públicos que operan rellenos sanitarios tienen recursos humanos y técnicos limitados que impiden la puesta en marcha de iniciativas de captura y aprovechamiento de gas de relleno sanitario. Hay limitada experiencia con tecnologías para el aprovechamiento de gas de relleno sanitario y persisten interrogantes sobre los costos y el desempeño de estas tecnologías.</p> <p>Económicas: Tarifas reducidas impiden la movilización de recursos para la inversión y operación de iniciativas de aprovechamiento de gas de relleno sanitario. La energía eléctrica o térmica o el gas que son producidos por los sistemas de captura y utilización de gases de relleno sanitario representan potenciales fuentes de ingresos, pero existe una relativamente limitada experiencia con este tipo de operaciones en Argentina.</p>				
<b>MRV</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Fuentes</b>	<b>Línea de base</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
	Número de rellenos sanitarios que cuentan con sistemas de captura y aprovechamiento de gas de relleno sanitario.	Subsecretaría de Ambiente	A determinar	Anual	Subsecretaría de Ambiente
	Fracción del metano proveniente de gases de relleno sanitario destruido o aprovechado en sistemas de captura y utilización.	Subsecretaría de Ambiente	A determinar	Anual	Subsecretaría de Ambiente
<b>Beneficios</b>	<p>Aumento de la seguridad en la operación de rellenos sanitarios</p> <p>Desarrollo de la cadena de valor de sistemas de aprovechamiento de gas.</p> <p>Ahorros en gastos de energía y/o ingresos por concepto de venta de energía.</p> <p>Diversificación y confiabilidad del sistema eléctrico.</p> <p>Reducción de importaciones de combustibles fósiles.</p> <p>Mejora del servicio de gestión de residuos sólidos municipales.</p> <p>Reducción de emisiones de metano.</p>				

## 5.3 Petróleo y gas

### 5.3.1 Alineación de políticas públicas del sector con compromisos nacionales e internacionales.

Descripción	Establecer instrumentos de políticas públicas alineados con los compromisos nacionales e internacionales en materia de metano que requieran: metas de mitigación de metano, la implementación de mejores prácticas operativas y tecnológicas, así como otras medidas de mitigación para reducir las emisiones de metano en todos los segmentos de la cadena de valor del petróleo y el gas.				
Meta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer un objetivo sectorial de mitigación de metano en la NDC y el PNAyMCC.</li> <li>• Definir metas regulatorias para la mitigación de metano en el sector de petróleo y gas dentro de la NDC y el PNAyMCC.</li> <li>• Establecer objetivos y metas de mitigación de metano a nivel Provincia alineadas con la NDC y el PNAyMCC.</li> </ul>				
Actores	Ministerios Nacionales y Provinciales de Energía y/o Ministerios de Ambiente.				
Localización	Territorio Nacional				
Barreras	Definición de metas ambiciosas y alcanzables para la reducción de emisiones de metano. Según el análisis previamente discutido, se podría establecer una meta nacional de mitigación para el sector equivalente a una reducción del 50% en comparación con un escenario <i>business as usual</i> .				
MRV	Indicadores	Fuentes	Línea de base	Frecuencia	Responsable
	Estimaciones actualizadas de emisiones de metano para el sector y su potencial de mitigación.	Estadísticas de la Industria del Petróleo y Gas	A determinar	Según lo requerido por el Acuerdo de París o las actualizaciones del PNAyMCC.	Ministerio Nacional de Energía, ENARGAS y Subsecretaría Nacional de Ambiente.
	Actualización de la NDC con un objetivo sectorial de mitigación de metano.	Estimaciones actualizadas de emisiones de metano para el sector y su potencial de mitigación.	A determinar	Según lo requerido por el Acuerdo de París o las actualizaciones del PNAyMCC.	Ministerio Nacional de Energía, ENARGAS y Subsecretaría Nacional de Ambiente.
	Actualización del PNAyMCC con un objetivo sectorial de mitigación de metano.	Estimaciones actualizadas de emisiones de metano para el sector y su potencial de mitigación.	A determinar	Según lo requerido por el Acuerdo de París o las actualizaciones del PNAyMCC.	Ministerio Nacional de Energía, ENARGAS y Subsecretaría Nacional de Ambiente.
	Número de provincias con metas sobre metano en petróleo y gas.	Instituciones gubernamentales provinciales.	A determinar	Anual	Instituciones gubernamentales provinciales.
Beneficios	Presupuesto asignado para el avance en la regulación y mitigación del metano. Coordinación de esfuerzos institucionales. Reducción de emisiones de metano, en apoyo a compromisos nacionales e internacionales. Fortalecimiento del marco regulatorio y certeza regulatoria.				

### 5.3.2 Desarrollo de políticas públicas para la implementación de mejores prácticas tecnológicas y operativas de mitigación de metano en el sector.

Descripción	Desarrollar e implementar políticas públicas (e.g., leyes, resoluciones y reglamentos) que requieran la implementación de mejores prácticas operativas y tecnológicas, así como otras medidas de mitigación para reducir las emisiones de metano en todos los segmentos de la cadena de valor del petróleo y el gas.				
Meta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar la Resolución 970/2023 RESOL-2023-970-APN-SE#MEC.</li> <li>Publicación de regulaciones provinciales y nacionales de metano que estén alineadas.</li> <li>Incluir en las regulaciones de metano requerimientos específicos de mitigación para los equipos con fugas; venteo y quema de gas asociado; controladores neumáticos-, compresores alternativos; tanques; compresores centrífugos; bombas neumáticas; terminaciones de pozos y mantenimientos; descargas de líquidos y deshidratadores.</li> </ul>				
Actores	Empresas productoras, Ministerios Nacionales y Provinciales de Energía y/o Ministerios de Ambiente, ENARGAS, IAPG.				
Localización	Territorio Nacional				
Barreras	Identificación de mejores prácticas y tecnologías aplicables al sector, país y/o provincia. Recursos suficientes para el desarrollo de las regulaciones. Coordinación entre actores claves tanto nacionales como provinciales.				
MRV	Indicadores	Fuentes	Línea de base	Frecuencia	Responsable
	Número de regulaciones publicadas sobre metano en petróleo y gas.	Instituciones gubernamentales nacionales y provinciales.	Uno (Resolución 970/2023)	Anual	Instituciones gubernamentales nacionales y provinciales.
	Número de regulaciones implementadas sobre metano en petróleo y gas.	Instituciones gubernamentales nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	Instituciones gubernamentales nacionales y provinciales.
	Porcentaje de producción de petróleo cubierta por regulaciones nacionales o provinciales.	Instituciones gubernamentales nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	Ministerio Nacional de Energía, ENARGAS y Subsecretaría Nacional de Ambiente.
	Porcentaje de producción de gas cubierta por regulaciones nacionales o provinciales.	Instituciones gubernamentales nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	Ministerio Nacional de Energía, ENARGAS y Subsecretaría Nacional de Ambiente.
Beneficios	Reducción de emisiones de metano, en apoyo a compromisos nacionales e internacionales. Fortalecimiento del marco regulatorio y certeza regulatoria. Sector de petróleo y gas competitivo a nivel internacional. Ahorros a nivel nacional o provincial en pérdidas de producto e ingresos.				

### 5.3.3 Fugas

Descripción <sup>a</sup>	<p>Las fugas de gas son emisiones de metano no intencionales ni planeadas que normalmente resultan de un mantenimiento deficiente y de equipos que sufren desperfectos. Estas emisiones ocurren a lo largo de la cadena de valor y pueden ser liberadas por componentes como válvulas y escotillas que se quedan abiertas, antorchas apagadas y otros problemas en los sitios que generan emisiones. Los eventos de fuga pueden resultar en emisión potencialmente grandes derivados de condiciones de proceso anormales.</p> <p>Para mitigar estas emisiones, la mejor práctica internacional requiere que los operadores implementen un programa de detección y reparación de fugas (LDAR, por sus siglas en inglés), mediante inspecciones periódicas en todas las instalaciones, utilizando tecnologías probadas como cámaras infrarrojas y analizadores de gas.</p>				
Meta	<p>La implementación de un programa LDAR en todas las instalaciones de petróleo y gas de Argentina que incluya inspecciones periódicas, preferentemente trimestrales, utilizando cámaras infrarrojas y/u otras tecnologías de detección aprobadas, así como los siguientes componentes de los programas LDAR:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparaciones dentro de un plazo de 5 días hábiles (excepto cuando se requiera paro de instalación)</li> <li>• Inspecciones de seguimiento dentro de 15 días para verificar las reparaciones.</li> <li>• Reporte anual a las autoridades regulatorias para la evaluación del cumplimiento.</li> </ul> <p>Para especificaciones técnicas adicionales, consultar el documento de Políticas Líderes de Mitigación de Metano de CATF.<sup>b</sup></p> <p>La implementación adecuada de un programa LDAR trimestral podría reducir aproximadamente 80% de las emisiones por fugas.</p>				
Actores	Empresas productoras, Ministerios Nacionales y Provinciales de Energía y/o Ministerios de Ambiente, ENARGAS.				
Localización	Territorio Nacional				
Barreras	<p>Regulatorio: Regulatorio: Alinear los requisitos de los programas LDAR a nivel provincial y nacional para evitar discrepancias en los cronogramas de inspección y reparación. Alinear las frecuencias de inspección y reparación con las recomendaciones internacionales para minimizar las emisiones por fugas.</p> <p>Técnico: Inspección y reparación de equipos críticos y aquellos que impliquen inspecciones de riesgo.</p> <p>Operativo: Modificar las prácticas operativas estándar actuales y la cultura del sector.</p> <p>Económico: Costos de capital para equipos de detección de metano y costos operativos asociados a la realización de inspecciones LDAR.</p>				
MRV	Indicadores	Fuentes	Línea de base	Frecuencia	Responsable
	Número de inspecciones realizadas	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Inspecciones trimestrales, reporte anual	<p>-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia).</p> <p>-Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).</p>
	Número de fugas encontradas	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación

		datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.			de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
	Número de fugas reparadas	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
Beneficios	Mitigación de emisiones de metano causadas por fugas. Fortalecimiento del marco regulatorio y certeza regulatoria. Sector de petróleo y gas competitivo a nivel internacional. Ahorros a nivel nacional o provincial en pérdidas de producto e ingresos.				

<sup>a</sup> CATF. (2025). *Country Methane Abatement Tool Methodology*

<sup>b</sup> CATF. (2023). *Compendio de las principales regulaciones y estándares de emisiones para contaminantes atmosféricos y climáticos de las operaciones de petróleo y gas natural.*

### 5.3.4 Venteo y quema de gas asociado

Descripción <sup>a,b</sup>	<p>Las emisiones de metano por quema de gas asociado en antorcha surgen debido a la combustión incompleta del metano, lo que genera emisiones residuales liberadas a la atmósfera, y al venteo del metano cuando la antorcha no se encuentra encendida.</p> <p>El venteo, liberación intencional de gas durante las operaciones industriales, generalmente se lleva a cabo por razones de seguridad, sin embargo, puede ocurrir debido a malas prácticas. Durante el venteo el metano y otros contaminantes se liberan directamente a la atmósfera por lo que el venteo tiene mayor impacto ambiental que la quema en antorcha.</p>				
Meta	<p>Minimizar las emisiones de metano provenientes de la quema y el venteo de gas asociado mediante la implementación de las siguientes medidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prohibir el venteo de gas asociado, excepto en situaciones específicas<sup>c</sup> como emergencias y pruebas de pozo para las cuales el operador debe, generalmente, obtener un permiso del regulador.<sup>d</sup></li> <li>• Prohibir la quema de gas asociado en antorcha, salvo en situaciones enumeradas (ver documento de Políticas Líderes de CATF).<sup>b</sup></li> <li>• Mejorar la eficiencia de la antorcha a al menos 98%.</li> <li>• Garantizar que las antorchas permanezcan encendidas en todo momento y que el operador sea notificado de inmediato si se apagan (incluyendo el uso de encendido automático o piloto continuo y sistema de alarma).</li> </ul> <p>La implementación de estas medidas podría reducir aproximadamente el 98% de las emisiones de metano derivadas del venteo y la quema de gas asociado.</p> <p>Para especificaciones técnicas adicionales, consultar el documento de Políticas Líderes de Mitigación de Metano de CATF.<sup>b</sup></p>				
Actores	Empresas productoras, Ministerios Nacionales y Provinciales de Energía y/o Ministerios de Ambiente				
Localización	Territorio Nacional				
Barreras	<p>Técnico: Integración de nuevas medidas a la infraestructura existente y/o reemplazo de equipos por nuevos. Operativo: Modificar los procedimientos operativos estándar y la cultura del sector. Económico: Costos de capital para la actualización de equipos o equipos nuevos. Regulatorio: Marco regulatorio que requiera la implementación de estas mejores prácticas y el reporte de indicadores mencionados entre otros.</p>				
MRV	Indicadores	Fuentes	Línea de base	Frecuencia	Responsable
	Número de eventos de venteo con solicitud de excepción (permiso).	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
	Duración de los eventos de venteo	Estadísticas del sector de petróleo	A determinar	Anual	-Empresas productoras

con solicitud de excepción (permiso).	y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.			(implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
Número de eventos de antorcha apagada.	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
Duración de los eventos de antorcha apagada.	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
Emisiones de metano por eventos de venteo con solicitud de excepción (permiso).	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías Provinciales (recolección y validación de datos).
Emisiones de metano por eventos de antorcha apagada.	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia).

		nacionales y provinciales.			-Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
	Volumen de gas quemado en antorcha.	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
	Emisiones de metano por quema en antorcha (incluyendo supuestos sobre la eficiencia de destrucción de la antorcha).	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
Beneficios	Mitigación de emisiones de metano causadas por esta fuente Sector de petróleo y gas competitivo a nivel internacional. Ahorros a nivel nacional o provincial en pérdidas de producto e ingresos.				

<sup>a</sup> CATF. (2025). *Country Methane Abatement Tool Methodology*

<sup>b</sup> CATF. (2023). *Compendio de las principales regulaciones y estándares de emisiones para contaminantes atmosféricos y climáticos de las operaciones de petróleo y gas natural.*

<sup>c</sup> Situaciones específicas incluyen: durante una emergencia o si existe un desperfecto; durante la descarga de líquidos del pozo; durante los primeros doce meses de producción de un pozo exploratorio; durante pruebas de pozos y operación normal de controladores neumáticos, bombas, tanques de almacenamiento, unidades de deshidratación, unidades de tratamiento de aminas y compresores

<sup>d</sup> Secretaría de Energía. (1998). *Resolución N° 143/1998*. Secretaría de Comercio Interior, Ministerio de Economía.  
<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-143-1998-50476/texto>

### 5.3.5 Controladores neumáticos

Descripción <sup>a,b</sup>	<p>Los equipos neumáticos automáticos accionados por gas utilizan la energía de presión del gas natural en los gasoductos para controlar y operar válvulas, así como para accionar bombas. Este método permite a los operadores automatizar equipos en sitios sin acceso a electricidad; sin embargo, los controladores neumáticos están diseñados para ventear gas natural a la atmósfera. Algunos equipos ventean gas natural a diferentes velocidades y pueden hacerlo de manera continua o intermitente.</p> <p>Los programas para la conversión de controladores neumáticos a controladores de cero emisiones o de cero purga son ampliamente aceptados internacionalmente para mitigar las emisiones de metano de estos equipos. Los controladores de cero purga son eléctricos o de aire comprimido.</p>				
Meta	<p>Minimizar las emisiones de metano de controladores neumáticos mediante la implementación de las siguientes medidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalaciones nuevas: Prohibir el venteo de controladores neumáticos mediante el uso de tecnologías de controladores de cero purga (eléctricos o con aire comprimido) o mediante la canalización de emisiones hacia un sistema de recolección de vapores que las capture.</li> <li>• Instalaciones existentes: En un plazo de cinco años, los operadores deberán readecuar los controladores neumáticos de venteo instalando tecnologías de controladores de cero emisiones o mediante su conexión a un sistema de recolección de vapores.</li> </ul> <p>La implementación de estas medidas podría reducir aproximadamente el 94% de las emisiones de metano provenientes de esta fuente.</p> <p>Para especificaciones técnicas adicionales, consultar el documento de Políticas Líderes de Mitigación de Metano de CATF.<sup>b</sup></p>				
Actores	Empresas productoras, Ministerios Nacionales y Provinciales de Energía y/o Ministerios de Ambiente, ENARGAS.				
Localización	Territorio Nacional				
Barreras	<p>Técnico: Integración de nuevas medidas a la infraestructura existente y/o reemplazo de equipos por nuevos.</p> <p>Operativo: Modificar los procedimientos operativos estándar y la cultura del sector.</p> <p>Económico: Costos de capital para la readecuación de equipos o la compra de equipos nuevos.</p> <p>Regulatorio: Marco regulatorio que requiera la implementación de estas mejores prácticas y el reporte de los indicadores mencionados a continuación entre otros.</p>				
MRV	Indicadores	Fuentes	Línea de base	Frecuencia	Responsable
	Número de controladores de cero emisiones (eléctricos o con aire comprimido) en nuevas instalaciones o canalizados a un sistema de recolección de vapores.	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	<p>-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia).</p> <p>-Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).</p>
	Porcentaje de controladores neumáticos	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación

	existentes que están siendo reemplazados por controladores de cero emisiones o canalizados a un sistema de recolección de vapores.	datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.			de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
Beneficios	Mitigación de emisiones de metano provenientes de los controladores neumáticos. Sector de petróleo y gas competitivo a nivel internacional. Ahorros a nivel nacional o provincial en pérdidas de producto e ingresos.				

<sup>a</sup> CATF. (2025). *Country Methane Abatement Tool Methodology*

<sup>b</sup> CATF. (2023). *Compendio de las principales regulaciones y estándares*

*de emisiones para contaminantes atmosféricos y climáticos de las operaciones de petróleo y gas natural.*

### 5.3.6 Compresores alternativos

Descripción <sup>a,b</sup>	Con el tiempo, los empaques de los compresores alternativos (también llamados compresores recíprocos) se desgastan, resultando en una mayor emisión de gas. Si los empaques no son reemplazados regularmente, las emisiones pueden volverse significativas, es decir, cuanto más antiguos sean los empaques, mayor será la cantidad de metano emitido. Estas emisiones de metano pueden reducirse fácilmente mediante prácticas de mantenimiento adecuadas y el reemplazo periódico del empaque del vástago. Adicionalmente, las emisiones se reducen al capturar el gas que se escapa del empaque del vástago y utilizándolo, por ejemplo, añadiéndolo a la mezcla de combustible y aire del motor del compresor. Esta estrategia puede ser más efectiva, ya que incluso los empaques de vástago recién instalados pueden presentar emisiones de gas.				
Meta	Minimizar el venteo de compresores alternativos aumentando la frecuencia de reemplazo de los empaques de vástago y/o el uso de equipos para captura del gas.  La implementación de estas medidas podría reducir aproximadamente el 95% de las emisiones de metano provenientes de esta fuente.  Para especificaciones técnicas adicionales, consultar el documento de Políticas Líderes de Mitigación de Metano de CATF. <sup>b</sup>				
Actores	Empresas productoras, Ministerios Nacionales y Provinciales de Energía y/o Ministerios de Ambiente, ENARGAS.				
Localización	Territorio Nacional				
Barreras	Técnico: Integración de equipos para captura del gas a compresores alternativos existentes. Operativo: Modificar los procedimientos operativos estándar y la cultura del sector. Económico: Costos de capital para la compra e instalación de empaques, equipos nuevos y/o equipos para captura de gas. Regulatorio: Marco regulatorio que requiera la implementación de estas mejores prácticas y el reporte de los indicadores mencionados a continuación entre otros.				
MRV	Indicadores	Fuentes	Línea de base	Frecuencia	Responsable
	Edad promedio del empaque del vástago en la flota de compresores de alternativos	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas,

		nacionales y provinciales.			reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
	Porcentaje de compresores alternativos equipados con sistemas de captura de gas.	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
Beneficios	Mitigación de emisiones de metano causadas por esta fuente. Sector de petróleo y gas competitivo a nivel internacional. Ahorros a nivel nacional o provincial en pérdidas de producto e ingresos.				

<sup>a</sup> CATF. (2025). *Country Methane Abatement Tool Methodology*

<sup>b</sup> CATF. (2023). *Compendio de las principales regulaciones y estándares de emisiones para contaminantes atmosféricos y climáticos de las operaciones de petróleo y gas natural.*

### 5.3.7 Tanques

Descripción <sup>a,b</sup>	Los tanques de almacenamiento se utilizan para petróleo, condensados y agua producida de pozos de petróleo y gas. Las emisiones de los tanques pueden ocurrir por cambios de presión atmosférica. Estas emisiones pueden controlarse canalizando el gas a una unidad de recuperación de vapores o, cuando esto no sea factible, a una antorcha.
Meta	Minimizar las emisiones provenientes de tanques al requerir el uso de unidades de recuperación de vapores para capturar el gas que de otro modo sería venteado y reintroducirlo en el sistema. En los casos en que la recuperación de vapores no sea factible, requerir el uso de una antorcha.  La implementación de estas medidas podría reducir aproximadamente el 92% de las emisiones de metano provenientes de esta fuente.  Para especificaciones técnicas adicionales, consultar el documento de Políticas Líderes de Mitigación de Metano de CATF. <sup>b</sup>
Actores	Empresas productoras, Ministerios Nacionales y Provinciales de Energía y/o Ministerios de Ambiente, ENARGAS.
Localización	Territorio Nacional
Barreras	Técnico: Integración de las unidades de recuperación de vapores o, en su caso, canalización del gas a la antorcha. Operativo: Modificar los procedimientos operativos estándar y la cultura del sector.

	Económico: Costos de capital para la compra e instalación de las unidades de recuperación de vapores. Regulatorio: Marco regulatorio que requiera la implementación de estas mejores prácticas y el reporte de los indicadores mencionados a continuación entre otros.				
MRV	Indicadores	Fuentes	Línea de base	Frecuencia	Responsable
	Porcentaje de tanques con unidades de recuperación de vapores.	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
	Porcentaje de tanques con antorchas.	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
Beneficios	Mitigación de emisiones de metano causadas por esta fuente. Sector de petróleo y gas competitivo a nivel internacional. Ahorros a nivel nacional o provincial en pérdidas de producto e ingresos.				

<sup>a</sup> CATF. (2025). *Country Methane Abatement Tool Methodology*

<sup>b</sup> CATF. (2023). *Compendio de las principales regulaciones y estándares de emisiones para contaminantes atmosféricos y climáticos de las operaciones de petróleo y gas natural.*

### 5.3.8 Compresores centrífugos

Descripción <sup>a,b</sup>	<p>Los compresores centrífugos utilizan una turbina giratoria para presurizar el gas. El eje rotatorio del compresor suele sellarse con una de dos tecnologías (i.e., sellos húmedos y sellos secos). Los sellos húmedos utilizan circulación de aceite para sellar el estrecho espacio entre el eje y su carcasa. Este aceite absorbe cantidades significativas de gas natural a alta presión, que debe ser eliminado antes de su recirculación. Normalmente, el gas eliminado del aceite de sellado es venteado, lo que genera emisiones considerables.</p> <p>Las emisiones de metano pueden reducirse significativamente exigiendo que los compresores centrífugos utilicen sellos secos o que el gas en un compresor de sello húmedo, que de otro modo sería venteado, sea redirigido de nuevo al sistema de gasoductos o para otro uso.</p>
Meta	Minimizar el venteo de compresores centrífugos requiriendo a los operadores reemplazar los compresores de sello húmedo por compresores de sello seco, o requerir a los operadores a que canalicen las emisiones de las unidades de desgasificación de petróleo a un sistema de recolección de vapores (incluyendo la redirección de las emisiones a la entrada del compresor) o a un dispositivo de combustión (e.g., antorcha).

	<p>La implementación de estas medidas podría reducir las emisiones de los compresores centrífugos en aproximadamente un 95%.</p> <p>Para especificaciones técnicas adicionales, consultar el documento de Políticas Líderes de Mitigación de Metano de CATF.<sup>b</sup></p>				
Actores	Empresas productoras, Ministerios Nacionales y Provinciales de Energía y/o Ministerios de Ambiente, ENARGAS.				
Localización	Territorio Nacional				
Barreras	<p>Técnico: Readecuación de equipos a sellos secos o integración de unidades de recuperación de vapores o, en su caso, canalización del gas a la antorcha.</p> <p>Operativo: Modificar los procedimientos operativos estándar y la cultura del sector.</p> <p>Económico: Costos de capital para la compra e instalación de las unidades de recuperación de vapores.</p> <p>Regulatorio: Marco regulatorio que requiera la implementación de estas mejores prácticas y el reporte de los indicadores mencionados a continuación entre otros.</p>				
MRV	Indicadores	Fuentes	Línea de base	Frecuencia	Responsable
	Porcentaje de compresores centrífugos con sellos secos en instalaciones existentes.	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
	Número de compresores centrífugos con sellos secos en instalaciones nuevas.	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
	Porcentaje de compresores centrífugos con un dispositivo de combustión en instalaciones existentes.	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías

		nacionales y provinciales.			nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
	Número de compresores centrífugos con un dispositivo de combustión en instalaciones nuevas.	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
	Porcentaje de compresores centrífugos con unidades de recuperación de vapores en instalaciones existentes.	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
	Número de compresores centrífugos con unidades de recuperación de vapores en instalaciones nuevas.	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
Beneficios	Mitigación de emisiones de metano causadas por esta fuente. Sector de petróleo y gas competitivo a nivel internacional. Ahorros a nivel nacional o provincial en pérdidas de producto e ingresos.				

<sup>a</sup> CATF. (2025). *Country Methane Abatement Tool Methodology*

<sup>b</sup> CATF. (2023). *Compendio de las principales regulaciones y estándares*

*de emisiones para contaminantes atmosféricos y climáticos de las operaciones de petróleo y gas natural.*

### 5.3.9 Bombas neumáticas

Descripción <sup>a,b</sup>	Las bombas neumáticas (Kimray y de Inyección) utilizan la presión del gas natural para suministrar la energía necesaria para hacer circular y presurizar líquidos. Por ejemplo, se emplean para introducir productos químicos líquidos, como inhibidores de corrosión, en gasoductos. Las bombas eléctricas, que suelen funcionar con energía solar, eliminan por completo las emisiones de metano y son técnicamente viables en numerosas ubicaciones.				
Meta	<p>Minimizar las emisiones de metano de bombas neumáticas mediante la implementación de las siguientes medidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalaciones nuevas: Prohibir el venteo de bombas neumáticas mediante el uso de tecnologías de cero purga (eléctricas o con aire comprimido) o canalizando las emisiones hacia un sistema de recolección de vapores.</li> <li>• Instalaciones existentes: En un plazo de cinco años, se deberán adecuar las bombas neumáticas de venteo con la instalación de tecnologías de control de cero emisiones o canalizar las emisiones a un sistema de recolección de vapores.</li> </ul> <p>La implementación de estas medidas puede reducir el venteo de bombas neumáticas en aproximadamente un 80%.</p> <p>Para especificaciones técnicas adicionales, consultar el documento de Políticas Líderes de Mitigación de Metano de CATF.<sup>b</sup></p>				
Actores	Empresas productoras, Ministerios Nacionales y Provinciales de Energía y/o Ministerios de Ambiente, ENARGAS.				
Localización	Territorio Nacional				
Barreras	<p>Técnico: Readecuación de equipos a sellos secos o integración de unidades de recuperación de vapores o, en su caso, canalización del gas a la antorcha.</p> <p>Operativo: Modificar los procedimientos operativos estándar y la cultura del sector.</p> <p>Económico: Costos de capital para la compra e instalación de las unidades de recuperación de vapores.</p> <p>Regulatorio: Marco regulatorio que requiera la implementación de estas mejores prácticas y el reporte de los indicadores mencionados a continuación entre otros.</p>				
MRV	Indicadores	Fuentes	Línea de base	Frecuencia	Responsable
	Número de bombas neumáticas en nuevas instalaciones que son de cero emisiones o están canalizadas a un sistema de captura.	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
	Porcentaje de bombas neumáticas en instalaciones existentes que son de cero emisiones y están canalizadas a	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías

	un sistema de captura.				nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
Beneficios	Mitigación de emisiones de metano causadas por esta fuente. Sector de petróleo y gas competitivo a nivel internacional. Ahorros a nivel nacional o provincial en pérdidas de producto e ingresos.				

<sup>a</sup> CATF. (2025). *Country Methane Abatement Tool Methodology*

<sup>b</sup> CATF. (2023). *Compendio de las principales regulaciones y estándares*

*de emisiones para contaminantes atmosféricos y climáticos de las operaciones de petróleo y gas natural.*

### 5.3.10 Terminaciones y mantenimiento de pozos

Descripción <sup>a,b</sup>	Son las emisiones de metano de las terminaciones y mantenimiento de pozos provenientes del proceso que permite el fluido de retorno de petróleo o gas natural para expulsar los fluidos de perforación del yacimiento, y testear las características del flujo del yacimiento (incluyendo la fracturación hidráulica). Las terminaciones se producen en pozos recién perforados, mientras que las reparaciones se realizan en los pozos existentes para aumentar la producción.				
Meta	Minimizar el venteo en terminaciones y mantenimiento de pozos fracturados hidráulicamente exigiendo el uso de tecnologías de "reducción de emisiones en la terminación", que permite capturar el gas en lugar de ventearlo. En los casos en que esta tecnología no sea viable, se debe requerir la quema en antorcha en lugar del venteo.  La implementación de estas medidas puede reducir el venteo en esta fuente en aproximadamente un 90%.  Para especificaciones técnicas adicionales, consultar el documento de Políticas Líderes de Mitigación de Metano de CATF. <sup>b</sup>				
Actores	Empresas productoras, Ministerios Nacionales y Provinciales de Energía y/o Ministerios de Ambiente, ENARGAS.				
Localización	Territorio Nacional				
Barreras	Técnico: Implementación de las tecnologías de reducción de emisiones en la terminación. Operativo: Modificar los procedimientos operativos estándar y la cultura del sector. Económico: Costos de capital para la compra e instalación de las tecnologías de reducción de emisiones en la terminación. Regulatorio: Marco regulatorio que requiera la implementación de estas mejores prácticas y el reporte de los indicadores mencionados a continuación entre otros.				
MRV	Indicadores	Fuentes	Línea de base	Frecuencia	Responsable
	Porcentaje de terminaciones de pozos con venteo.	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y

					validación de datos).
	Porcentaje de terminaciones de pozos realizadas con prácticas de reducción de emisiones en la terminación.	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
	Porcentaje de terminaciones de pozos realizadas con quema en antorcha.	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
	Porcentaje de mantenimientos de pozos con venteo.	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
	Porcentaje de mantenimientos de pozos realizados con prácticas de reducción de emisiones en la terminación.	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales

					(recolección y validación de datos).
	Porcentaje de mantenimientos de pozos realizados con quema en antorcha.	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
Beneficios	Mitigación de emisiones de metano causadas por esta fuente. Sector de petróleo y gas competitivo a nivel internacional. Ahorros a nivel nacional o provincial en pérdidas de producto e ingresos.				

<sup>a</sup> CATF. (2025). *Country Methane Abatement Tool Methodology*

<sup>b</sup> CATF. (2023). *Compendio de las principales regulaciones y estándares de emisiones para contaminantes atmosféricos y climáticos de las operaciones de petróleo y gas natural.*

### 5.3.11 Descarga de líquidos

Descripción <sup>a,b</sup>	El metano es emitido durante el proceso para remover los líquidos (agua producida, petróleo o condensado) que pueden acumularse en las tuberías de producción del pozo. Las emisiones procedentes de esta fuente pueden reducirse utilizando sistemas de captura de gas.				
Meta	Minimizar el venteo de metano durante la descarga de líquidos mediante el uso de dispositivos de presión diferencial y sistemas de captura de gas. La implementación de estas medidas puede reducir las emisiones por descarga de líquidos en aproximadamente un 95%. Para especificaciones técnicas adicionales, consultar el documento de Políticas Líderes de Mitigación de Metano de CATF. <sup>b</sup>				
Actores	Empresas productoras, Ministerios Nacionales y Provinciales de Energía y/o Ministerios de Ambiente				
Localización	Territorio Nacional				
Barreras	Técnico: Instalación de sistemas de captura de gas. Operativo: Modificar los procedimientos operativos estándar y la cultura del sector. Económico: Costos de capital para la compra e instalación de los sistemas de captura de gas y los dispositivos de presión diferencial. Regulatorio: Marco regulatorio que requiera la implementación de estas mejores prácticas y el reporte de los indicadores mencionados a continuación, entre otros.				
MRV	Indicadores	Fuentes	Línea de base	Frecuencia	Responsable
	Porcentaje de eventos planificados de mantenimiento de fondo de pozos, descarga de líquidos de pozos, o eventos de taponamiento de	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías

	pozos que utilizan presión diferencial para minimizar emisiones.				nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
	Porcentaje de eventos planificados de mantenimiento de fondo de pozos, descarga de líquidos de pozos, o eventos de taponamiento de pozos que utilizan sistemas de captura de gas.	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
Beneficios	Mitigación de emisiones de metano causadas por esta fuente. Sector de petróleo y gas competitivo a nivel internacional. Ahorros a nivel nacional o provincial en pérdidas de producto e ingresos.				

<sup>a</sup> CATF. (2025). *Country Methane Abatement Tool Methodology*

<sup>b</sup> CATF. (2023). *Compendio de las principales regulaciones y estándares*

*de emisiones para contaminantes atmosféricos y climáticos de las operaciones de petróleo y gas natural.*

### 5.3.12 Deshidratadores

Descripción <sup>a,b</sup>	Los deshidratadores remueven agua del flujo de gas natural al poner en contacto gas húmedo a alta presión con un líquido absorbente (e.g., etilenglicol, dietilenglicol o trietilenglicol). Cuando las emisiones de los deshidratadores de glicol (el tipo más comúnmente utilizado) no se controlan, los deshidratadores pueden liberar grandes volúmenes de metano y de otros contaminantes.				
Meta	Minimizar el venteo de metano de deshidratadores mediante la instalación de unidades de recuperación de vapores para capturar el gas venteado. La implementación de estas medidas puede reducir las emisiones de metano de deshidratadores en aproximadamente un 80%. Para especificaciones técnicas adicionales, consultar el documento de Políticas Líderes de Mitigación de Metano de CATF <sup>b</sup> .				
Actores	Empresas productoras, Ministerios Nacionales y Provinciales de Energía y/o Ministerios de Ambiente, ENARGAS.				
Localización	Territorio Nacional				
Barreras	Técnico: Instalación de sistemas de recuperación de vapores. Operativo: Modificar los procedimientos operativos estándar y la cultura del sector. Económico: Costos de capital para la compra e instalación de los sistemas de captura de gas y los dispositivos de presión diferencial. Regulatorio: Marco regulatorio que requiera la implementación de estas mejores prácticas y el reporte de los indicadores mencionados a continuación entre otros.				
MRV	Indicadores	Fuentes	Línea de base	Frecuencia	Responsable
	Número de deshidratadores con sistemas de recuperación de	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de

	vapores u otras mejores prácticas para la reducción de emisiones en instalaciones nuevas.	los gobiernos nacionales y provinciales.			medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
	Porcentaje de deshidratadores en instalaciones existentes con sistemas de recuperación de vapores u otras mejores prácticas para la reducción de emisiones.	Estadísticas del sector de petróleo y gas basadas en datos reportados a los gobiernos nacionales y provinciales.	A determinar	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
Beneficios	Mitigación de emisiones de metano causadas por esta fuente. Fortalecimiento del marco regulatorio. Sector de petróleo y gas competitivo a nivel internacional. Ahorros a nivel nacional o provincial en pérdidas de producto e ingresos.				

<sup>a</sup> CATF. (2025). *Country Methane Abatement Tool Methodology*

<sup>b</sup> CATF. (2023). *Compendio de las principales regulaciones y estándares de emisiones para contaminantes atmosféricos y climáticos de las operaciones de petróleo y gas natural.*



## 6 Módulo 5: Monitoreo, reporte y verificación

Las actividades de medición, reporte y verificación (MRV) constituyen un abordaje sistemático con el fin de hacer el seguimiento y documentar emisiones de GEI así como las reducciones de esas emisiones. La Hoja de Ruta del Metano delinea 22 acciones específicas que, si son implementadas, pueden reducir las emisiones del metano entre un 15 y 33% al año 2050 respecto del 2020. En consecuencia, la implementación de esta Hoja de Ruta puede contribuir considerablemente a los compromisos climáticos internacionales de la Argentina, incluyendo la posibilidad de cumplir con los objetivos enunciados en su Contribución Determinada a Nivel Nacional, así como aportar a alcanzar las metas del Compromiso Global del Metano (GMP), y, asimismo, generar sustantivos co-beneficios nacionales, provinciales y locales, resultantes entre otros de la mejora de la calidad del aire, al aportar a la disminución de la carga de enfermedad asociada especialmente a las enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

No obstante, los beneficios correspondientes a las medidas de acción prioritarias podrían ser solo teóricos, si no se adoptan acciones para implementar esas acciones de manera efectiva. Luego, monitorear y hacer seguimiento del progreso habido en la implementación de la Hoja de Ruta es críticamente importante. Un monitoreo eficaz de la Hoja de Ruta asegura que:

1. Los logros en la implementación de las medidas prioritarias se expliquen cuantitativamente y sean verificados, y los beneficios de las medidas también puedan ser exhibidos y comunicados.
2. La Hoja de Ruta pueda ser revisada si fuera necesario, sea como resultado del cumplimiento exitoso de los objetivos de la Hoja de Ruta que está siendo implementada y, por ende, el foco de la acción puede desplazarse a otros sectores; sea porque los desafíos hallados en la implementación requieren una revisión de la Hoja de Ruta para aumentar la efectividad de las medidas que incluye y poder alcanzar así los beneficios climáticos y de aire limpio propuestos.
3. Durante el desenvolvimiento de la Hoja de Ruta es posible hacer un seguimiento del progreso en la implementación de las medidas y revisar su aplicación regularmente.

En este marco, y como parte del abordaje adoptado, recomendamos que el monitoreo de la Hoja de Ruta del Metano de la Argentina se lleve a cabo utilizando dos diferentes conjuntos de indicadores:

- i) *Indicadores de éxito, e,*
- ii) *Indicadores de implementación.*

Los indicadores de éxito ponen de manifiesto si la meta recomendada en esta hoja de ruta se está en efecto alcanzando. Los indicadores de implementación, por su parte, hacen el seguimiento del progreso de los componentes del plan, para verificar que están siendo efectivamente implementados (por ejemplo, las 22 medidas de mitigación que han sido priorizadas). Estos dos tipos de indicadores permiten que eventualmente el Gobierno de Argentina y otros actores relevantes puedan examinar con precisión los posibles escenarios relacionados con la implementación de la Hoja de Ruta y sus avances.

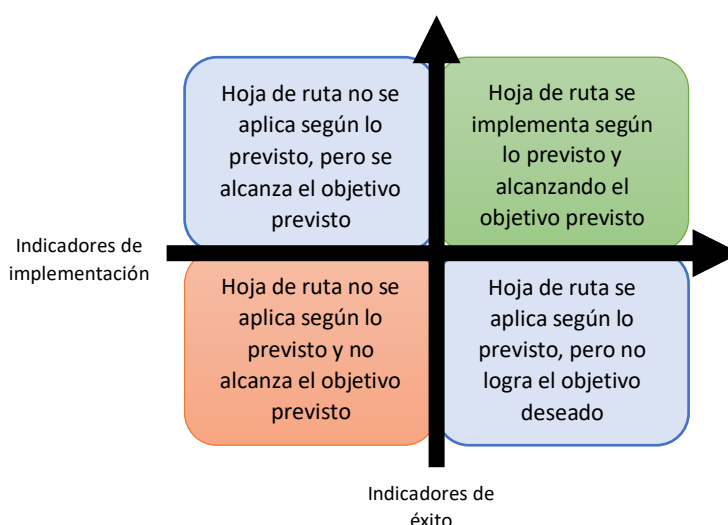
Por ejemplo, si los indicadores de implementación muestran que las medidas prioritarias incluidas están siendo implementadas como fuera previsto, al tiempo que los indicadores de éxito demuestran que las emisiones de contaminantes de corta vida en la atmosfera (SCLP, por sus siglas en inglés) están siendo reducidas al nivel proyectado en

el plan, entonces ambos indicadores consistentemente exponen tanto que el plan está siendo implementado apropiadamente, tal como fuera propuesto, como asimismo que consigue los resultados previstos ex ante.

Por otro lado, si los indicadores de implementación demuestran que el progreso planeado no es alcanzado -en la manera prevista- en el caso de algunas de las medidas aplicadas, mientras los indicadores de éxito reflejan que las emisiones de contaminantes no se están reduciendo según lo planeado, entonces puede ser necesario revisar la Hoja de Ruta y su implementación para poder corregir esos desvíos.

A su vez, si los indicadores de implementación revelan que las medidas planeadas están siendo implementadas, pero las emisiones de contaminantes no se reducen en la cuantía y en el ritmo propuestos, luego será necesario evaluar los supuestos sobre la efectividad de las medidas priorizadas ex ante, para determinar porque razón las medidas no están siendo eficaces para reducir las emisiones (por ejemplo, las medidas pueden no estar siendo aplicadas apropiadamente, o el desarrollo socioeconómico eleva las emisiones con mayor velocidad de lo que las medidas utilizadas son capaces de incidir para disminuir las emisiones).

*Figura 14 Combinación de indicadores de éxito e implementación y cómo evalúan la implementación de la Hoja de Ruta de Metano de Argentina*



*Fuente: Elaboración propia*

En línea con los abordajes y las mejores prácticas utilizadas internacionalmente en la elaboración y puesta en vigor de sistemas de monitoreo, reporte y verificación, recomendamos que los indicadores de éxito y los indicadores de implementación propuestos para la Hoja de Ruta sean monitoreados como parte integrante de los sistemas de monitoreo, reporte y verificación más abarcadores y comprensivos del país; estos últimos incluyen las bases de datos integradas y los sistemas de intercambio de información estadística existentes, a la vez que comprende el sistema de reporte a partir del cual el Gobierno de Argentina comunica su informaciones a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Las razones que sustentan esta última recomendación es que hay una sustantiva superposición entre los indicadores necesarios para monitorear los objetivos y planes en materia de cambio climático (por ejemplo, la contribución nacionalmente determinada), y los correspondientes a la Hoja de Ruta de Metano.

Al monitorear los contaminantes climáticos de vida corta como parte de los marcos para el monitoreo de la acción climática ya existente, se generan eficiencias y sinergia en la compilación de datos, el aseguramiento de la calidad de la información y de los procesos, y en la gestión transparente de datos. La subsección a continuación describe en detalle los indicadores de éxito e implementación que pueden ser empleados para monitorear la implementación de la Hoja de Ruta en el marco de los sistemas nacionales de monitoreo del cambio climático en vigor.

## 6.1 Indicadores de éxito

El objetivo último de una Hoja de Ruta de Metano para el país es reducir las emisiones de metano para avanzar en la mitigación del cambio climático, a la vez que conseguir efectos positivos en la salud de la población y en las condiciones de la salud pública, mediante el mejoramiento de la calidad del aire y la disminución de la contaminación, al ser el metano un precursor del ozono troposférico. La Segunda NDC de la Argentina tiene una meta absoluta, por lo que no se cuenta con un indicador de referencia. El indicador de seguimiento cuantitativo del progreso de la NDC serán las emisiones netas anuales reportadas en los subsiguientes Inventarios Nacionales de GEI. En consecuencia, el indicador primario de éxito de esta hoja de ruta está constituido por las emisiones nacionales totales de metano.

El Gobierno de Argentina ha publicado las emisiones totales de GEI en sus inventarios nacionales. El inventario nacional de GEI es hoy actualizado cada dos años mediante la publicación del Informe Bienal de Actualización (IBA) conocido como Biennial Update Report (BUR, por sus siglas en inglés) y elevado a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (el último, el quinto de esos informes, fue difundido en 2023).

El cálculo de las emisiones de GEI se lleva a cabo siguiendo la metodología y los protocolos para el manejo de datos establecido por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), así como las orientaciones metodológicas para el desarrollo de inventarios del propio IPCC. En consecuencia, parece conveniente que los CCVC y otros contaminantes del aire (carbono negro, material particulado, óxidos nitrosos, dióxido sulfúrico, compuestos orgánicos volátiles distintos del metano, amoníaco y monóxido de carbono) sean integrados y cuantificados como parte del inventario nacional de emisiones de GEI de la Argentina.

El metano y los HFC ya se cuantifican en el inventario nacional y por ende no es necesario recomendar que sean agregados. Sin embargo, al actualizar las estimaciones de emisiones utilizando el nivel 2 en todas las subcategorías, podrían mejorar sustancialmente la robustez de estas estimaciones de CCVC. En el caso del carbono negro y otros contaminantes atmosféricos, numerosos países han ya integrado las emisiones de estos contaminantes en sus inventarios nacionales de emisiones, de modo que están disponibles orientaciones comprensivas para hacer estas estimaciones<sup>54</sup>.

Las metodologías y la información necesarias para la cuantificación de las emisiones de carbono negro y de otros contaminantes aéreos, se solapan con aquellas cuyo propósito es la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que implica que una proporción considerable de la información necesaria ya es compilada a través del proceso de realización de los inventarios nacionales (ver anexo técnico).

---

<sup>54</sup> CCAC and ICAT guide on integration of air pollution and SLCPs into climate change monitoring frameworks: <https://climateactiontransparency.org/our-work/icat-toolbox/integrating-air-pollution-and-short-lived-climate-pollutants-into-climate-change-transparency-frameworks-a-practical-guide/>

En resumen, los indicadores de éxito que permiten medir la reducción de las emisiones de metano por la implementación de las acciones listadas en la sección 3.2, 5.1 a 5.3 son:

**Total de emisiones de metano en el sector agrícola (kt/año)**

**Total de emisiones de metano en el sector residuos (kt/año)**

**Total de emisiones de metano en el sector petróleo y gas (kt/año)**

**% de emisiones de metano del sector agrícola reducidas.**

**% de emisiones de metano del sector residuos reducidas.**

**% de emisiones de metano del sector petróleo y gas reducidas.**

## 6.2 Indicadores de implementación

Los indicadores de implementación procuran determinar si una medida está siendo implementada tal como fuera propuesta. En consecuencia, estos indicadores requieren compilar información referida a la forma en la cual los cambios en un sector particular o sistema están siendo implementados. Luego, los proveedores de datos diferirán para los indicadores que evalúen la implementación de cada medida individual.

Los indicadores de implementación recomendados se exponen en la Tabla 9. Se recomienda que estos indicadores se incluyan en todos los planes relacionados con el cambio climático y que el sistema MRV sirva como plataforma centralizada para su reporte simultáneo. Esto permitirá obtener una visión más clara del progreso alcanzado y de los desafíos en la aplicación de las medidas de mitigación. Siempre que sea posible, los indicadores de implementación deberían recopilarse de manera anual, aunque esto puede eventualmente no ser factible en la práctica. En muchos casos, los ministerios, departamentos o agencias y organismos sectoriales ya recopilan algunos de estos indicadores. En tales casos, la información necesaria puede compilarse y consolidarse a través de los procesos de recolección de datos ya existentes. En otros casos, podría ser más eficiente añadir estos indicadores para que sean elaborados según los procedimientos actuales de recolección de datos, como por ejemplo utilizar las encuestas sectoriales disponibles.

Tabla 12 Indicadores de implementación para las medidas de mitigación incluidas en la Hoja de Ruta

Sector	Subsector	Tipo de medida	Medida	Descripción	Periodo de implementación (escenario conservador – mayor ambición)	Indicador	Frecuencia	Responsable
Agricultura	Ganadería	Salud animal	Mejoramiento de la salud animal del ganado bovino	Reducir la tasa de mortalidad	2040 - 2030	Tasa de mortalidad de ganado	Anual	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca
						Tasa de prevalencia de parasitosis (podrían incorporarse otras)	Anual	
Agricultura	Ganadería	Cría de ganado	Incremento de la productividad animal: producción de carne	El aumento de la producción de carne por: aumento de la relación vaca-ternero (media nacional, 63%) y valor HCW (media nacional, 225 kg).	2040 - 2030	Relación ternero/vaca por provincia (indicador indirecto)	Anual	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca
						Relación ternero/producción de carne por provincia (indicador indirecto)		
Agricultura	Ganadería	Optimización del alimento	Aumentar la 1) productividad y 2) la digestibilidad del forraje al incrementar las leguminosas	Aumentar el rango de forraje y tierras naturales de acuerdo con el ganado. Verificar los períodos invernales con el equilibrio adecuado (ganado/forraje). Incrementar la proporción de leguminosas en las explotaciones.	2050 - 2040	Superficie con pasturas (indicador indirecto)	Anual	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca
						Superficie con pasturas incluyendo detalle de áreas sembradas (indicador indirecto)	Anual	
Agricultura	Ganadería	Optimización del alimento	Intensificación del manejo de pasturas y del pastoreo	Aumentar la calidad de la hierba y la ingesta de materia orgánica digestible. Manejar la altura del pasto y el pastoreo rotativo	2040 - 2030	Superficie con pasturas incluyendo detalle de áreas sembradas (indicador indirecto)	Anual	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca
						Número de hectáreas bajo prácticas de mejoramiento de pasturas y forrajes, seleccionando: superficie sembrada; superficie fertilizada; Superficie con gestión del pastoreo o pastoreo controlado por parcelas (indicador indirecto)	Anual	
Agricultura	Ganadería	Gestión del estiércol	Incorporación o inyección de estiércol, Calendario de aplicación del estiércol	Esta medida evitaría el almacenamiento y se aplicaría directamente a los campos, evitando las emisiones de metano. Existen restricciones legales a nivel	2050 - 2040	Superficie bajo uso agronómico que implementan inyección de estiércol	Anual	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca

Sector	Subsector	Tipo de medida	Medida	Descripción	Periodo de implementación (escenario conservador – mayor ambición)	Indicador	Frecuencia	Responsable
				subnacional. Sin embargo, en el futuro, esas deberían resolverse. Los beneficios de usar estiércol en lugar de fertilizantes están siendo conocidos por los productores				
<b>Agricultura</b>	Ganado lechero	Manipulación del rumen.	Inhibidor químico 3-NOP, ionóforos, taninos, algas marinas que contienen bromoformo y otras algas marinas.	La limitación es la relación costo/beneficio. Los otros problemas están resueltos (manejo, dietas, rutinas, genética, etc.)	2040 - 2030	Número de explotaciones bajo sistemas de bajo metano (indicador de metano evitado a partir del registro de ventas a nivel nacional)	Anual	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca
<b>Agricultura</b>	Ganado lechero	Gestión del estiércol	Separación sólido-líquido.	Actualmente no se aplica debido al desconocimiento de los beneficios y porque no hay una motivación para hacerlo (a nivel regulatorio y de política).	2050 - 2040	Número de tambos que aplican separación de estiércol	Anual	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca
<b>Residuos</b>	Residuos sólidos	Reducción de residuos	Reducir la generación de residuos.		2040 - 2030	Volumen (ton) de residuos sólidos municipales que son generados	Anual	Subsecretaría de Ambiente
<b>Residuos</b>	Residuos sólidos	Separación en la fuente, recogida diferenciada y tratamiento (compostaje, reciclaje, digestión anaeróbica).	Desplazar residuos sólidos orgánicos para compostaje.	Desplazar residuos orgánicos de los vertederos al compostaje para la producción de fertilizantes.	2040 - 2040	Volumen (ton) de materiales orgánicos en residuos sólidos municipales que son recuperados para ser compostados.	Anual	Subsecretaría de Ambiente
<b>Residuos</b>	Residuos sólidos	Separación en la fuente, recogida diferenciada y tratamiento (compostaje, reciclaje, digestión anaeróbica).	Reciclaje de papel.		2040 - 2030	Volumen (ton) de papel en residuos sólidos municipales que son recuperados para ser compostados.	Anual	Subsecretaría de Ambiente

Sector	Subsector	Tipo de medida	Medida	Descripción	Periodo de implementación (escenario conservador – mayor ambición)	Indicador	Frecuencia	Responsable
<b>Residuos</b>	Residuos sólidos	Separación en la fuente, recogida diferenciada y tratamiento (compostaje, reciclaje, digestión anaeróbica).	Digestor anaeróbico para la producción de biogás		2040 - 2030	Número de instalaciones para el aprovechamiento del biogás obtenido de residuos	Anual	Subsecretaría de Ambiente
<b>Residuos sólidos</b>	Residuos sólidos	Vertederos / rellenos sanitarios	Recolección de gas de vertedero y quema.		2050 - 2040	Número de rellenos sanitarios que cuentan con sistemas de captura y aprovechamiento de gas de relleno sanitario.  Fracción del metano proveniente de gases de relleno sanitario destruido o aprovechado en sistemas de captura y utilización.	Anual  Anual	Subsecretaría de Ambiente  Subsecretaría de Ambiente
<b>Petróleo y Gas</b>	Petróleo y gas	Políticas Públicas	Establecer instrumentos de políticas públicas alineados con los compromisos nacionales e internacionales en materia de metano.	Establecer un objetivo sectorial de mitigación de metano, definir metas regulatorias, tanto a nivel nacional como provincial para el sector de petróleo y gas alineadas con la NDC y el PNAyMCC	2027	Estimaciones actualizadas de emisiones de metano para el sector y su potencial de mitigación.  Actualización de la NDC y el PNAyMCC con un objetivo sectorial de mitigación de metano.  Número de provincias con metas sobre metano en petróleo y gas.	Según lo requerido por el Acuerdo de París o las actualizaciones del PNAyMCC.	Ministerio Nacional de Energía, ENARGAS y Subsecretaría Nacional de Ambiente.
<b>Petróleo y Gas</b>	Petróleo y gas	Políticas Públicas	Desarrollo de políticas públicas para la implementación de mejores prácticas tecnológicas y operativas de mitigación de metano.	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Implementar la Resolución 970/2023 RESOL-2023-970-APN-SE#MEC.</li> <li>· Publicación de regulaciones provinciales y nacionales de metano que estén alineadas.</li> <li>· Incluir en las regulaciones de metano requerimientos específicos de mitigación para los equipos con fugas; venteo y quema de gas asociado; controladores neumáticos, compresores alternativos;</li> </ul>	2027	Número de regulaciones publicadas sobre metano en petróleo y gas.  Número de regulaciones implementadas sobre metano en petróleo y gas.  Porcentaje de producción de petróleo cubierta por regulaciones nacionales o provinciales.	Anual	Instituciones gubernamentales nacionales y provinciales.

Sector	Subsector	Tipo de medida	Medida	Descripción	Periodo de implementación (escenario conservador – mayor ambición)	Indicador	Frecuencia	Responsable
				tanques; compresores centrífugos; bombas neumáticas; terminaciones de pozos y mantenimientos; descargas de líquidos y deshidratadores.		Porcentaje de producción de gas cubierta por regulaciones nacionales o provinciales.		
<b>Petróleo y Gas</b>	Petróleo y gas	Fugas de equipos	Programa de detección y reparación de fugas (LDAR por sus siglas en inglés)	Inspecciones trimestrales Reparaciones dentro de un plazo de 5 días hábiles (excepto cuando se requiera paro de instalación) Inspecciones de seguimiento dentro de 15 días para verificar las reparaciones. Reporte anual a las autoridades regulatorias para la evaluación del cumplimiento.	2028 O conforme lo establecido en instrumentos normativos	Número de inspecciones realizadas Número de fugas encontradas Número de fugas reparadas	Inspecciones trimestrales, reporte anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías Provinciales (recolección y validación de datos).
<b>Petróleo y Gas</b>	Petróleo y gas	Venteo y quema de gas asociado	Minimización de emisiones por venteo y quema gas asociado	Prohibir el venteo de gas asociado, excepto en situaciones específicas como emergencias y pruebas de pozo, para las cuales el operador debe, generalmente, obtener un permiso del regulador. Prohibir la quema de gas asociado en antorcha, salvo en situaciones enumeradas (ver documento de Políticas Líderes de CATF). Mejorar la eficiencia de la antorcha a al menos 98%. Garantizar que las antorchas permanezcan encendidas en todo momento y que el operador sea notificado de inmediato si se apagan (incluyendo el uso de encendido automático o piloto continuo y sistema de alarma).	Instalaciones nuevas: 2030 Instalaciones existentes: 2035 o conforme lo establecido en los instrumentos normativos.	Número de eventos de venteo con solicitud de excepción (permiso). Duración de los eventos de venteo con solicitud de excepción (permiso). Número de eventos de antorcha apagada. Duración de los eventos de antorcha apagada. Emisiones de metano por eventos de venteo con solicitud de excepción (permiso). Emisiones de metano por eventos de antorcha apagada. Volumen de gas quemado en antorcha. Emisiones de metano por quema en antorcha (incluyendo supuestos sobre la eficiencia de destrucción de la antorcha).	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).

Sector	Subsector	Tipo de medida	Medida	Descripción	Periodo de implementación (escenario conservador – mayor ambición)	Indicador	Frecuencia	Responsable
<b>Petróleo y Gas</b>	Petróleo y gas	Controladores neumáticos	Minimización de emisiones de metano de controladores neumáticos mediante el uso de tecnologías de cero purga (eléctricos o con aire comprimido).	Instalaciones nuevas: Prohibir el venteo de controladores neumáticos mediante el uso de tecnologías de controladores de cero purga (eléctricos o con aire comprimido) o mediante la canalización de emisiones hacia un sistema de recolección de vapores que las capture. Instalaciones existentes: En un plazo de cinco años, los operadores deberán readecuar los controladores neumáticos de venteo instalando tecnologías de controladores de cero emisiones o mediante su conexión a un sistema de recolección de vapores.	Instalaciones nuevas: 2030 Instalaciones existentes: 2035  o conforme lo establecido en los instrumentos normativos.	Número de controladores de cero emisiones (eléctricos o con aire comprimido) en nuevas instalaciones o canalizados a un sistema de recolección de vapores.  Porcentaje de controladores neumáticos existentes que están siendo reemplazados por controladores de cero emisiones o canalizados a un sistema de recolección de vapores.	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
<b>Petróleo y Gas</b>	Petróleo y gas	Compresores alternativos	Minimización de emisiones de compresores alternativos mediante el uso de equipos para captura de gas, y reemplazo regular de los empaques de vástago.	Minimizar el venteo de compresores alternativos aumentando la frecuencia de reemplazo de los empaques de vástago y/o el uso de equipos para captura del gas.	Instalaciones nuevas: 2030 Instalaciones existentes: 2035  o conforme lo establecido en los instrumentos normativos.	Edad promedio del empaque del vástago en la flota de compresores de alternativos.  Porcentaje de compresores alternativos equipados con sistemas de captura de gas.	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
<b>Petróleo y Gas</b>	Petróleo y gas	Tanques	Minimización de las emisiones de tanques mediante el uso de unidades de recuperación de vapores para capturar gas, o tanques con quemadores.	Minimizar las emisiones provenientes de tanques al requerir el uso de unidades de recuperación de vapores para capturar el gas, que de otro modo sería venteado, y reintroducirlo en el sistema. En los casos en que la recuperación de vapores no sea factible, requerir el uso de una antorcha.	Instalaciones nuevas: 2030 Instalaciones existentes: 2035  o conforme lo establecido en los instrumentos normativos.	Porcentaje de tanques con unidades de recuperación de vapores.  Porcentaje de tanques con antorchas.	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).
<b>Petróleo y Gas</b>	Petróleo y gas	Compresores centrífugos	Minimización emisiones de compresores centrífugos reemplazando compresores con sellos húmedos por sellos secos, o el uso de sistemas de recolección de vapores.	Minimizar el venteo de compresores centrífugos requiriendo a los operadores reemplazar los compresores de sello húmedo por compresores de sello seco, o requerir a los operadores a que canalicen las emisiones de las unidades de desgasificación de petróleo a un	Instalaciones nuevas: 2030 Instalaciones existentes: 2035  o conforme lo establecido en los	Porcentaje de compresores centrífugos con sellos secos en instalaciones existentes.  Número de compresores centrífugos con sellos secos en instalaciones nuevas.	Anual	-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia). -Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).

Sector	Subsector	Tipo de medida	Medida	Descripción	Periodo de implementación (escenario conservador – mayor ambición)	Indicador	Frecuencia	Responsable
				sistema de recolección de vapores (incluyendo la redirección de las emisiones a la entrada del compresor) o a un dispositivo de combustión (e.g., antorcha).	instrumentos normativos.	<p>Porcentaje de compresores centrífugos con un dispositivo de combustión en instalaciones existentes.</p> <p>Número de compresores centrífugos con un dispositivo de combustión en instalaciones nuevas.</p> <p>Porcentaje de compresores centrífugos con unidades de recuperación de vapores en instalaciones existentes.</p> <p>Número de compresores centrífugos con unidades de recuperación de vapores en instalaciones nuevas.</p>		
<b>Petróleo y Gas</b>	Petróleo y gas	Bombas neumáticas	Minimización de las emisiones de bombas neumáticas mediante el uso de tecnologías de cero purga.	<p>Instalaciones nuevas: Prohibir el venteo de bombas neumáticas mediante el uso de tecnologías de cero purga (eléctricas o con aire comprimido) o canalizando las emisiones hacia un sistema de recolección de vapores.</p> <p>Instalaciones existentes: En un plazo de cinco años, se deberán adecuar las bombas neumáticas de venteo con la instalación de tecnologías de control de cero emisiones o canalizar las emisiones a un sistema de recolección de vapores.</p>	<p>Instalaciones nuevas: 2030</p> <p>Instalaciones existentes: 2035</p> <p>o conforme lo establecido en los instrumentos normativos.</p>	<p>Número de bombas neumáticas en nuevas instalaciones que son de cero emisiones o están canalizadas a un sistema de captura.</p> <p>Porcentaje de bombas neumáticas en instalaciones existentes que son de cero emisiones y están canalizadas a un sistema de captura.</p>	Anual	<p>-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia).</p> <p>-Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).</p>
<b>Petróleo y Gas</b>	Petróleo y gas	Terminaciones y mantenimiento de pozos	Minimización de emisiones durante las terminaciones y mantenimientos de pozos mediante el uso de tecnologías de "reducción de emisiones en la terminación".	<p>Minimizar el venteo en terminaciones y mantenimiento de pozos fracturados hidráulicamente exigiendo el uso de tecnologías de "reducción de emisiones en la terminación", que permite capturar el gas en lugar de ventearlo. En los casos en que esta tecnología no sea viable, se debe requerir la quema en antorcha en lugar del venteo.</p>	<p>Instalaciones nuevas: 2030</p> <p>Instalaciones existentes: 2035</p> <p>o conforme lo establecido en los instrumentos normativos.</p>	<p>Porcentaje de terminaciones de pozos con venteo.</p> <p>Porcentaje de terminaciones de pozos realizadas con prácticas de reducción de emisiones en la terminación.</p>	Anual	<p>-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia).</p> <p>-Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).</p>

Sector	Subsector	Tipo de medida	Medida	Descripción	Periodo de implementación (escenario conservador – mayor ambición)	Indicador	Frecuencia	Responsable
						<p>Porcentaje de terminaciones de pozos realizadas con quema en antorcha.</p> <p>Porcentaje de mantenimientos de pozos con venteo.</p> <p>Porcentaje de mantenimientos de pozos realizados con prácticas de reducción de emisiones en la terminación.</p> <p>Porcentaje de mantenimientos de pozos realizados con quema en antorcha.</p>		
Petróleo y Gas	Petróleo y gas	Descarga de líquidos	Minimización de emisiones durante la descarga de líquidos mediante presión diferencial y sistemas de captura de gas.	Minimizar el venteo de metano durante la descarga de líquidos mediante el uso de dispositivos de presión diferencial y sistemas de captura de gas.	<p>Instalaciones nuevas: 2030</p> <p>Instalaciones existentes: 2035</p> <p>o conforme lo establecido en los instrumentos normativos.</p>	<p>Porcentaje de eventos planificados de mantenimiento de fondo de pozos, descarga de líquidos de pozos, o eventos de taponamiento de pozos que utilizan presión diferencial para minimizar emisiones.</p> <p>Porcentaje de eventos planificados de mantenimiento de fondo de pozos, descarga de líquidos de pozos, o eventos de taponamiento de pozos que utilizan sistemas de captura de gas</p>	Anual	<p>-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia).</p> <p>-Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).</p>
<b>Petróleo y Gas</b>	Petróleo y gas	Deshidratados	Minimización del venteo de los deshidratadores mediante el uso de unidades de recuperación de vapor.	Minimizar el venteo de metano de deshidratadores mediante la instalación de unidades de recuperación de vapores para capturar el gas venteado.	<p>Instalaciones nuevas: 2030</p> <p>Instalaciones existentes: 2035</p> <p>o conforme lo establecido en los instrumentos normativos.</p>	<p>Número de deshidratadores con sistemas de recuperación de vapores u otras mejores prácticas para la reducción de emisiones en instalaciones nuevas.</p> <p>Porcentaje de deshidratadores en instalaciones existentes con sistemas de recuperación de vapores u otras mejores prácticas para la reducción de emisiones.</p>	Anual	<p>-Empresas productoras (implementación de medidas, reporte a la provincia).</p> <p>-Ministerios o Secretarías nacionales y provinciales (recolección y validación de datos).</p>

## 7 Referencias

- Branco, A., Guizzardo, D., Jacom, F., Schaag, E., Vignati, E., Monforti-Ferrario, F., Pagani, F., Grassi, G., Banja, M., Muntean, M., Crippa, M., Simone Rossi, Becker, W., Brandao de Mejo, J., & San-Miguel-Ayanz, J. (2024). EDGAR v8.1 Global Air Pollutant Emissions (Version 8.1) [Dataset]. European Commission, Joint Research Centre (JRC). <https://doi.org/10.2760/953322>
- Boletín Oficial de Chubut. Resolución N°58/2024, obtenido de <https://boletin.chubut.gov.ar/archivos/boletines/Octubre%203,%202024.pdf>
- CCAC, & UNEP. (2021). Global Methane Assessment (full report).  
CCAC. <https://www.ccacoalition.org/en/resources/argentina-integrated-slcp-and-air-pollutant-emission-inventory>
- CCAC. <https://www.ccacoalition.org/projects/methane-roadmap-action-programme-m-rap>
- CCAC and ICAT guide on integration of air pollution and SLCPs into climate change monitoring frameworks: <https://climateactiontransparency.org/our-work/icat-toolbox/integrating-air-pollution-and-short-lived-climate-pollutants-into-climate-change-transparency-frameworks-a-practical-guide/>
- Clean Air Task Force (CATF) 2023, Leading Methane Abatement Policies for Oil and Gas Operations. <https://cdn.catf.us/wp-content/uploads/2021/09/20085601/leading-methane-abatement-policies-for-oil-and-gas-operations.pdf>
- Clean Air Task Force (CATF) (2024a). Leading Methane Abatement Policies for Oil and Gas Operations. <https://cdn.catf.us/wp-content/uploads/2021/09/20085601/leading-methane-abatement-policies-for-oil-and-gas-operations.pdf>
- Clean Air Task Force (CATF) (2024b). CoMAT Methodology. [https://cdn.catf.us/wp-content/uploads/2024/09/16153856/CoMAT\\_Methodology\\_V2.pdf](https://cdn.catf.us/wp-content/uploads/2024/09/16153856/CoMAT_Methodology_V2.pdf)
- Clean Air Task Force (CATF) (2024a). Compendio de las principales regulaciones y estándares de emisiones para contaminantes atmosféricos y climáticos de las operaciones de petróleo y gas natural. Obtenido de <https://cdn.catf.us/wp-content/uploads/2021/04/26161432/politicas-principales-de-reduccion-de-metano-para-operaciones-de-petroleo-y-gas-natural.pdf>
- Congio, G. F. S., Bannink, A., Mayorga, O. L., Rodrigues, J. P. P., Bougouin, A., Kebreab, E., Carvalho, P. C. F., Berchielli, T. T., Mercadante, M. E. Z., Valadares-Filho, S. C., Borges, A. L. C. C., Berndt, A., Rodrigues, P. H. M., Ku-Vera, J. C., Molina-Botero, I. C., Arango, J., Reis, R. A., Posada-Ochoa, S. L., Tomich, T. R., ... Hristov, A. N. (2023). Improving the accuracy of beef cattle methane inventories in Latin America and Caribbean countries. *Science of the Total Environment*, 856(September 2022). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159128>
- Crippa M et al (2021). GHG emissions of all world countries—2021 Report EUR 30831 EN (Luxembourg: Publications Office of the European Union)
- DeFabrizio et al. (2021). Curbing methane emissions: How five industries can counter a major climate threat. McKinsey Sustainability.
- European Commission, & United States of America. (2021). Global Methane Pledge. Global Methane Pledge.

- Feng, L., Palmer, P. I., Zhu, S., Parker, R. J., & Liu, Y. (2022). Tropical methane emissions explain large fraction of recent changes in global atmospheric methane growth rate. *Nature Communications*, 13(1), 1–8.  
<https://doi.org/10.1038/s41467-022-28989-z>
- Global Flaring and Methane Reduction Partnership. (2024a). Gas Flaring Explained.  
<https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/gas-flaring-explained>
- Global Flaring and Methane Reduction Partnership. (2024b). Methane from Oil and Gas Production Explained.  
<https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/methane-explained>
- Instituto Argentino del Petróleo y del Gas. (2020). Práctica recomendada: Realización de inventarios de gases de efecto invernadero en actividades de exploración y producción de hidrocarburos y procesamiento de gas.  
<https://www.iapg.org.ar/sectores/practicas/PRSC202020.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/gleam/en/>
- IEA. (2024). Methane Tracker [Interactive database of country and regional estimates for methane emissions and abatement options]. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/methane-tracker>
- IPCC. (2021). *Climate change 2021—The physical science basis: Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (1st ed.). Cambridge University Press
- IPCC 2021 Summary for policymakers (AR6) *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*
- Jackson R. B. et al. (2024). Human activities now fuel two-thirds of global methane emissions. *Environ. Res. Lett.* 19 (2024) 101002.
- LEAP. Low Emissions Analysis Platform), <https://leap.sei.org/default.asp?action=introduction>
- Methane Tracker 2024. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/methane-tracker>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República Argentina (MAyDS). (2020). Segunda Contribución Determinada a Nivel Nacional de la República Argentina.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República Argentina (MAyDS). (2023). Informe Nacional de Inventario del Quinto Informe Bienal de Actualización de la República Argentina a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). [Biennial update reports (BUR)].  
<https://unfccc.int/documents/634953>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República Argentina (MAyDS). (2022). Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/pnaymcc\\_2022\\_-\\_vf\\_resol.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/pnaymcc_2022_-_vf_resol.pdf)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Argentina. (2021). Estrategia de desarrollo resiliente con bajas emisiones a largo plazo a 2050.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República Argentina. Ley 27250  
<https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/ley-27520>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República Argentina. Gabinete Nacional de Cambio Climático  
<https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/gabinete-nacional>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República Argentina. Inventario de GEI.  
<https://inventariogei.ambiente.gob.ar/>

Parlamentario.com (2024). Funcionarios y expertos expusieron sobre la iniciativa que busca la reducción de emisiones de metano. <https://www.parlamentario.com/2024/10/02/funcionarios-y-expertos-expusieron-sobre-la-iniciativa-que-busca-la-reduccion-de-emisiones-de-metano/>

Presidencia de Argentina. (2021). Actualización de la meta de emisiones netas de Argentina al 2030.

Presidencia de Argentina. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/accion-climatica-argentina-avanza-con-su-estrategia-nacional-2030-2050-contra-el-cambio>

Senado de la Nación, obtenido de <https://www.senado.gob.ar/parlamentario/comisiones/verExp/1441.20/S/PL>

Senado de la Nación, obtenido de <https://www.senado.gob.ar/parlamentario/parlamentaria/464462/downloadPdf>

SGAyDS. (2019). Tercer Informe Bienal de Actualización de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC).

Stavins, R. (2024). How Reducing Methane Emissions Will Slow Climate Change.

Stockholm Environment Institute, & Climate and Clean Air Coalition. (2021). Un inventario integrado de emisiones de contaminantes climáticos de vida corta ( CCVC ) y de contaminantes atmosféricos para Argentina.

United Nations Environment Programme, & Climate and Clean Air Coalition. (2021). Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions.  
[https://www.ccacoalition.org/sites/default/files/resources//2021\\_Global-Methane\\_Assessment\\_full\\_0.pdf](https://www.ccacoalition.org/sites/default/files/resources//2021_Global-Methane_Assessment_full_0.pdf)

U.S.-EU Joint Press Release on the Global Methane Pledge Energy Pathway - United States Department of State.  
Recuperado el 03/04/2023

# Climate & Clean Air Coalition

## Methane Roadmap Action Programme (M-RAP)

### Hoja de ruta para la reducción de emisiones de metano en la República Argentina.

*Anexo técnico 1 : Marco metodológico de la modelación de emisiones de metano y otros contaminantes para el sector de agricultura y residuos.*



UNEP convened initiative

## A. Introducción

Este anexo técnico incluye la descripción metodológica para la modelación de emisiones de los sectores de agricultura y residuos, tanto históricas como proyectadas, lo cual constituye la información fuente para el análisis y evaluación de las medidas de mitigación dentro de la hoja nacional de ruta de metano para la Argentina. Este anexo técnico describe la metodología, los datos y los supuestos utilizados para elaborar las proyecciones de emisiones.

En el desarrollo de los inventarios históricos de emisiones, la estimación de las emisiones de los sectores de la agricultura y los residuos (y los subsectores asociados dentro de cada sector) se suele realizar de forma independiente. Se recopilan los datos más sólidos para caracterizar cada sector y se combinan con las metodologías internacionales de mejores prácticas para estimar los totales de emisiones. Este proceso constituye la base para modelizar los inventarios nacionales de emisiones presentados ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, así como los inventarios mundiales de emisiones, como el conjunto de datos *Emissions Data for Global Air Research (EDGAR)* (Crippa et al., 2018)

Las emisiones de los sectores de agricultura y de residuos están interrelacionados. Un ejemplo de esto es la generación de residuos, aproximadamente un tercio de la producción mundial de alimentos que se desperdicia cada año termina dentro de los sistemas de gestión de residuos municipales ya sea formales o informales. Como resultado, la estimación de las emisiones históricas de los sectores de la agricultura y los residuos por separado puede introducir imprecisiones en los resultados para estos sectores. Además, la capacidad de evaluar el impacto de diferentes proyecciones a futuro para cada sector se ve sustancialmente limitada si los cambios en un sector no se reflejan en cambios en el otro.

Comprender la capacidad de reducir las emisiones de los sectores de la agricultura y los residuos es fundamental para que la Argentina contribuya no solo al cumplimiento de las metas nacionales de reducción sino a también a los objetivos internacionales en materia de cambio climático, así como para lograr otros beneficios además de la reducción de las emisiones de metano (y otros gases de efecto invernadero), como la mejora de la calidad del aire gracias a la reducción de las emisiones de contaminantes atmosféricos derivados de estos dos sectores clave.

El análisis descrito en este anexo técnico pretende desarrollar un marco de modelación que represente de forma coherente las emisiones procedentes de todos los subsectores de los residuos y la agricultura, y el impacto de los cambios futuros en las variables que impulsan el consumo de alimentos y la generación de residuos (por ejemplo, el incremento en la población del país), así como las políticas y medidas de mitigación sobre las emisiones de metano, y su impacto en la reducción de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos procedentes de estos sectores.

Los resultados del modelo descritos en este documento proporcionan un conjunto detallado de proyecciones de emisiones nacionales para el sector de agricultura y de residuos. Se incluyen proyecciones para los gases de efecto invernadero (GEI) de larga vida, el dióxido de carbono y el óxido nitroso, así como para los contaminantes climáticos de vida corta, como el metano, el amoníaco, el carbono negro y el carbono orgánico. Se estiman las emisiones históricas de 2010-2021 y se incluyen proyecciones de emisiones hasta 2050 que reflejan diferentes hipótesis sobre el crecimiento futuro de la población, las dietas y los niveles de hambre y malnutrición.

## B. Marco metodológico

El marco metodológico de modelización se basa en el modelo descrito en la Figura A-1. Para cuantificar las emisiones de cada uno de los subsectores incluidos en los sectores de los residuos y la agricultura, enumerados en la Tabla A-1, se utilizan las metodologías de la guía de inventarios nacionales de emisiones de gases de efecto invernadero del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (IPCC, 2006, 2019). La vinculación de cada uno de los métodos del IPCC para cada subsector es un conjunto de cálculos que desarrollan una comprensión coherente de la demanda de diferentes productos alimenticios (ganado y productos lácteos), la generación de residuos y otros insumos en cada uno de los módulos de agricultura y residuos.

El modelo se utilizó para producir emisiones históricas de 2015-2020, basándose en estadísticas internacionales de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), IPCC (detalladas en las subsecciones siguientes) (Tubiello et al., 2013). Cuando ha sido posible, también se han integrado en el análisis las estadísticas nacionales.

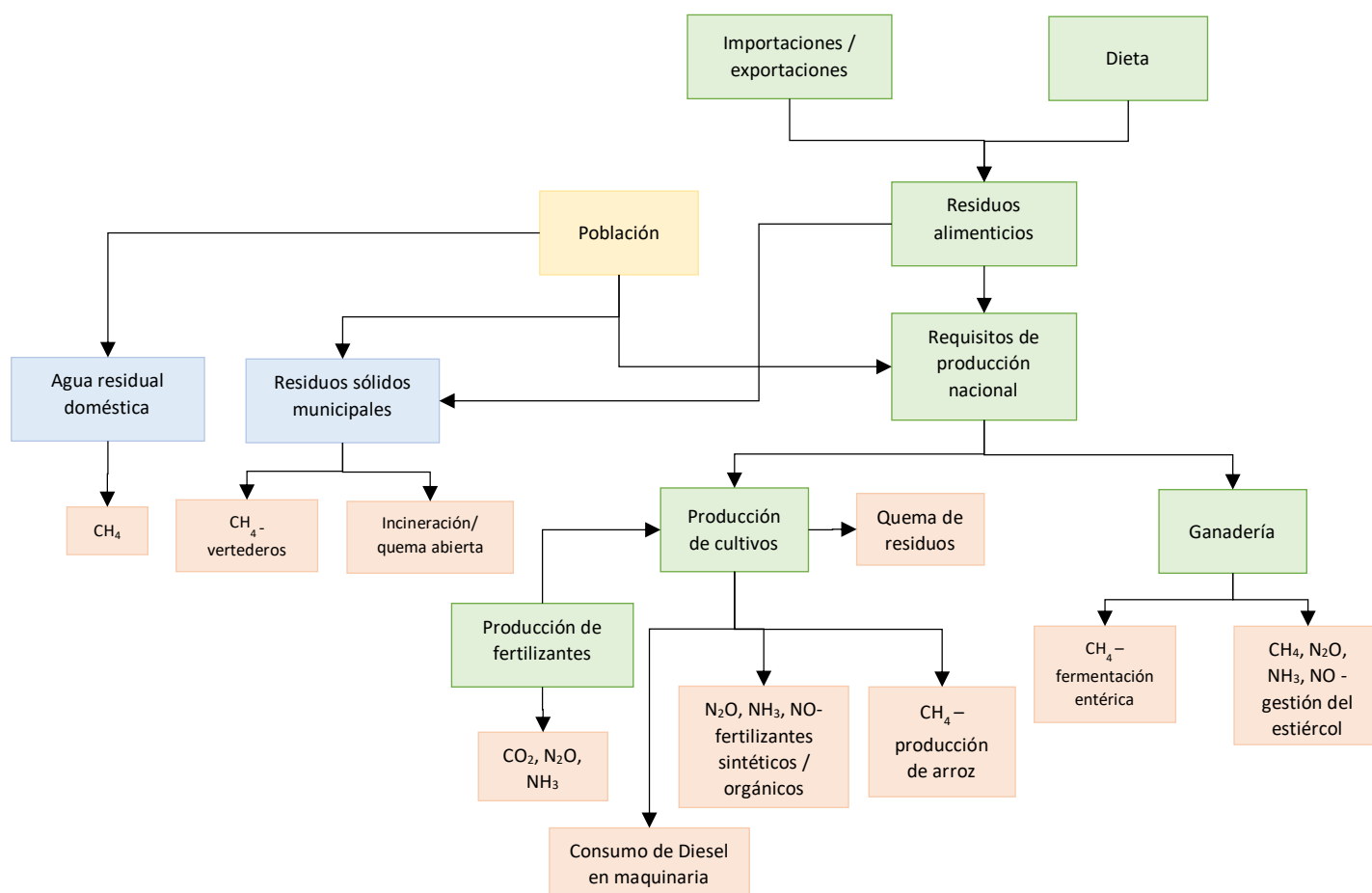
Las proyecciones se han realizado hasta 2050, con 2030 como año intermedio. El modelo desarrollado permite cuantificar las emisiones de metano principalmente, así como también de gases de efecto invernadero ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ ) y contaminantes atmosféricos ( $\text{PM}_{2,5}$ ,  $\text{PM}_{10}$ , BC, OC,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , CO) emitidos por residuos y procesos agrícolas (Tabla A-2). En la sección de resultados se hace énfasis en las emisiones de metano, pero también en otros contaminantes asociados, dado que ciertas medidas de mitigación propuestas para metano pueden contribuir a reducir otros contaminantes como un co-beneficio asociado al sector.

Las variables que permiten interconectar estos dos sectores incluyen la población nacional y la dieta. El número medio de calorías consumidas per cápita de los distintos productos cárnicos, lácteos, huevos y cultivos se multiplica por la población nacional para determinar la demanda global de los distintos productos alimentarios en un año determinado. A continuación, esta demanda global de los distintos productos se convierte de calorías a toneladas de cada producto. Las importaciones se restan del total de la demanda y las exportaciones se añaden para obtener la producción nacional de cada producto. Esto proporciona los datos iniciales al modelo agrícola para estimar las emisiones asociadas a esta producción. La fracción de productos alimenticios desperdiciados en el punto de consumo y de venta al por menor proporciona la entrada al módulo de residuos sólidos en términos de los residuos alimentarios que se gestionan a través de diferentes flujos de residuos formales e informales.

Este vínculo subyacente entre los sectores de los residuos y la agricultura significa que, a medida que se desarrollan proyecciones futuras para, por ejemplo, el crecimiento de la población, o los cambios en la dieta, representa un cambio en el porcentaje de residuos alimentarios generados, y, por lo tanto, en todas las fuentes de emisión en los dos sectores. La descripción de los métodos para los módulos de agricultura y residuos vinculados por estadísticas de población y dieta nacional se describen en las siguientes subsecciones.

Los módulos específicos de agricultura o residuos también arrojan otras estadísticas, como la masa de estiércol producida, la masa de residuos de cultivos producida, las cargas para la salud derivadas de los riesgos dietéticos, de obesidad y malnutrición, y la superficie necesaria para los distintos cultivos. Las siguientes subsecciones describen los módulos utilizados para estimar las emisiones de cada subsector agrícola y de residuos.

Figura A-1 Marco de modelización para estimar las emisiones históricas y futuras de los sectores de agricultura y residuos.



Fuente: (Malley et al., 2021). Los recuadros verdes representan los módulos del modelo agrícola, los recuadros azules representan los módulos del sector de los residuos y los recuadros rojos representan las fuentes de emisión de los sectores agrícola y de los residuos cuantificadas en el marco de modelización.

Tabla A-1 Subsectores incluidos para los sectores de agricultura y los residuos. El código IPCC correspondiente a cada subsector incluido en el análisis indica el subsector cuyas emisiones cubre el modelo, incluidos los subcódigos.

Sector	Subsector	Código IPCC correspondiente	Contaminantes emitidos
Agricultura	Ganadería – Fermentación entérica	3.A Fermentación entérica	CH <sub>4</sub>
	Ganadería – Gestión del estiércol	3.B Gestión del estiércol	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, NH <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub>
	Producción de arroz	3.C Cultivo de arroz	CH <sub>4</sub>
	Estiércol depositado en tierras de cultivo	3.D.1.b Fertilizantes orgánicos a base de nitrógeno	N <sub>2</sub> O, NH <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub>
	Estiércol depositado en pastos	3.D.1.c Orina y estiércol depositados por los animales de pastoreo	N <sub>2</sub> O, NH <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub>
	Fertilizantes inorgánicos aplicados en tierras de cultivo y pastos	3.D.1.a Fertilizantes inorgánicos a base de nitrógeno	N <sub>2</sub> O, NH <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub>
	Residuos de cultivos incorporados al suelo	3.D.1.d Residuos de cultivo	N <sub>2</sub> O

Sector	Subsector	Código IPCC correspondiente	Contaminantes emitidos
	Cultivo de suelos orgánicos	3.D.1.f Cultivo de suelos orgánicos	N <sub>2</sub> O
	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O procedentes de la volatilización y lixiviación de la aplicación de N a los suelos a través de los procesos anteriores.	3.D.2 Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O del manejo de suelos	N <sub>2</sub> O
	Quema de residuos de cultivos	3F Quema de residuos agrícolas	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, NH <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , VOCs, PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>10</sub> , BC, OC, SO <sub>2</sub>
<b>Energía</b>	Consumo de diésel en maquinaria agrícola	1.A.4.c Agricultura/silvicultura/pesca	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, NH <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , VOCs, PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>10</sub> , BC, OC, SO <sub>2</sub>
	Producción de fertilizantes	1.A.2.c. Industria química	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, NH <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , VOCs, PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>10</sub> , BC, OC, SO <sub>2</sub>
<b>Procesos industriales IPPU</b>	Producción de amoníaco	2.B.1. Industria química – producción de amoníaco	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, NH <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , VOCs, PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>10</sub> , BC, OC, SO <sub>2</sub>
	Producción de ácido nítrico	2.B.2. Industria química – Producción de ácido nítrico	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, NH <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , VOCs, PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>10</sub> , BC, OC, SO <sub>2</sub>
<b>Residuos</b>	Disposición de residuos sólidos	5.A	CH <sub>4</sub>
	Compostaje	5.B.1	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O
	Incineración y quema abierta de residuos	5.C Incineración y quema abierta de residuos	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, NH <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , VOCs, PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>10</sub> , BC, OC, SO <sub>2</sub>
	Tratamiento y disposición de aguas residuales	5.D Tratamiento y disposición de aguas residuales	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O

Fuente: Elaboración propia

Las variables que permiten interconectar estos dos sectores incluyen la población nacional y la dieta. El número medio de calorías consumidas per cápita de los distintos productos cárnicos, lácteos, huevos y cultivos se multiplica por la población nacional para determinar la demanda global de los distintos productos alimentarios en un año determinado. A continuación, esta demanda global de los distintos productos se convierte de calorías a toneladas de cada producto. Las importaciones se restan del total de la demanda y las exportaciones se añaden para obtener la producción nacional de cada producto. Esto proporciona los datos iniciales al modelo agrícola para estimar las emisiones asociadas a esta producción. La fracción de productos alimentarios desperdiciados en el punto de consumo y de venta al por menor da entrada al módulo de residuos sólidos en cuanto a los residuos alimentarios gestionados mediante diferentes flujos de residuos formales e informales.

Este vínculo subyacente entre los sectores de los residuos y la agricultura significa que, a medida que se desarrollan proyecciones futuras para, por ejemplo, el crecimiento de la población, o los cambios en la dieta, representa un cambio en el porcentaje de residuos alimentarios generados, y, por lo tanto, en todas las fuentes de emisión en los dos sectores. La descripción de los métodos para los módulos de agricultura y residuos vinculados por estadísticas de población y dieta nacional se describen en las siguientes subsecciones.

Los módulos específicos de agricultura o residuos también arrojan otras estadísticas, como la masa de estiércol producida, la masa de residuos de cultivos producida, las cargas para la salud derivadas de los riesgos dietéticos, de obesidad y malnutrición, y la superficie necesaria para los distintos cultivos. Las siguientes subsecciones describen los módulos utilizados para estimar las emisiones de cada subsector agrícola y de residuos.

## B.1 Sector de agricultura

Las emisiones agrícolas se estiman para la ganadería (desglosada en cinco categorías: bovinos, búfalos, ovinos y caprinos, porcinos y aves de corral) y la producción de cultivos. Al igual que en los sectores de agricultura y residuos, y a diferencia de otros inventarios de emisiones, el modelo refleja vínculos entre la ganadería y la producción de cultivos que ayudan a crear un conjunto más coherente de estimaciones de emisiones históricas y previstas. Por ejemplo, el estiércol producido en el sector ganadero se gestiona y aplica a los campos en el módulo de producción de cultivos, mientras que la demanda de producción de diferentes cultivos refleja los cultivos producidos para la alimentación animal.

El modelo agrícola cubre las emisiones de actividades relacionadas con la producción de alimentos incluidas en otros sectores dentro de la clasificación sectorial del Formato Común de Reporte del IPCC. En concreto, se cuantifican las emisiones procedentes de la producción de fertilizantes, en términos de emisiones de consumo energético, y las emisiones de proceso procedentes de la producción de amoníaco y ácido nítrico. Estas emisiones representan las asociadas al uso de fertilizantes en el sector a nivel del país, y no las de la producción total de fertilizantes que ocurre en el país. Para todos los demás subsectores, las emisiones se calculan como las que se producen dentro del país.

### ***Subsector de ganadería***

Como se indicó con anterioridad, la demanda de los distintos productos ganaderos (carne, productos lácteos, huevos) es determinada por la dieta en el país, las importaciones y exportaciones y la población total anual. Desde esas variables, el módulo de ganadería convierte la masa de productos necesarios para producir a nivel nacional en el número de animales necesarios según el peso del animal (o del rendimiento de la producción lechera) y el coeficiente de absorción. Así se obtiene el número de animales vivos que contribuyen a cubrir las necesidades de producción interna para satisfacer la demanda.

Desde este punto de partida, el módulo de ganadería utiliza la metodología del IPCC (2006), también implementada en la herramienta GLEAM de la FAO<sup>55</sup> (2018), para caracterizar:

- i) la estructura del rebaño para cada tipo de animal,
- ii) los requisitos energéticos del rebaño,
- iii) la alimentación que satisface estos requisitos energéticos, y iv) la producción y gestión del estiércol.

La estructura del rebaño divide en primer lugar cada especie ganadera en las gestionadas en sistemas relativamente intensivos y extensivos (categorías de praderas y sistemas mixtos para los rumiantes; de traspatio, intermedios e industriales para los cerdos, y de pollos de engorde, ponedoras y de traspatio para las aves de corral). Las estadísticas sobre fertilidad, mortalidad, edad al primer parto y proporción entre machos y hembras se utilizan para determinar el número de animales adultos, incluidos los de reposición, y de terneros a partir del número de animales que

---

<sup>55</sup> <https://www.fao.org/gleam/en/>

producen la carne, los productos lácteos y los huevos necesarios. Las estadísticas sobre la estructura de los rebaños se extraen del modelo GLEAM de la FAO<sup>56</sup>.

La ingesta energética de cada tipo de animal, en cada tipo de sistema, viene determinada por la energía necesaria para el mantenimiento, el nivel de actividad, la producción de leche, el crecimiento, la gestación y la producción de fibra. La alimentación que se utiliza para satisfacer estas necesidades energéticas se especifica a continuación como el porcentaje de alimentación animal cubierto por diferentes tipos de forraje, cereales, residuos de cultivos, concentrados, etc. El porcentaje de alimento cubierto por los distintos tipos de pienso se basa en datos derivados del modelo GLEAM de la FAO. A cada alimento se le asigna una digestibilidad, utilizada para determinar la global del alimento que recibe cada animal, y la emisión de metano producida por la fermentación entérica de los rumiantes mediante las metodologías del IPCC (2006).

En el caso de los cultivos utilizados como alimento para animales, la masa necesaria para satisfacer las necesidades de alimentación animal se utiliza como dato de entrada en el módulo de producción de cultivos, así que las necesidades de producción nacional de cada cultivo reflejan la utilizada directamente para consumo humano y la utilizada como alimento para animales. En el caso de los piensos procedentes de residuos de cultivos, la masa de residuos de cultivos utilizada como pienso para diferentes cultivos se resta del total de residuos de cultivos generados en el módulo de producción de cultivos.

La ingesta de materia seca (*dry matter intake -IMD*), basada en las necesidades energéticas y alimentarias, también se utiliza para calcular la masa de estiércol que producen las distintas especies animales en los diferentes sistemas. Luego el estiércol se asigna a los distintos sistemas de gestión del estiércol. Los datos sobre la fracción de estiércol que se maneja en diferentes sistemas de gestión del estiércol se tomaron del modelo GLEAM de la FAO y se complementaron con datos nacionales de los informes de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. La masa de estiércol producida se emite como las toneladas de sólidos volátiles, y la masa de nitrógeno en el estiércol producido. Las emisiones de metano procedentes de la gestión del estiércol se calculan a partir de la masa de estiércol gestionada en diferentes sistemas y el factor de corrección de metano asignado a cada sistema, según los métodos de nivel 2 del IPCC (2006).

La masa de nitrógeno excretado en el estiércol se utiliza para estimar las emisiones de N<sub>2</sub>O (emisiones directas e indirectas por lixiviación y volatilización), NH<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub>. El nitrógeno excretado como estiércol se rastrea en términos de lo que se emite como N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub>, lo que se lixivia de los campos como nitrato y lo que está disponible para su aplicación a los campos. Esto sigue la orientación de EMEP/EEA (2019) para el seguimiento del nitrógeno en todo el sistema agrícola. El estiércol nitrogenado disponible para su aplicación a cultivos y pastizales como abono orgánico se utiliza como insumo para los módulos de cultivos y pastizales que se describen a continuación.

---

<sup>56</sup> <https://www.fao.org/gleam/en/>

## ***Subsector de cultivos***

El módulo de cultivos toma como entrada los requisitos de producción nacional de los distintos cultivos (desglosados según las clasificaciones de cultivos del balance alimentario de la FAO). En los años históricos, el rendimiento de los cultivos se calcula como la relación entre la producción y la superficie de tierra, con la superficie de tierra de cultivo tomada de la FAO. Para los años futuros, los cambios en el rendimiento se estiman en función de los cambios en los aportes de nitrógeno para producir un cultivo concreto. Los aportes de nitrógeno se calculan, por hectárea de tierra de producción, basándose en la fijación del nitrógeno, la deposición, los aportes de estiércol, la aplicación de fertilizantes sintéticos y los residuos de cultivos. La tasa de aplicación de cada una de estas fuentes de nitrógeno se tomó de la FAO (aplicación de fertilizantes sintéticos), de la literatura revisada por expertos (fijación de nitrógeno, deposición) y como resultados de los módulos de producción ganadera y de cultivos (estiércol, residuos de cultivos).

Siguiendo el método de Lassaletta et al., (2014), se calcula el rendimiento máximo de cada cultivo basándose en los rendimientos históricos y los aportes de nitrógeno. Este rendimiento máximo basado en datos históricos se usa para ajustar el rendimiento según los cambios futuros en los aportes de nitrógeno.

Las emisiones procedentes del subsector cultivos incluyen las emisiones directas e indirectas de  $N_2O$ ,  $NH_3$  y  $NO_x$  procedentes de la aplicación de estiércol y fertilizantes sintéticos, que se calculan multiplicando la tasa de aplicación por factores de emisión específicos de los contaminantes. Las emisiones de contaminantes atmosféricos procedentes de la quema de residuos de cultivos se calculan multiplicando la producción de cultivos por una proporción entre residuos y cultivos, y otros factores para tener en cuenta la fracción de materia seca y la fracción que se quema abiertamente en los campos.

Las **emisiones de metano** procedentes de la producción de arroz se calculan dividiendo la superficie de producción de arroz en regada y no regada. Las tierras de regadío se dividen a su vez en función del régimen de gestión del agua (inundación continua, aireación única durante la temporada de crecimiento y aireaciones múltiples) (Laborte et al., 2017). Se utilizan factores de ajuste para alterar la producción de metano bajo diferentes regímenes de gestión del agua para estimar las emisiones de metano de la producción de arroz.

En el caso de los pastizales, se realizan cálculos similares para estimar las emisiones de  $N_2O$ ,  $NH_3$  y  $NO_x$  procedentes de las aplicaciones de fertilizantes sintéticos, la aplicación de estiércol y la deposición de estiércol y orina durante el pastoreo. La masa de nitrógeno añadida a los pastos a partir de estas fuentes se multiplica por los factores de emisión específicos de cada contaminante (European Environment Agency, 2023)

## ***Producción de fertilizantes***

Además de los módulos del modelo agrícola que calculan las emisiones en el sitio de producción, el fertilizante sintético aplicado a los campos se utiliza como entrada para un módulo de producción de fertilizantes, que calcula las emisiones derivadas de la aplicación de fertilizantes. Las toneladas de nitrógeno aplicadas como diferentes fertilizantes sintéticos se obtienen a partir de los módulos de cultivos y pastos, y es la entrada clave del módulo de producción de fertilizantes. La metodología descrita en (Marinussen et al., 2012) se utiliza para estimar las emisiones

procedentes de la producción de fertilizantes que se utilizan en la producción agrícola de un país determinado (incluidos los fertilizantes importados al país).

En primer lugar, se calculan las necesidades de ácido nítrico y amoníaco para producir los fertilizantes utilizados en el país. A continuación, las necesidades de ácido nítrico se multiplican por un factor de emisión de  $N_2O$ . Se calculan las necesidades energéticas para la producción de amoníaco y, a continuación, se desglosan entre la fracción de amoníaco producida utilizando gas, petróleo y carbón. A continuación, el consumo de gas, petróleo y carbón para la producción de amoníaco se multiplica por los factores de emisión específicos de cada combustible y contaminante.

## B.2 Sector de residuos

### ***Disposición de residuos sólidos***

Para estimar las emisiones derivadas de la disposición de residuos sólidos municipales, primero se calcula la masa de residuos sólidos generados y gestionados en diferentes sistemas de gestión de residuos. El total de residuos sólidos municipales generados se calcula multiplicando la población por las tasas de generación de residuos específicas de cada país que figuran en IPCC (2019). A continuación, este total se desglosa en la masa de residuos de diferentes tipos (alimentos, jardín, plástico, metales, madera, papel, etc.). En el caso de los residuos alimentarios, las toneladas de alimentos desperdiciados en el consumo y el comercio minorista, calculadas como se ha descrito anteriormente, se utilizan como masa de residuos alimentarios y se restan del total. Los residuos restantes se desglosan entre las demás categorías de residuos, basándose en los datos sobre la composición de los residuos del IPCC (2019).

Para cada tipo de residuos generados, la masa de residuos se desglosa entre los que se recogen formalmente y los que no se recogen. Los residuos que se recogen formalmente se dividen entonces en los que van a parar a vertederos de residuos sólidos (vertederos), los que van a compostaje, reciclaje o incineración. Estos valores se han tomado del IPCC (2019) principalmente<sup>57</sup>. Para los residuos que acaban en vertederos, se especifica a continuación la fracción de estos que se quema a cielo abierto (como ocurre en los vertederos no gestionados), y esta masa se multiplica por el factor de emisión específico del contaminante para estimar los contaminantes atmosféricos, y el  $CO_2$  (en el caso de los residuos plásticos) emitidos por esta quema a cielo abierto. A continuación, se calcula la fracción orgánica de los residuos depositados en vertederos que no se quema para cada tipo de residuo, y se utiliza una función de descomposición de primer orden para estimar la tasa de descomposición de estos residuos orgánicos y su producción de metano en los años siguientes a su eliminación en el vertedero, según el IPCC (2019).

En el caso de los residuos no recogidos, las emisiones procedentes de la incineración abierta de estos también se calcularon multiplicando la masa de residuos no recogidos por la fracción quemada (la hipótesis por defecto, según el IPCC (2006) es que se quema el 60% de los residuos) y los factores de emisión específicos de los contaminantes.

---

<sup>57</sup> A la fecha de elaboración de este reporte, no fue posible obtener los datos de tipo / composición de residuos y su tipo de recolección/gestión del inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero.

## ***Aguas residuales***

**Las emisiones de aguas residuales incluyen el metano y el óxido nítrico** producidos por el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales. Para las aguas residuales domésticas, el volumen total de aguas residuales producidas se calculó multiplicando la población por las tasas de generación de aguas residuales, a partir de IPCC (2019). La fracción de aguas residuales gestionadas a través de diferentes sistemas de gestión de aguas residuales se tomaron del IPCC (2019) y las estadísticas de UNICEF<sup>58</sup>. Las corrientes de tratamiento de aguas residuales incluyen las conexiones a sistemas de alcantarillado, tras lo cual se especificó el porcentaje de aguas residuales tratadas en diferentes plantas de tratamiento anaeróbico y aeróbico, letrinas, fosas sépticas y vertidos sin tratar. Las emisiones de metano de cada corriente se calcularon multiplicando las aguas residuales orgánicas por los factores de corrección de metano específicos de cada tratamiento, como se indica en IPCC (2019). Para estimar las emisiones de N<sub>2</sub>O de los flujos de aguas residuales, la cantidad de nitrógeno en las aguas residuales se estima multiplicando el consumo medio de proteínas por la fracción de nitrógeno en proteínas y la población nacional. A continuación, se divide por los flujos de aguas residuales como para el componente orgánico, y se multiplica por los factores de emisión de N<sub>2</sub>O específicos de los flujos de residuos

En las aguas residuales industriales, se aplica un factor (1,25, según el valor por defecto del IPCC (2019) a la producción de aguas residuales domésticas para considerar las que se gestionan dentro de los sistemas de alcantarillado municipales. Las aguas residuales industriales que se gestionan separada de las aguas residuales municipales se consideran para los sectores vinculados a la producción de alimentos (carne y lácteos) y papel. La producción de estos sectores se multiplica por los factores de generación de aguas residuales y los factores de demanda química de oxígeno del IPCC (2019) para estimar el total de residuos orgánicos producidos a partir de las aguas residuales industriales. A continuación, se desglosa entre flujos de aguas residuales (tratadas frente a no tratadas y diferentes tipos de sistemas de tratamiento como aeróbico y anaeróbico). La demanda química de oxígeno (DQO) de las aguas residuales industriales tratadas por cada sistema se multiplica entonces por factores de corrección de metano y factores de emisión de N<sub>2</sub>O para estimar las emisiones finales de las aguas residuales industriales.

### **B.3 Métodos de proyección de emisiones**

Los datos descritos anteriormente estaban disponibles para caracterizar las emisiones históricas procedentes de los residuos y la agricultura desde 2010 hasta 2021. A partir de 2021, se realiza la proyección de las variables clave para estimar cómo podrían cambiar las emisiones en función de diferentes hipótesis sobre los cambios en los factores que impulsan la producción de alimentos y la generación de residuos. En la Figura A-2 se muestra el marco para el desarrollo de los escenarios para los sectores de la agricultura y los residuos. Los escenarios modelizados y abarcan lo siguiente:

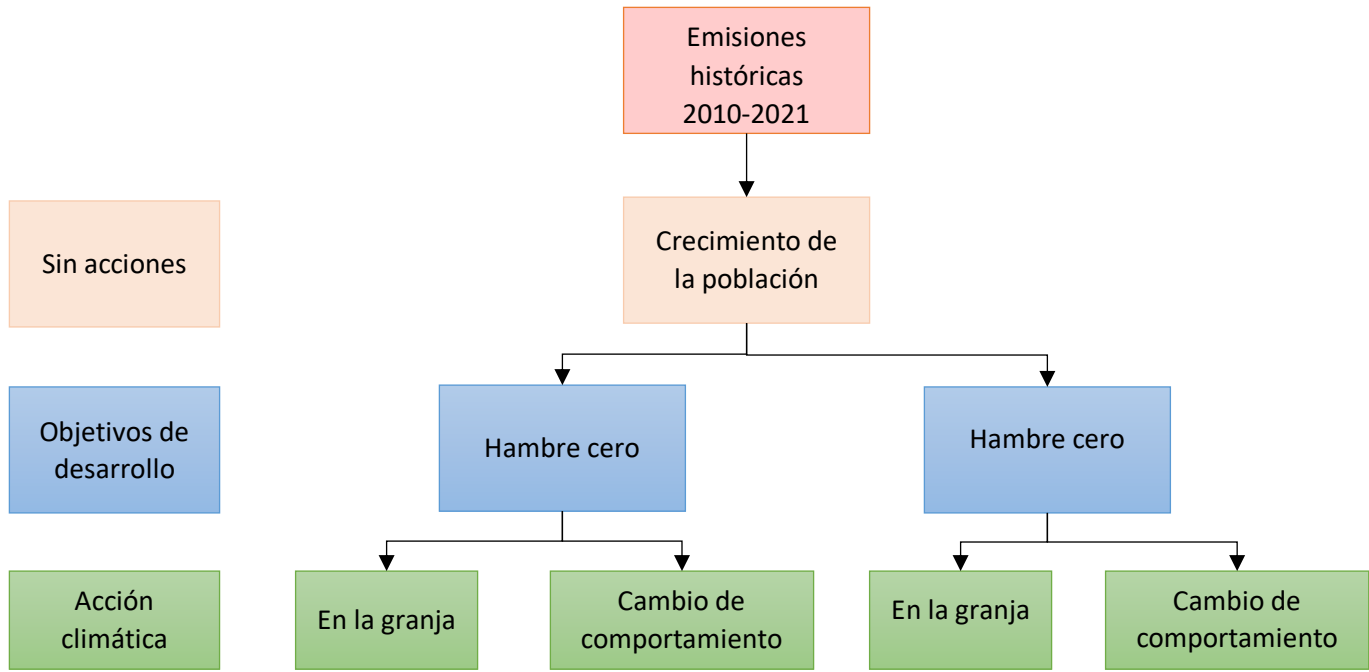
- Escenario de línea base o *Business as usual (BAU)*: El primer escenario desarrollado para el futuro no refleja ninguna acción específica diseñada para reducir las emisiones de los sectores de la agricultura y/o de residuos.

---

<sup>58</sup> A la fecha de elaboración de este reporte, no fue posible obtener los datos de actividad de aguas residuales del inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero.

- Escenarios de mitigación: Los escenarios reflejan la aplicación de acciones específicas centradas en la mitigación del cambio climático, incluidas las acciones en las granjas/haciendas y en los vertederos, las medidas de cambio de comportamiento para reducir los residuos y/o cambiar las dietas.

Figura A-2 Marco de modelización para la evaluación de escenarios de mitigación para los sectores de agricultura y residuos.



Fuente: Elaboración propia

## B.4 Resultados de proyección de emisiones sectoriales

Los resultados de las emisiones históricas y proyectadas de metano se incluyeron en el capítulo 2 y 3 de la hoja de ruta de metano. En este capítulo se incluyen las emisiones de otros contaminantes que se consideran relevante, ya que las medidas de mitigación que se propongan pueden contribuir a disminuir las emisiones de estos.

### **Sector de agricultura**

En la Tabla A-2 y en Figura A-3 se presentan los resultados de las emisiones de metano, contaminantes atmosféricos y GEI en el sector para los años 2015 y 2020. En el sector agrícola, las emisiones de metano procedentes de la fermentación entérica del ganado (predominantemente vacuno) fueron la mayor fuente de emisiones de metano, mientras que las actividades asociadas a gestión de suelos son las mayores contribuyentes a emisiones de NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O y NO<sub>x</sub>; las emisiones de partículas (PM10, PM2.5, BC y OC) provienen de la quema de residuos agrícolas en su mayor proporción.

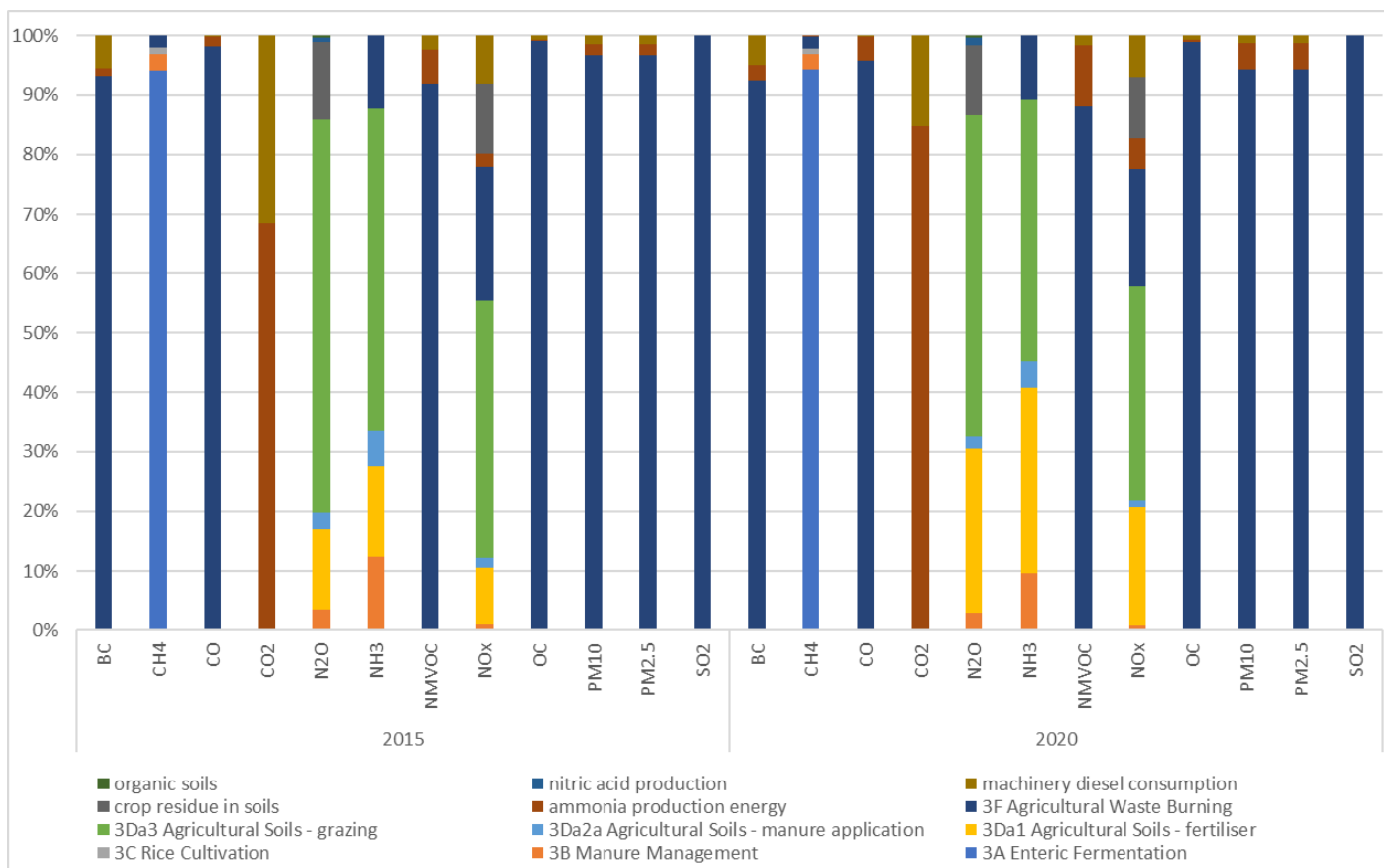
Tabla A-2 Emisiones nacionales de metano (miles de toneladas/año), contaminantes atmosféricos y GEI en la Argentina para el sector de agricultura en 2015 y 2020.

Sector	Contaminante	2015	2020
3A Fermentación entérica	CH <sub>4</sub>	3384.48	3548.47
3B Gestión del estiércol	CH <sub>4</sub>	90.00	92.28
	N <sub>2</sub> O	2.16	2.25
	NH <sub>3</sub>	39.86	39.45
	NOx	1.33	1.42
3C Cultivo de arroz	CH <sub>4</sub>	40.26	32.07
3Da1 Suelos agrícolas- fertilizantes	N <sub>2</sub> O	12.16	31.50
	NH <sub>3</sub>	77.68	208.05
	NOx	24.48	63.41
3Da2a Suelos agrícolas - aplicación de estiércol	N <sub>2</sub> O	1.57	1.44
	NH <sub>3</sub>	18.43	17.13
	NOx	2.65	2.44
3Da3 Suelos agrícolas - pastizales	N <sub>2</sub> O	58546.97	61420.12
	NH <sub>3</sub>	278513.42	292400.80
	NOx	109588.59	114960.90
3F Quema de residuos agrícolas	BC	14.26	17.33
	CH <sub>4</sub>	69.49	79.69
	CO	1558.16	1679.56
	NH <sub>3</sub>	61.77	70.83
	NMVOG	37.19	57.47
	NOx	56.44	62.77
	OC	84.93	97.39
	PM10	149.52	173.39
	PM2.5	142.36	165.57
	SO <sub>2</sub>	10.83	11.38
Consumo de diesel en maquinaria agrícola	BC	0.88	0.93
	CH <sub>4</sub>	0.22	0.23
	CO	2.84	3.03
	CO <sub>2</sub>	1621.02	1725.61
	NH <sub>3</sub>	0.00	0.00
	NMVOG	1.09	1.16
	NOx	20.61	21.94
	OC	0.61	0.65
	PM10	2.10	2.24
	PM2.5	2.10	2.24
SO <sub>2</sub>			
Producción de ácido nítrico	N <sub>2</sub> O	0.57	1.53
Producción de amoníaco - consumo de energía	BC	0.18	0.49
	CH <sub>4</sub>	0.28	0.75
	CO	24.63	66.86
	CO <sub>2</sub>	3447.28	9358.83

Sector	Contaminante	2015	2020
	NH <sub>3</sub>	0.00	0.00
	NMVOC	2.71	7.35
	NOx	5.80	15.74
	OC	0.14	0.38
	PM10	3.04	8.26
	PM2.5	2.81	7.63
Residuos de cultivos incorporados al suelo	N <sub>2</sub> O	11.21	12.71
	NH <sub>3</sub>	0.04	0.04
	NOx	28.20	31.97
Suelos orgánicos	N <sub>2</sub> O	0.29	0.31

Fuente: Elaboración propia

Figura A-3 Contribución de las diferentes fuentes a las emisiones de metano, contaminantes atmosféricos y GEI del sector agropecuario en Argentina en 2015 y 2020.



Fuente: Elaboración propia

## Sector de residuos

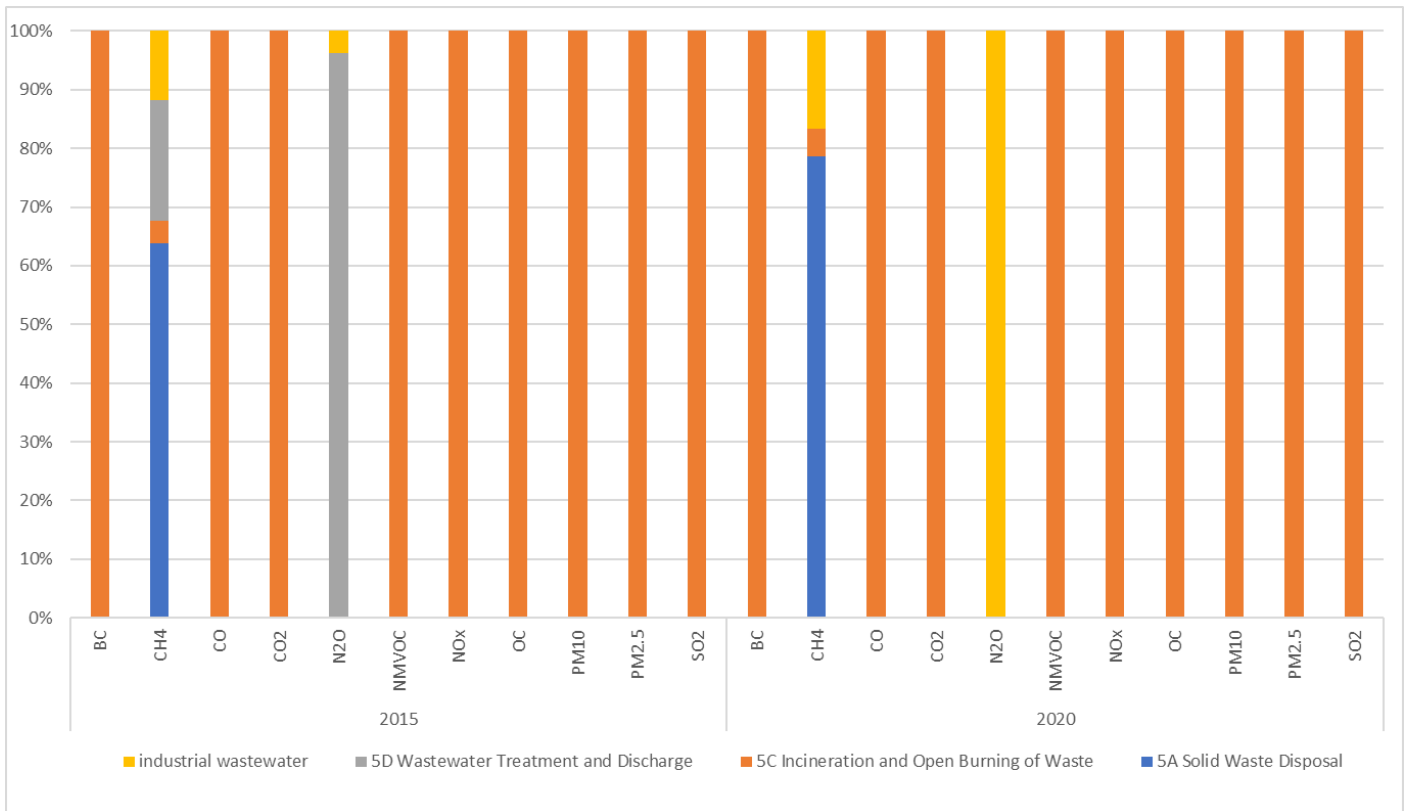
En la Tabla A-3 y en Figura A-4 se presentan los resultados de las emisiones de metano, contaminantes atmosféricos y GEI en el sector para los años 2015 y 2020. En la gestión de los residuos sólidos en los vertederos fue la mayor fuente de metano en el sector de los residuos.

*Tabla A-3 Emisiones nacionales de metano (miles de toneladas por año), contaminantes atmosféricos y GEI en Argentina para el sector residuos en 2015 y 2020.*

Sector	Contaminante	2015	2020
5A Disposición de residuos sólidos	CH <sub>4</sub>	185.909	193.174
5C Incineración y quema abierta de residuos	BC	1.98	2.01
	CH <sub>4</sub>	11.17	11.32
	CO	116.00	117.56
	CO <sub>2</sub>	208.31	218.57
	NMVOG	68.99	69.92
	NO <sub>x</sub>	14.96	15.16
	OC	16.09	16.30
	PM10	36.33	36.81
	PM2.5	29.92	30.32
	SO <sub>2</sub>	1.53	1.55
5D Tratamiento y disposición de aguas residuales			
Aguas residuales domésticas	CH <sub>4</sub>	56.64	58.91
	N <sub>2</sub> O	4.74	5.14
Aguas residuales industriales	CH <sub>4</sub>	33.57	39.97
	N <sub>2</sub> O	0.18	0.18
Total sector residuos		790.44	821.02

Fuente: *Elaboración propia*

Figura A-4 Contribución de las diferentes fuentes a las emisiones de metano, contaminantes atmosféricos y GEI del sector residuos en la Argentina en 2015 y 2020.



Fuente: Elaboración propia

## C. Referencias

- Crippa, M., Guizzardi, D., Muntean, M., Schaaf, E., Dentener, F., Van Aardenne, J. A., Monni, S., Doering, U., Olivier, J. G. J., Pagliari, V., & Janssens-Maenhout, G. (2018). Gridded emissions of air pollutants for the period 1970–2012 within EDGAR v4.3.2. *Earth System Science Data*, 10(4), 1987–2013. <https://doi.org/10.5194/essd-10-1987-2018>
- European Environment Agency. (2023). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023: Technical guidance to prepare national emission inventories*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2800/795737>
- IPCC. (2006). *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme* (S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe, Eds.; 1–5). IGES, Japan. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
- IPCC. (2019). *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (E. Calvo Buendia, K. Tanabe, A. Kranjc, B. Jamsranjav, M. Fukuda, S. Ngarize, A. Osako, Y. Pyrozhenko, P. Shermanau, & S. Federici, Eds.). IPCC, Switzerland. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>
- Laborte, A. G., Gutierrez, M. A., Balanza, J. G., Saito, K., Zwart, S. J., Boschetti, M., Murty, M. V. R., Villano, L., Aunario, J. K., Reinke, R., Koo, J., Hijmans, R. J., & Nelson, A. (2017). RiceAtlas, a spatial database of global rice calendars and production. *Scientific Data*, 4(1), 170074. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.74>
- Lassaletta, L., Billen, G., Grizzetti, B., Garnier, J., Leach, A. M., & Galloway, J. N. (2014). Food and feed trade as a driver in the global nitrogen cycle: 50-year trends. *Biogeochemistry*, 118(1–3), 225–241. <https://doi.org/10.1007/s10533-013-9923-4>
- Malley, C. S., Hicks, W. K., Kulyenstierna, J. C. I., Michalopoulou, E., Molotoks, A., Slater, J., Heaps, C. G., Ulloa, S., Veysey, J., Shindell, D. T., Henze, D. K., Nawaz, O., Anenberg, S. C., Mantlana, B., & Robinson, T. P. (2021). Integrated assessment of global climate, air pollution, and dietary, malnutrition and obesity health impacts of food production and consumption between 2014 and 2018. *Environmental Research Communications*, 3(7), 075001. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ac0af9>
- Marinussen, M. P., Kernebeek, H. V., Broekema, R., Groen, E. A., Kool, A., Dolman, M. A., & Blong, H. J. (2012). *LCI data for the calculation tool Feedprint for greenhouse gas emissions of feed production and utilization*. [dataset]. Marinussen, M.P., Kernebeek, H.V., Broekema, R., Groen, E.A., Kool, A., Dolman, M.A., Blonk, H.J., & Consultants, B. (2012). LCI data for the calculation tool Feedprint for greenhouse gas emissions of feed production and utilization.
- Tubiello, F. N., Salvatore, M., Rossi, S., Ferrara, A., Fitton, N., & Smith, P. (2013). The FAOSTAT database of greenhouse gas emissions from agriculture. *Environmental Research Letters*, 8(1), 015009. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/1/015009>

# Climate & Clean Air Coalition

## Methane Roadmap Action Programme (M-RAP)

### Hoja de ruta para la reducción de emisiones de metano en la República Argentina.

*Anexo técnico 2 : Marco metodológico de la modelación del sector de  
petróleo y gas*



UNEP convened initiative

## A. Fuentes de información utilizadas para el cálculo de las emisiones de metano de petróleo y gas

A fin de calcular las emisiones de metano para el año 2022 del sector de petróleo y gas de Argentina con CoMAT, se realizó una búsqueda exhaustiva de información del sector para así contar con datos actualizados y obtener resultados más exactos. A continuación, se presentan los datos de actividad y fuentes de información utilizadas. En la siguiente tabla se enlistan las fuentes de información y datos del sector que se incluyeron en el análisis del inventario de metano. Gran parte de los datos utilizados provienen de las estadísticas oficiales de energía que publica la Secretaría de Energía, así como informes de ENARGAS y del IAPG. Cuando no se disponían de datos de fuentes oficiales o del sector, se utilizan valores proxy que calcula CoMAT en base a la metodología y supuestos del Inventario de GEI de Estados Unidos de 2022, así como de otras fuentes de datos que estudian al sector a nivel global.

Tabla B-1 Fuentes de información utilizadas para el cálculo de las emisiones de metano de petróleo y gas de 2022.

Segmento industrial	Grupo colaborador	Colaborador de la industria	Unidad	Fuente de datos	Valor
Exploración y producción de gas	Producción de gas	Producción de gas terrestre	Millones de m <sup>3</sup>	Secretaría de Energía – portal de estadísticas	41.145
		Producción de gas comercializado/seco	Millones de m <sup>3</sup>	Estimación de CoMAT – se asumen un 95% del total de producción	46.064
		Producción de gas en costa afuera	Millones de m <sup>3</sup>	Secretaría de Energía – portal de estadísticas	7.342
	Pozos de gas	Número total de pozos de gas natural	# de pozos	Secretaría de Energía – portal de estadísticas, y estadísticas del IAPG	3.456
		Pozos de gas natural fracturados hidráulicamente	# de pozos		100
		Pozos de gas natural no fracturados hidráulicamente	# de pozos		3.356
		Pozos de gas perforados por año	# de pozos perforados por año		125
	Reventón de pozos	# de eventos	Cero predeterminado al no haber información.	0	
	Producción de condensado	Millones de m <sup>3</sup>	Secretaría de Energía – portal de estadísticas	2,4	
	Estaciones de recolección y bombeo	# de estaciones	Estimación de CoMAT	105	
Exploración y producción de petróleo	Producción de petróleo	Producción total de petróleo	Millones de m <sup>3</sup>	Secretaría de Energía – portal de estadísticas	33,8
		Producción en tierra de petróleo	Millones de m <sup>3</sup>		33,3
		Producción de petróleo en costa afuera	Millones de m <sup>3</sup>		0,420504
	Pozos de petróleo	Total de pozos petroleros	# de pozos	Secretaría de Energía – portal de estadísticas, y estadísticas del IAPG	21.128
		Pozos de petróleo fracturados hidráulicamente	# de pozos		1.056
		Pozos de petróleo no fracturados hidráulicamente	# de pozos		20.071
		Pozos petroleros perforados por año	# de pozos por año	Secretaría de Energía – portal de estadísticas	562

Segmento industrial	Grupo colaborador	Colaborador de la industria	Unidad	Fuente de datos	Valor
		Volumen de quema de gas	Millones de m <sup>3</sup>	Quema global de gas de la NOAA	1.373
<b>Procesamiento de gas</b>		Número de plantas de procesamiento	# plantas	Estimación de CoMAT	12
<b>Transmisión y almacenamiento de gas</b>		Distancia de los gasoductos de transmisión	kilómetros	Informe anual de ENARGAS de 2022	16.037
	Estaciones	Estaciones de compresión de transmisión	# de estaciones	Estimación de CoMAT	134
		Estaciones de compresión de almacenamiento de gas	# de estaciones	Estimación de CoMAT	6
	Consumo de gas*	Consumo total de gas natural	Millones de m <sup>3</sup>	Informe anual de ENARGAS de 2022	41.090
		Consumo residencial de gas natural	Millones de m <sup>3</sup>		10.405
		Consumo comercial de gas natural	Millones de m <sup>3</sup>		1.228
		Consumo industrial de gas natural	Millones de m <sup>3</sup>		12.317
		Clientes residenciales de gas natural	# de clientes		8.752.677
		Clientes comerciales de gas natural	# de clientes		302.343
		Clientes de gas natural industrial	# de clientes		22.282
<b>Gas Natural Licuado (GNL)</b>	GNL	Estaciones de almacenamiento de GNL	# de estaciones	Secretaría de Energía – Estudio de Escenarios Energéticos de 2019	2
		Terminales de Importación de GNL	# de terminales		2
		Terminales de Exportación de GNL	# de terminales		0
<b>Distribución de Gas</b>	Red y Servicios	Red - hierro fundido	kilómetros	Estimado por CoMAT	2.109
		Red - Acero protegido	kilómetros		62.041
		Red -acero sin protección	kilómetros		0
		Red - plástico	kilómetros		81.097
		Servicios - Acero Protegido	# de servicios		1.799.904
		Servicios - Acero sin protección	# de servicios		410,384
		Servicios - Plástico	# de servicios		6,188,94
		Servicios - Cobre	# de servicios		108,430

Fuente: Elaborado por CATF

## B. Metodología y fuente de datos para la estimación de las curvas de costos marginales de abatimiento de metano del sector de petróleo y gas de Argentina

Los análisis de costos marginales de metano para petróleo y gas en la literatura revisada (UNEP & CCAC, 2021; IEA, 2024b; Harmsen *et al.*, 2019). parten desde un mismo objetivo, estimar las reducciones y costos asociados, pero difieren en la metodología que aplican, tanto en el alcance geográfico (global, regional, país), la selección de medidas, como en la valoración de los costos, principalmente en la selección de la tasa de descuento para traer a valor presente los costos a futuro de las medidas, que van desde un 4% a 10% anual (IEA, 2024b).

El análisis de costos marginales de abatimiento de la IEA (2024b) del *Global Methane Tracker*, es una opción de referencia que suele ser usada para presentar las oportunidades de costos de mitigación de metano del sector de petróleo y gas de diferentes medidas en países productores de hidrocarburos, brindando acceso abierto a su metodología, datos, y resultados. Considerando las ventajas que presenta la metodología de la IEA, utilizamos los datos de la industria de Argentina y de costos de las medidas de mitigación para estimar los costos marginales de las medidas de CoMAT de Argentina. La metodología que emplea la IEA (2024b), tanto para Argentina como para otros países, incluye medidas específicas para los segmentos de la industria de petróleo y gas. En primer lugar utiliza los costos de capital anualizados (según los años de vida útil) y costos operativos (salarios, mantenimiento). Los costos se basan inicialmente en información de los Estados Unidos. Sin embargo, los costos laborales, la procedencia del equipo y los costos de capital son ajustados por la IEA utilizando información específica de cada país, si este dispone, mediante información de la Organización Internacional del Trabajo, Bloomberg y la Organización Mundial del Comercio. Las mismas medidas de abatimiento pueden presentar costos diferentes. Por ejemplo, en los programas LDAR, los costos de realizar inspecciones y reparaciones varían según el segmento de la industria (IEA, 2024b).

Una vez obtenidos los costos, la IEA (2024b) utiliza los precios en boca de pozo para determinar el valor del metano capturado y estimar los posibles ingresos por venta del recurso, o por los ahorros de energía que se generarían al utilizar el gas asociado, por ejemplo para autogenerar electricidad. Luego los costos e ingresos de cada tecnología o medida de abatimiento se convierten a valor presente neto con una tasa de descuento del 8% considerando los años de tiempo de vida útil de cada medida (la IEA considera entre 15 a 20 años dependiendo la medida). Finalmente se dividen los valores entre el volumen de emisiones reducidas de cada medida para expresar el costo en dólares por millón de unidades térmicas británicas (MBtu).<sup>59</sup>

Una vez entendida la metodología de la IEA y obtenidos los datos de Argentina, el siguiente paso es estimar los costos marginales de las medidas de mitigación de CoMAT de Argentina de la siguiente forma:

- o Se asocian las medidas de abatimiento de la IEA (por el tipo de segmento de la industria) con las medidas de abatimiento de CoMAT que tienen mismas características, y que efectivamente tienen potencial de mitigación, según la tabla 2, tomando en cuenta el tipo de fuente de emisión y segmento de la industria.
- o Una vez asociadas las medidas, se asocian los costos de abatimiento de la IEA con las medidas de CoMAT por tipo de fuente de emisión. Dado que la IEA dispone de diferentes costos para una misma medida de abatimiento por

<sup>59</sup> La IEA (2024b) asume que el gas natural tiene un contenido de metano del 83% y una densidad de energía de 55 MJ/kg y una densidad de 0,6797 kg/m<sup>3</sup>

segmento de la industria de cada hidrocarburo (e.g., programas LDAR para extracción de petróleo convencional vs no convencional tienen distintos costos), fue necesario calcular un solo costo marginal promedio por MBtu (e.g., un mismo costo de LDAR para petróleo convencional y no convencional) que corresponda a la medida y segmento de CoMAT.

- o Una vez asociados los costos para las medidas de CoMAT, se presentan las emisiones que pueden ser mitigadas por fuente de emisión, con los costos marginales en dólares por MBtu de las medidas de cada fuente (Tabla 9).

## C. Metodología y fuente de datos para la elaboración de las proyecciones de metano del sector de petróleo y gas al 2030, 2040 y 2050

Este anexo técnico incluye la descripción de las fuentes de datos y cálculos realizados para obtener información básica del sector de petróleo para la realización de las proyecciones de emisiones de metano para 2030, 2040 y 2050.

### C.1 Escenarios de producción

Para estimar las emisiones de metano que se generarían en el 2030 se utilizaron como insumo principal de información las proyecciones de producción convencional, producción no convencional, número de pozos tanto para petróleo como de gas, y consumo final doméstico de gas del estudio “Escenarios Energéticos 2030” que publicó la Secretaría de Energía (2019). Adicionalmente para los años 2040 y 2050 se utilizaron estimaciones de producción de ambos hidrocarburos de la empresa de investigación e inteligencia energética Rystad Energy (2024).<sup>60</sup>

El estudio de la Secretaría de Energía destaca el desarrollo de formaciones no convencionales, dada la significativa capacidad del país para estos recursos. El estudio proyecta que, para 2030, la producción no convencional de gas natural podría alcanzar aproximadamente el 75% del total y la de petróleo el 71%.

Para las proyecciones de producción de gas natural, la Secretaría de Energía (2019) considera los siguientes supuestos de base:

- La producción no convencional se estimó con base en el comportamiento de los pozos perforados entre 2017 y 2019 y su ritmo de crecimiento. Este crecimiento de producción no convencional cubriría la demanda doméstica y de exportación planificadas al 2030, especialmente en los meses de menor consumo.
- La proyección de la producción de gas de tipo convencional a 2030 se basa en una tasa de declino anual del 3,1 %, determinada por datos históricos, y la madurez de las cuencas productivas debido a que el país registra una disminución general en la producción convencional.
- Se incluye el supuesto de que el país realice o no exportaciones de GNL. En este caso, para las proyecciones de metano, se considera el supuesto de producción con el potencial de exportación GNL, debido a que en 2022 ya se confirmó la construcción de una planta para exportación (Periódico de la Energía, 2024)<sup>61</sup>

Considerando estos supuestos, posteriormente el análisis de la Secretaría de Energía (2019) contempla cuatro escenarios de producción para gas natural (ver Figura B-1), estos son: tendencial, eficiente, electrificación y gasificación; que corresponden a dos enfoques de políticas:

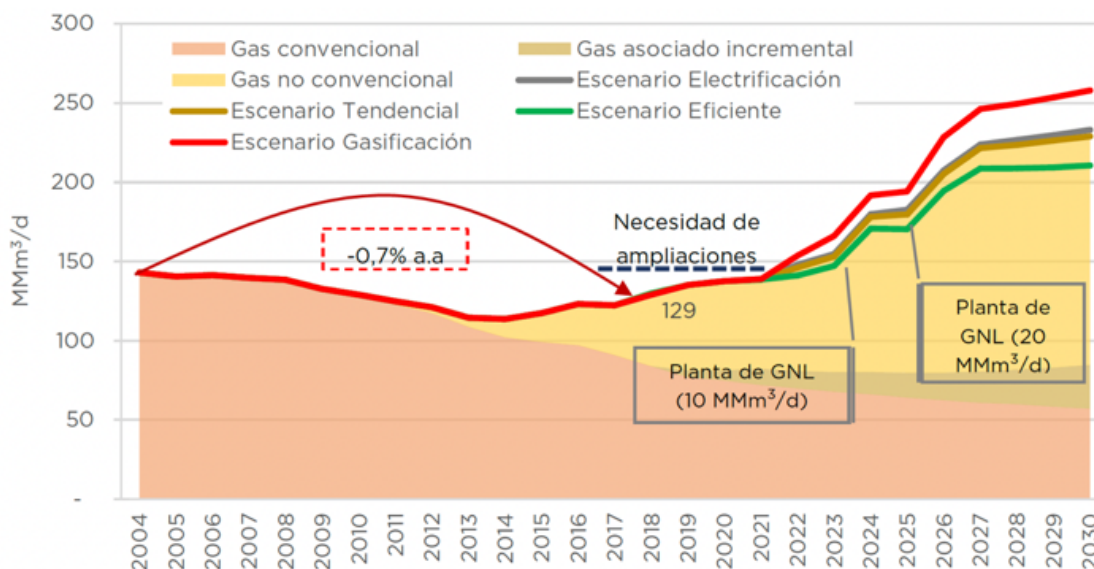
- Escenario de políticas existentes:
  - Tendencial: la demanda se modela teniendo en cuenta el comportamiento de la demanda en los últimos años.

<sup>60</sup> Rystad Energy es una empresa independiente de investigación e inteligencia energética, especializada en petróleo y gas, que proporciona a sus clientes datos, conocimientos y educación que les permiten tomar mejores decisiones.

<sup>61</sup> Este proyecto incluye la construcción de una planta de licuefacción para procesar gas de la formación de Vaca Muerta y exportarlo a nivel internacional. La inversión estimada alcanza los 10.000 millones de dólares.

- Eficiente: incorpora las políticas de eficiencia energética en curso que impactarían sobre la demanda tendencial.
- Escenario de políticas activas:
  - Gasificación: contempla una industrialización masiva del gas natural que asume una fuerte inversión en industrias gas intensivas debido a una mayor disponibilidad del recurso y una mayor utilización de gas natural en el transporte.
  - Electrificación: contempla principalmente una mayor penetración de la energía eléctrica en hogares y en el parque automotor.

Figura B-1 Producción de gas natural en diferentes escenarios al 2030



Fuente: Reproducción de Escenarios Energéticos 2030 de la Secretaría de Energía (2019)

Para el análisis de las proyecciones de metano se utilizó el valor de producción promedio anual de los cuatro escenarios, que equivale a 83.790 millones de m<sup>3</sup> de producción para el 2030. Con base en estas proyecciones, la Secretaría de Energía estimó que el número acumulado de pozos no convencionales de gas natural perforados entre 2019 y 2030 son 2.000 en el escenario eficiente y 2.547 en el escenario de gasificación. En la Tabla B-1. se resumen los datos de producción de gas natural.

Tabla B-2. Producción de gas natural por escenario

Tipo	2018 (MMm <sup>3</sup> /día)	2030				Promedio calculado por CATF (MMm <sup>3</sup> /año)
		Tendencial (MMm <sup>3</sup> /día)	Eficiente (MMm <sup>3</sup> /día)	Electrificación (MMm <sup>3</sup> /día)	Gasificación (MMm <sup>3</sup> /día)	
Convencional	83,8	57,1	57,1	57,1	57,1	
No convencional	45,7	171,8	153,4	175,9	200,8	
<b>Total</b>	<b>129,5</b>	<b>229</b>	<b>2011</b>	<b>233</b>	<b>258</b>	<b>83.790</b>

Fuente: Escenarios Energéticos 2030 de la Secretaría de Energía (2019)

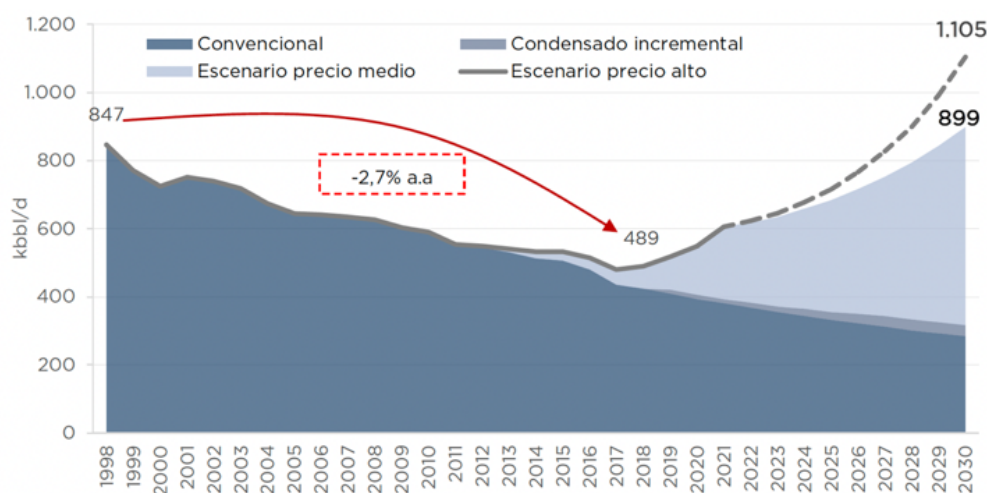
Nota: El promedio anual de producción se calcula considerando 360 días.

Para las proyecciones de producción de petróleo crudo, la Secretaría de Energía (2019) considera los siguientes supuestos de base:

- La producción de petróleo convencional se proyecta que tendrá un declino continuo hasta 2030, con una tasa anual acumulada del 3,3%.
- En cuanto a los reservorios no convencionales, la producción se modela según el crecimiento observado hasta 2021 y el avance en el desarrollo de yacimientos clave como Vaca Muerta.
- A mediano plazo, la estimación incluye la elasticidad de la producción frente a los precios, basada en la experiencia de la producción en reservas no convencionales analizado en Estados Unidos en el periodo 2009-2018.

Posteriormente, el análisis de la Secretaría de Energía (2019) contempla dos escenarios de producción de petróleo en 2030 basados en los precios internacionales de petróleo. El primero basado en precios altos de 90 USD/barril, y el segundo basado en precios medios de 70 USD/barril (Figura B-2).

Figura B-2 Producción de petróleo en escenarios, 1998-2030



Fuente: Escenarios Energéticos 2030 de la Secretaría de Energía (2019)

Para el análisis de las proyecciones de metano de petróleo, se utilizó el valor de producción promedio anual de los dos escenarios, que equivale a 360,7 millones de barriles de petróleo para el 2030. De acuerdo con la misma fuente, esto implicaría alrededor de 2.500 pozos no convencionales de petróleo acumulados entre 2019 y 2030 en ambos escenarios. En la Tabla B-3 se resumen los datos tomados de producción de petróleo.

Tabla B-3 Producción de petróleo al 2030 por escenario

Tipo	2018 (kbp/día)	2030		
		Precios medios (kbp/día)	Precios altos (kbp/día)	Promedio calculado por CATF (millones barriles /año)
Convencional	423,4	284,0	284,0	
No convencional	65,8	614,7	820,6	
<b>Total</b>	<b>489,3</b>	<b>898,7</b>	<b>1.104,6</b>	<b>360,7</b>

Fuente: Escenarios Energéticos 2030 de la Secretaría de Energía (2019)

Nota: El promedio anual de producción se calcula considerando 360 días. Kbp=miles de barriles de petróleo

Para estimar los niveles de producción de hidrocarburos en 2040 y 2050, se calcularon las tasas de cambio de las estimaciones de producción que ofrece Rystad Energy (2024), en lugar de los valores nominales de producción. Esta decisión se debe a las diferencias en las metodologías y fuentes utilizadas para calcular la producción proyectada para 2030 en comparación con la de 2040 y 2050. Las variaciones porcentuales derivadas de las proyecciones de Rystad Energy se aplicaron a los valores de producción de 2030 estimados por la Secretaría de Energía, lo que permite mantener la tendencia prevista para ambos hidrocarburos a largo plazo.

En cuanto a la estimación del número total de pozos para 2040 y 2050, tanto convencionales como no convencionales, se utilizó la relación producción/pozo calculado para 2030, para luego usar esta relación en los valores de producción de ambos años. Este enfoque asegura que las proyecciones de pozos necesarios sean coherentes con las tasas de producción previstas, ofreciendo una aproximación sólida para analizar la evolución de la actividad en el sector hacia 2040 y 2050.

En la Tabla B-4 se resumen los valores de producción y número de pozos utilizados como información de la industria para las proyecciones de metano en estos años.

*Tabla B-4 Principales valores de las proyecciones de producción y de pozos utilizados para estimar los escenarios de metano de 2030, 2040, 2050*

Variable	2030	2040	2050
<b>Gas Natural (millones de m<sup>3</sup>)</b>			
<b>Producción de gas total</b>	83.790	91.726	70.149
<i>Producción de gas en tierra</i>	71.102	89.614	67.159
<i>Producción de gas costa afuera</i>	12.688	2.113	2.990
<b>Pozos totales</b>	5.443	4.138	3.435
<i>No convencionales</i>	2.274	3.048	2.248
<i>Convencionales</i>	3.170	1.090	1.187
<b>Petróleo (millones de m<sup>3</sup>)</b>			
<b>Producción total</b>	57,35	61,85	48,75
<i>Producción en tierra</i>	56,64	61,83	47,58
<i>Producción costa afuera</i>	0,71	0,01	1,17
<b>Pozos totales</b>	19.537	8.668	7.544
<i>No convencionales</i>	2.500	3.473	2.693
<i>Convencionales</i>	17.037	5.195	4.851

*Fuente: Elaborado por CATF. Los valores de producción total de 2030 son obtenidos de la Secretaría de Energía (2019). Los valores de producción de 2040 y 2050 son estimados utilizando las tasas de variación de producción de Rystad, pero aplicando estas variaciones porcentuales al valor de 2030 para mantener coherencia con la tendencia. Los valores de pozos totales, no convencionales y convencionales al 2030 son estimados por CATF en base a la acumulación de nuevos pozos que proyecta la Secretaría de Energía. Los pozos de 2040 y 2050 son estimados en base con la relación producción/pozo de 2030.*

## D. Referencias

- United Nations Environment Programme (UNEP) and Climate and Clean Air Coalition (CCAC). (2021). *Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS). (2023). *Quinto Informe Bienal de Actualización de la República de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Buenos Aires: Autor.
- Ministerio de Economía. (2023). *Resolución 970/2023*. Secretaría de Energía. Buenos Aires: <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/299599/20231201>.
- International Energy Agency (IEA). (2024). *Methane Tracker*. Obtenido de <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/methane-tracker>
- Global Flaring and Methane Reduction Partnership (GFMR). (2024). *Gas Flaring Explained*. Obtenido de <https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/gas-flaring-explained>
- Global Flaring and Methane Reduction Partnership (GFMR). (2024). *Methane from Oil and Gas Production Explained*. Obtenido de <https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/methane-explained>
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (10 de June de 2024). *Vapor Recovery Units*. Obtenido de <https://www.epa.gov/natural-gas-star-program/vapor-recovery-units#references>
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2014). *Leak Detection and Repair A Best Practices Guide* . Obtenido de <https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-02/documents/ldarguide.pdf>
- Secretaría de Energía. (2019). *Escenarios Energéticos 2030. Documento de síntesis*. Obtenido de [https://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/planeamiento/2019-11-14\\_SsPE-SGE\\_Documento\\_Escenarios\\_Energeticos\\_2030\\_ed2019\\_pub.pdf](https://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/planeamiento/2019-11-14_SsPE-SGE_Documento_Escenarios_Energeticos_2030_ed2019_pub.pdf)
- Rystad Energy. (2024). *Proyecciones de datos del sector de hidrocarburos*.
- Parlamentario.com. (2 de 10 de 2024). *Funcionarios y expertos expusieron sobre la iniciativa que busca la reducción de emisiones de metano*. Obtenido de <https://www.parlamentario.com/2024/10/02/funcionarios-y-expertos-expusieron-sobre-la-iniciativa-que-busca-la-reduccion-de-emisiones-de-metano/>
- El Periódico de la Energía. (21 de 07 de 2024). *Un multimillonario proyecto de GNL en Argentina desata la competencia entre provincias*. Obtenido de <https://elperiodicodelaenergia.com/multimillonario-proyecto-gnl-argentina-desata-competencia-provincias/>
- Harmsen, J., Van Vuuren, D., Nayak, D., Hof, A., Höglund-Isaksson, L., Lucas, P., Nielsen, J., Smith, P., Stehfest, E. (2019). Long-term marginal abatement cost curves of non-CO2 greenhouse gases. *Environmental Science and Policy*, 136-149.
- International Energy Agency (IEA). (2024b). *Global Methane Tracker. Documentation 2024 version*. Obtenido de [https://iea.blob.core.windows.net/assets/d42fc095-f706-422a-9008-6b9e4e1ee616/GlobalMethaneTracker\\_Documentation.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/d42fc095-f706-422a-9008-6b9e4e1ee616/GlobalMethaneTracker_Documentation.pdf)



# Climate & Clean Air Coalition

## Methane Roadmap Action Programme (M-RAP)

### Hoja de ruta para la reducción de emisiones de metano en la República Argentina.

*Anexo técnico 3: Curvas de costos marginales de abatimiento de  
emisiones de petróleo*



UNEP convened initiative

## A. Curvas de costos marginales de abatimiento de emisiones de petróleo

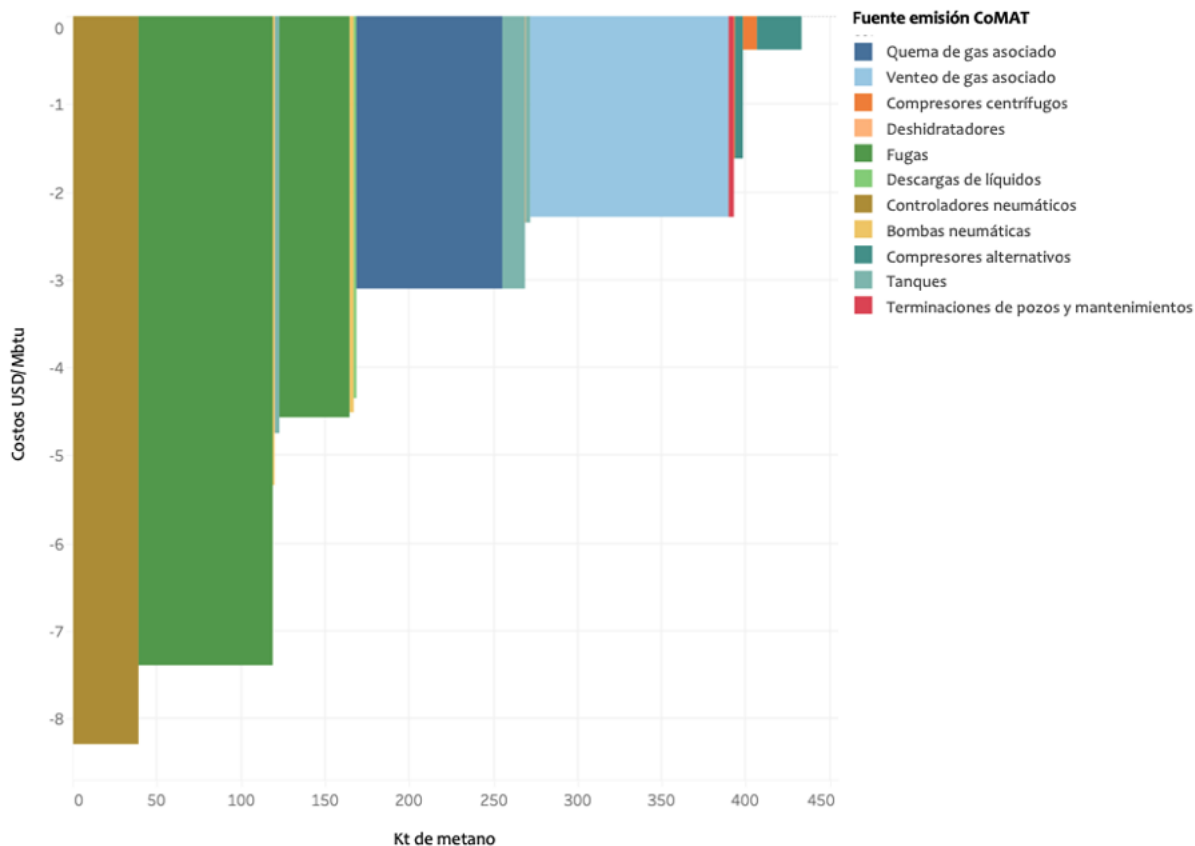
El sector de petróleo y gas tiene el mayor potencial para mitigar las emisiones de metano en comparación con otros sectores, debido a la disponibilidad de tecnologías y medidas altamente efectivas. Muchas de estas opciones no solo tienen un bajo costo, sino que incluso presentan costos netos negativos, lo que significa que los beneficios económicos que generan superan ampliamente los costos asociados a su implementación.

Los costos marginales, o curvas de costos marginales, de las medidas de abatimiento para el sector de petróleo y gas han sido investigados y analizados en diferente literatura (UNEP & CCAC, 2021; IEA, 2024b; Harmsen et al., 2019). El análisis de curvas de costos marginales se realiza comúnmente en la investigación de políticas climáticas y el desarrollo de escenarios de mitigación, y es especialmente útil para identificar estrategias de reducción de emisiones, los costos asociados a las políticas y medidas de mitigación, y comparar las medidas en relación a su costo beneficio (Harmsen et al., 2019). Sin embargo, la calidad del análisis dependerá de la disponibilidad de información del país y del sector, que incluye las estimaciones de reducción de emisiones, los costos de capital y operativos de múltiples medidas, y los supuestos sobre avances tecnológicos y cambios a lo largo del tiempo.

El análisis de costos marginales de abatimiento de la IEA (2024b) del Global Methane Tracker, es una opción de referencia que suele ser usada para presentar las oportunidades de costos de mitigación de metano del sector de petróleo y gas de diferentes medidas en países productores de hidrocarburos, brindando acceso abierto a su metodología, datos, y resultados. Considerando las ventajas que presenta la metodología de la IEA, utilizamos los datos de la industria de Argentina y de costos de las medidas de mitigación para estimar los costos marginales de las medidas de CoMAT de Argentina. El análisis que se presenta a continuación, tiene como objetivo proporcionar una visión exploratoria de las oportunidades de mitigación en función de los costos estimados del sector de petróleo y gas de Argentina, presentando un análisis ilustrativo más que exhaustivo o determinante de los costos de medidas de abatimiento del sector. Para mayor detalle sobre la metodología y cálculos realizados para estimar los costos de abatimiento referirse al Anexo metodológico del sector de petróleo y gas.

La Figura 13 muestra que todas las medidas consideradas en CoMAT con potencial de mitigación para Argentina en 2022 tienen un costo neto negativo a mediano plazo,<sup>50</sup> expresando estos costos en dólares por millón de unidades térmicas británicas (MBtu).<sup>51</sup> Esto sugiere una viabilidad económica para implementar estas medidas y abatir aproximadamente el 49% de las emisiones de metano del sector a un costo neto negativo. Las fuentes de emisión que muestran medidas de abatimiento más viables económicamente incluyen controladores neumáticos, reducción de fugas en equipos de upstream y downstream, y mitigación de emisiones por venteo y quema de gas asociado.

Figura C1. Curvas de costos marginales de abatimiento de las emisiones de petróleo y gas de Argentina de 2022



Fuente: Estimado por CATF, basándose en el análisis de curvas de costos marginales de abatimiento de la IEA (2024b) con datos del Global Methane Tracker.

Los análisis de costo de abatimiento pueden ser útiles para el ejercicio de planificación de metas de mitigación por parte del Gobierno y de las empresas del sector. No obstante, hay que tener presente que este análisis de costos tiene limitaciones, ya que no incluye la totalidad de los costos de capital ni operativos que, en promedio, podrían enfrentar los operadores del sector en Argentina. Por ello, este análisis debe considerarse como un punto de partida para una investigación más exhaustiva, que recopile in situ los costos asociados a las medidas de mitigación en el sector y permita realizar estimaciones más precisas y fundamentadas.