



Financiado por la
Unión Europea

Esta actividad hace parte del proyecto Diálogos
Climáticos de la Unión Europea

Resumen de política: Gestión de residuos sólidos y aguas residuales

Fortalecimiento de la información sobre emisiones de metano para la toma de decisiones y diálogos sectoriales para apoyar la reducción de emisiones de metano en Colombia





**Financiado por
la Unión Europea**

Esta actividad hace parte del Proyecto de Diálogos Climáticos de la Unión Europea

Resumen de política para el sector de gestión de residuos sólidos y aguas residuales

Apoyo a la reducción de las emisiones de metano en Colombia

Experto Líder

Aura Rojas

Revisión y edición

Mónica Espinosa

Juan Felipe Franco

Revisor

Mariana Rojas-Laserna (EUCDs)

Agradecimiento

Expertos sectoriales de las siguientes entidades que participaron en los diálogos:

Asociación Colombiana de Ciudades Capitales - Asocapitales

Asociación Nacional de Empresarios de Colombia – ANDI

Asociación Nacional de Empresas de Servicios Públicos y Comunicaciones - Andesco

Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

Center for Clean Air Policy (CCAP)

Climate and Clean Aire Coalition – CCAC

Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico - CRA

Departamento Nacional de Planeación - DNP

Findeter

GIZ Colombia

ImplementaSur

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM

International Methane Emissions Observatory - IMEO

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Minambiente

Ministerio de Relaciones Exteriores - Cancillería

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio - Minvivienda

NOVATIO

Secretaría Distrital de Ambiente

Stockholm Environment Institute - SEI

Universidad de los Andes

Universidad de la Salle

Universidad Nacional de Colombia

UN Environment Programme - UNEP

Waga Energy



Resumen de política para el sector de gestión de residuos sólidos y aguas residuales

Apoyo a la reducción de las emisiones de metano en Colombia

1. Contexto de este reporte

En apoyo de la implementación efectiva del Acuerdo de París, los Diálogos Climáticos de la Unión Europea (EUCDs por su sigla en inglés) asistieron a Colombia a promover la reducción y monitoreo de las emisiones de metano (CH_4). El objetivo fue fomentar el intercambio de conocimientos y experiencias entre expertos de Colombia, la Unión Europea y otros países de América Latina. Los diálogos se centraron en cuatro sectores: i) agricultura y ganadería, ii) industrias de la energía, iii) residuos, y iv) la relación entre la calidad del aire y las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Uno de los resultados del proceso es este resumen de políticas que provee un panorama comprensivo de las principales preocupaciones sobre las emisiones de CH_4 de las industrias de la energía en Colombia y propone una serie de recomendaciones de política para lograr reducciones sustanciales de las emisiones de CH_4 y mejorar su monitoreo. Esto último apunta a mejorar los sistemas de información sectorial, facilitando así los procesos de implementación. Este documento fue formulado con base en los siguientes insumos:

- + Buenas prácticas extraídas del intercambio de experiencias entre la Unión Europea y Colombia.
- + Comentarios de los expertos y priorización de las estrategias de mitigación y monitoreo de las emisiones de CH_4 durante los talleres, con especial atención en proponer un conjunto de acciones a corto plazo para ayudar en su implementación.
- + Análisis de los documentos relacionados con los planes, normas y políticas nacionales y sectoriales, que abarcan la mitigación y el monitoreo de las emisiones de CH_4 .
- + Análisis de la literatura académica sobre el tema, complementado con entrevistas adicionales a expertos.
- + El conocimiento y la experiencia previa del experto sectorial líder del proceso en Colombia.

El documento está estructurado de la siguiente manera: la Sección 2 introduce y examina el papel, la estructura y las tendencias proyectadas de las emisiones de CH_4 del sector de gestión de residuos y aguas residuales en Colombia. La Sección 3 describe el marco de política de CH_4 del sector, abarcando tanto la política climática nacional como las políticas sectoriales específicas. La Sección 4 plantea un resumen del marco regulatorio de la Unión Europea (UE) y extrae lecciones clave de su aplicación. La Sección 5 explora las oportunidades de mitigación de las emisiones de CH_4 , junto con las estrategias prioritarias para su aplicación y monitoreo. La Sección 6 consolida las recomendaciones de políticas dirigidas a reducir las emisiones de metano en el sector y a mejorar los sistemas de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV). Por último, la Sección 7 resume los puntos clave del informe.



2. Caracterización y tendencia de la emisión de metano

Colombia, contribuye a nivel mundial con el 0.41%¹ de las emisiones GEI (Ge et al., 2021) y presenta una alta vulnerabilidad a los efectos de cambio climático. Según el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) reportado en el BUR3 (BUR3,2021, s. f.), en el país las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) estimadas para el año 2018 fueron de 302.9MtCO₂eq² y las absorciones de 23.7MtCO₂eq.

En el INGEI se incluyen emisiones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆), donde la participación promedio de cada GEI en la serie histórica de 1990 a 2018 es de 72.43% de CO₂; 22.86% de CH₄; 4.40% de N₂O; 0.29% de HFC y 0.03% de SF₆. Particularmente el metano, ha incrementado su participación a lo largo de la serie temporal, pasando de 19.8% en 1990 a 24.3% en 2018.

Metodológicamente, el INGEI de Colombia y demás instrumentos técnicos, siguen los lineamientos establecidos por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) en las directrices 2006, las cuales desagregan las emisiones y absorciones de GEI en cuatro sectores, siendo estos: *Energía; Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU); Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU); y Residuos*. Para el año 2018, en el país por sector, el aporte de AFOLU se estimó en 59.1%; de Energía en 30.7%; de Residuos en 6.8% e IPPU en 3.5%.

Puntualmente para el sector de residuos, las emisiones de metano cobran un papel fundamental. Para el año 2018, este GEI presentó un aporte de aproximadamente el 95% a la emisión total estimada para el sector de 20.5 MtCO₂eq. La principal fuente de emisión de CH₄ es atribuida a la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaerobias. Típicamente, las emisiones de metano proceden de los sitios de disposición final de residuos (categoría IPCC 4A) y del tratamiento y eliminación de aguas residuales (categoría IPCC 4D). La incineración e incineración (quema) abierta de residuos (categoría IPCC 4C) que contienen carbono fósil generan principalmente emisiones de dióxido de carbono (IPCC, 2006). Dentro de los lineamientos del IPCC 2006 se incluyen estimaciones de emisiones provenientes del tratamiento biológico de residuos, dentro de estos se encuentra el compostaje y digestión anaerobia (categoría IPCC 4B), sin embargo, esta aún no se encuentra contabilizada en el INGEI de Colombia.

El INGEI presenta la serie temporal de 1990 a 2018, la tendencia de las emisiones de CH₄ del sector residuos se muestra en la Figura 1. De manera general, el comportamiento es ascendente a lo largo de los años, pasando de 0.21 MtCH₄ en 1990 a 0.69 MtCH₄ en 2018, esto indica un crecimiento de 232%. En la Figura 2 se presenta el comportamiento de las emisiones de metano proyectadas para el sector residuos hasta el año 2030³. A lo largo de los años proyectados, la emisión de metano del sector incrementa alrededor de 60% de 2010 a 2030. Las principales categorías que influyen en el comportamiento de la emisión sectorial son eliminación de desechos sólidos y tratamiento y eliminación de aguas residuales, que en el año 2030 representan el 50.2% (0.48MtCH₄) y 49% (0.46MtCH₄) respectivamente.

La eliminación de residuos sólidos contribuye con el 52% de la emisión GEI estimada para el sector, en el cual, el 100% corresponde a emisiones de CH₄, (0.38Mt CH₄) para el 2018. En Colombia, en el marco del servicio público de aseo en el año 2022 se dispusieron alrededor de 12 millones de toneladas de residuos sólidos, de los cuales el 98% se situaron en sistemas autorizados, mientras que el 2% en sistemas no autorizados (SSPD,

¹ Excluyendo Silvicultura y otros Usos de la Tierra (FOLU)

² MtCO₂eq: Megatoneladas de dióxido de carbono equivalente

³ Es importante resaltar que la NDC 2020 se construyó con información base del BUR2.





2023a). Las emisiones de tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales aportan de manera importante a la emisión de la categoría 4D, el aporte es de 83% al total de la categoría; esto se debe principalmente a la producción de industrias con generación de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica.

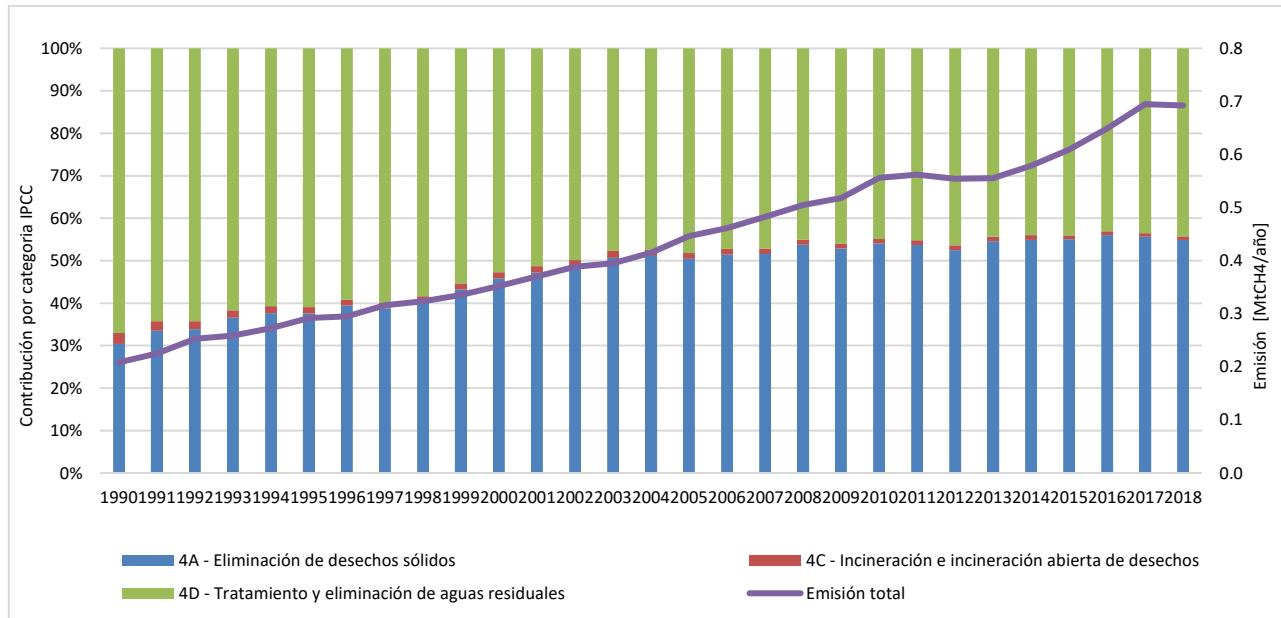


Figura 1. Tendencia de emisiones [Mt CH₄] y participación de categorías IPCC – Sector Residuos 1990-2018.
Fuente: Datos base (IDEAM et al., 2022)

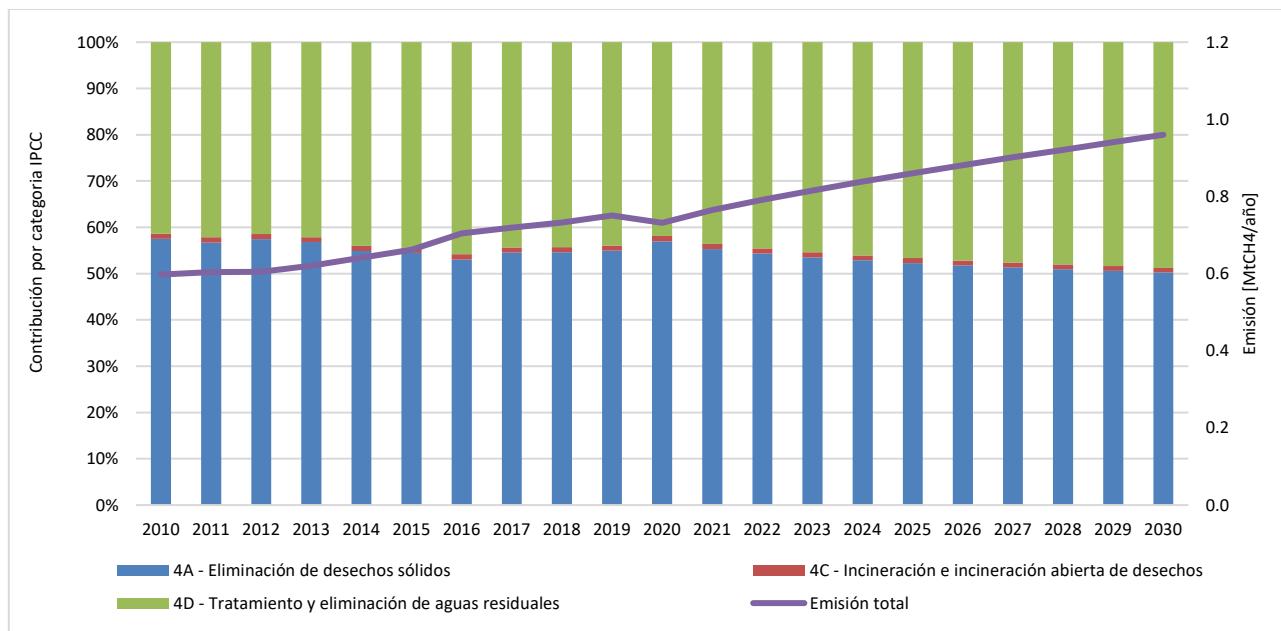


Figura 2. Tendencia de emisiones [Mt CH₄] y participación de categorías IPCC – Sector Residuos 2010-2030.
Fuente: Datos base NDC 2020 Colombia (MinAmbiente, 2020a)

Fortalecer la información sobre emisiones de metano para la toma de decisiones y facilitar el diálogo sectorial para apoyar la reducción de emisiones de metano en Colombia.



Debido a su nivel de gestión y generación de condiciones anaerobias, cobran importancia las emisiones de CH₄ provenientes de los rellenos sanitarios de carácter regional⁴, contemplados en la subcategoría 4A1a del INGEI, según indica el Informe de Inventario Nacional (NIR) en las modelaciones se incluyeron 53 rellenos sanitarios regionales (IDEAM et al., 2022), estimando emisiones en 0.32MtCH₄ lo que comprende el 83% de las emisiones de la categoría de eliminación de residuos sólidos (4A) y el 46% de las emisiones totales del sector de residuos estimadas para el año 2018.

En cuanto a las emisiones GEI por el tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas e industriales (contempladas en la categoría 4D del IPCC 2006), contribuyen al 45% de la emisión total del sector de residuos estimadas para 2018, esto representa 9.2MtCO₂eq. Dentro de los GEI incluidos se encuentran el metano y óxido nitroso, siendo el metano el de mayor contribución con 93% de participación al total de la subcategoría. La emisión de metano se estimó en 0.31MtCH₄, donde el tratamiento de las aguas residuales domésticas aporta el 35% (0.11 Mt CH₄) y las de carácter industrial en 65% (0.2Mt CH₄).

Según la Superintendencia de Servicios Públicos y Domiciliarios (SSPD), en el año 2022 (SSPD, 2023b), se identificaron 728 Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR's)⁵, de la información disponible a nivel nacional, el informe reporta que el 73% de las STAR son de tipo secundario, las cuales son de interés en términos de emisiones GEI, ya que en este tipo se incluyen tecnologías anaerobias de tratamiento de aguas residuales, e incluso gestión de lodos. Aunque si bien, las plantas de tratamiento de aguas residuales aportan la mayor parte de emisiones de metano (41% de las emisiones de CH₄ contempladas en 4D1), existen además otras emisiones de este GEI derivadas de las descargas de materia orgánica en cuerpos de agua sin tratamiento, tanto en el contexto urbano como en el rural.

Por otra parte, las emisiones de metano derivadas del tratamiento y disposición de aguas residuales industriales, proviene según informa el INGEI de los sectores de producción de alimentos para animales, pulpa de papel, producción de almidón, sustancias químicas orgánicas y otros procesamientos de alimentos (IDEAM et al., 2022).

3. Marco político del metano en Colombia

3.1. Homologación sectorial de emisiones GEI

Colombia, en cabeza de MinAmbiente y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), generaron la denominada homologación sectorial de emisiones GEI (MinAmbiente & ECDBCAR, 2020), partiendo de la estructura del IPCC. La homologación sectorial tiene como fin distribuir las emisiones contempladas en el INGEI en función de las competencias y alcances de los diferentes ministerios, asignando categorías y subcategorías del INGEI a estos. También tiene como propósito determinar responsabilidades en cuanto a la mitigación de GEI desde el ámbito sectorial.

Partiendo de esta homologación, las emisiones GEI y por ende las de CH₄ del sector residuos, se encuentran distribuidas en tres ministerios del orden nacional. Según competencias y sector económico, se encuentran asignadas al Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT); Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MinCIT) y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente). En la Figura 3 se presentan las categorías y subcategorías correspondientes al sector residuos, según ministerio competente.

⁴ Relleno sanitario de carácter regional. Es el relleno sanitario donde se disponen residuos sólidos provenientes de otros municipios diferentes a aquel donde se encuentra ubicado el sitio de disposición final (Gobierno de Colombia, 2013).

⁵ En el INGEI se denominan Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)



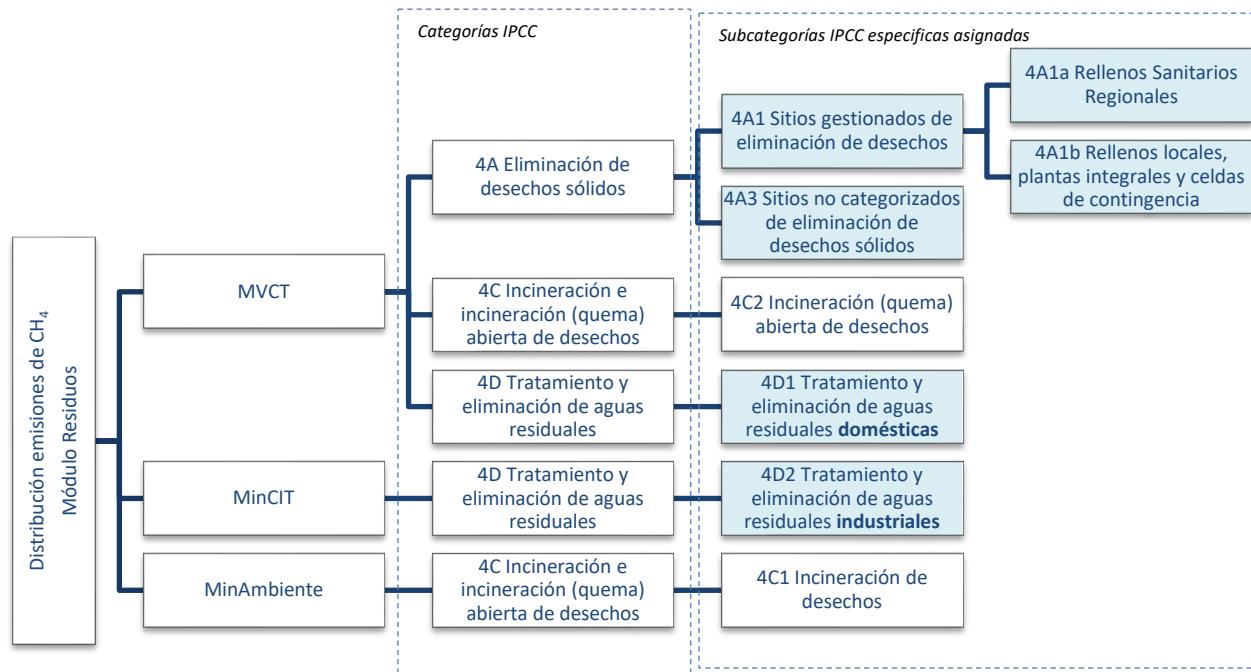


Figura 3. Homologación de emisiones GEI – Sector Residuos.

Fuente: Elaboración propia. Celdas azules corresponden a las subcategorías de interés para CH₄

Es importante resaltar que la homologación sectorial se realizó sobre cada subcategoría GEI en particular, es decir, se presentan casos en los que a nivel categoría la responsabilidad es compartida entre Ministerios, por ejemplo, en la categoría 4D, coexiste responsabilidad de MVCT y MinCIT, pero se diferencian entre las subcategorías de aguas residuales domésticas (4D1), competencia del MVCT, y aguas residuales industriales (4D2), competencia de MinCIT.

3.2. Políticas centrales que afectan a las emisiones de CH₄ - Sector de residuos y aguas residuales.

Colombia, ratifica por medio de la Ley 164 de 1994 la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático (CMNUCC) y aprueba el Acuerdo de París mediante la Ley 1844/2017. Adicionalmente, y durante la COP 26 llevada a cabo en Glasgow, el país se adhirió al Compromiso Mundial sobre el Metano, adquiriendo de esta manera diferentes responsabilidades bajo las cuales se configura su aporte a la acción climática mundial.

En respuesta a los compromisos internacionales, Colombia desarrolló tres instrumentos principales de planificación en materia de cambio climático:

- Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) actualización 2020: Colombia establece la meta nacional de mitigación de reducción del 51% de las emisiones GEI para el año 2030 con respecto al escenario de referencia, lo cual representa como máximo emitir 169.4 Mt CO₂eq en 2030 (MinAmbiente, 2020b). Aunque la meta no es detallada por GEI⁶, dentro del alcance y cobertura se encuentra el CH₄. Para el cumplimiento de la meta nacional, los sectores de la economía definieron el *Portafolio De Medidas Sectoriales De Mitigación Del*

⁶ GEI incluidos en la NDC: CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆.

Fortalecer la información sobre emisiones de metano para la toma de decisiones y facilitar el diálogo sectorial para apoyar la reducción de emisiones de metano en Colombia.





Cambio Climático. Son específicas las apuestas en cuanto a aguas residuales domésticas y residuos sólidos del MVCT⁷, sin embargo, el MinCIT no estable, en la actual NDC, aspectos relacionados con aguas residuales industriales.

- ii) Estrategia Climática de Largo Plazo de Colombia (E2050): Tiene por visión que en 2050 Colombia será resiliente al clima, priorizando el bienestar humano, la conservación de la biodiversidad y la seguridad hídrica. Tendrá una economía competitiva, circular y carbono neutral (Gobierno de Colombia et al., 2021). La E2050, se fundamenta en nueve apuestas para el cumplimiento de esta visión. El sector residuos, por medio de la gestión de biogás, economía circular e inclusión de tecnologías se encuentra vinculado principalmente a la *apuesta 6*, relacionada a ciudades regiones con un desarrollo urbano integral para su sostenibilidad ambiental. Sin embargo, la gestión de residuos con enfoque de economía circular se presenta también en la *apuesta 3*, referente a la producción y consumo sostenible para una economía innovadora e incluyente.
- iii) Ley de Acción Climática (La Ley 2169/2021): Expedida en 2021, esta ley impulsa el desarrollo bajo en carbono del país mediante el establecimiento de metas y medidas mínimas en materia de carbono neutralidad y resiliencia climática, eleva a ley los compromisos nacionales y sectoriales establecidos en la NDC 2020⁸.

El país ha realizado importantes avances en cuanto a la gobernanza climática, contando con instancias técnicas, políticas y científicas para la toma de decisiones, desarrollos normativos, generación de instrumentos y lineamientos para la acción climática nacional, sectorial y territorial. Dentro de estos instrumentos se encuentran los Planes Integrales de Cambio Climático Sectoriales (PIGCCS), generados por los ministerios, en los cuales se contemplan sus apuestas en términos de adaptación, mitigación y medios de implementación.

La adhesión de Colombia al Compromiso Global de Metano refleja la voluntad de contribuir a un esfuerzo colectivo para reducir las emisiones de CH₄ en al menos un 30% por debajo de los niveles de 2020 para 2030. Este es un objetivo de reducción global, no nacional (CCAC, 2024b), pero requiere la definición de una hoja de ruta país para promover medidas nacionales y sectoriales que reduzcan las emisiones de CH₄ y se sumen a dicho objetivo global.

El Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 (Law 2294 of 2023), establece cinco transformaciones (MinHacienda, 2023). Específicamente, la transformación productiva, internacionalización y acción climática, indica que el Gobierno nacional promoverá la transición energética justa, segura, confiable y eficiente mediante la generación de energía a partir de fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER).

Para esto, se ajustarán e implementarán las hojas de ruta del hidrógeno y la energía eólica costa afuera, y se establecerán mecanismos regulatorios y de mercado que faciliten la incorporación de nuevas plantas de generación al sistema energético nacional. Además, se desarrollará un marco regulatorio para democratizar la generación y valorizar energéticamente residuos sólidos, biomasa, geotermia, energía oceánica, biogás y aguas residuales. También se implementarán líneas de crédito y programas de financiamiento para estos proyectos (DNP, 2024).

Una directriz específica para el sector residuos es el Programa Basura Cero establecido en el artículo 227 del Plan Nacional de Desarrollo. El Programa se encuentra en proceso de formulación por parte del MVCT-VASB

⁷ Las medidas específicas se describen más adelante.

⁸ Crea además otras metas y medidas de cumplimiento sectorial.





y determinará los aspectos regulatorios, de supervisión y control, y las inversiones requeridas para avanzar en la eliminación del enterramiento hacia la implementación de parques tecnológicos y ambientales, de tratamiento y valorización de residuos, promoción del desarrollo tecnológico, conservación del ambiente y mitigación del cambio climático; definirá un plan estratégico para el cierre definitivo de los botaderos a cielo abierto y las celdas transitorias, promoviendo soluciones que prioricen el tratamiento y aprovechamiento de residuos; e impulsará la economía circular.

3.3. Acciones de mitigación del metano en las políticas sectoriales.

En cuanto a políticas relevantes para el sector, específicamente, el MVCT cuenta con el Plan Integral de Gestión de Cambio Climático Sectorial (PIGCCS)⁹, en el cual la cartera establece sus principales apuestas de acción climática tanto en temas de vivienda, como las relacionadas con agua y saneamiento básico¹⁰. Bajo la estructura nacional de la prestación del servicio público de aseo, el PIGCCS cuenta con líneas estratégicas que involucran la gestión de metano de dos de las principales fuentes de emisiones.

La Acción Nacionalmente Apropriada De Mitigación (NAMA) de Residuos Sólidos Municipales (RSM) liderada por el MVCT-VASB, es otro de los instrumentos sectoriales relacionados con el CH₄. La NAMA RSM tiene por objetivo proponer e implementar acciones para la mitigación GEI generados en la etapa de tratamiento y eliminación de residuos sólidos municipales a nivel de relleno sanitario (MinVivienda et al., 2021).

La NAMA RSM, se orienta a 22 de los Rellenos Sanitarios Regionales del país, y establece tres escenarios de mitigación. La NAMA propone diversas estrategias para manejar los residuos sólidos. Para los ya dispuestos, se plantea la recolección y quema del gas en vertederos, la recolección y aprovechamiento energético del biogás, y la optimización de este aprovechamiento en sitios que ya cuentan con sistemas adecuados. Para los residuos que llegan a los sitios de disposición final, se sugiere optimizar el tratamiento mecánico o separación en la fuente con compostaje biológico, y la termovalorización eléctrica mediante Waste to Energy (WtE). Además, se fomentará la implementación de plantas de aprovechamiento energético de los residuos sólidos municipales (RSM) como alternativa y complemento a los rellenos sanitarios.

La NAMA se encuentra formulada y contiene estudios de prefactibilidad para dos rellenos sanitarios regionales, sin embargo, aún no cuenta con financiación para su implementación. En la NDC 2020 es mencionada pero aún no se encuentra incluida dentro de las estimaciones del potencial de reducción de emisiones GEI sectoriales¹¹, lo que representa una oportunidad de integración de esta en el nuevo ciclo de actualización de la NDC al 2025.

Tabla 1. Apuestas sectoriales MVCT-VASB establecidas en la NDC 2020.

Línea estratégica	Meta y potencial reducción CH ₄
Gestión Integral de Residuos Sólidos	
Medidas asociadas a la gestión integral de los residuos sólidos municipales que se encuentran relacionadas con actividades complementarias a la disposición final: ✓ Gestión y promoción de Sistemas de Tratamiento Mecánico Biológico (TMB).	Tratamiento Mecánico Biológico (TMB): implementación sobre la fracción orgánica de 2020: 1%; 2025: 3%; 2030: 5%. Quema de biogás: porcentaje de biogás tratado en 2025: 1%, y en 2030, 2%. En Relleno Sanitario Doña Juana en 2025, 21%, y en 2030, 26%.

⁹ Adoptado mediante Resolución 431 de 2020.

¹⁰ Liderado por el Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico (VASB)

¹¹ La NAMA se encontraba en proceso de formulación de manera paralela a la NDC 2020, por tal razón aún no se encuentra incluida en esta.





Línea estratégica	Meta y potencial reducción CH ₄
✓ Sistemas de captación, conducción y quema de biogás en rellenos sanitarios. ✓ Aprovechamiento de biogás en rellenos sanitarios (generación de energía eléctrica).	Aprovechamiento de biogás: porcentaje de biogás generado y aprovechado en el Relleno Sanitario Doña Juana de 2025: 0,4%; 2030: 0,6%. Potencial de reducción (2030): 1,31 Mt CO₂ eq
Gestión de las Aguas Residuales Domésticas	
Medidas que contemplan de manera integrada la gestión de biogás mediante quema y/o aprovechamiento en PTAR y la reducción de emisiones GEI a través del aumento de cobertura en el tratamiento de aguas residuales domésticas.	Entrada en funcionamiento de al menos 6 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Potencial de reducción (2030): 0,02 Mt CO₂ eq

Fuente: (Gobierno de Colombia, 2020)

El Plan de Manejo de Vertimientos 2020-2050 (PMAR), tiene por objetivo principal estructurar estrategias de gestión sectorial y ambiental, orientadas a resolver la problemática de contaminación hídrica generada por los vertimientos de aguas residuales municipales¹² (MinVivienda, 2021). El PMAR indica que, dentro de los principales retos en temas de infraestructura es el incentivo a la gestión de subproductos dentro de los cuales incluye el aprovechamiento de biosólidos, reúso del agua residual tratada, y captura, quema y/o aprovechamiento del biogás.

En cuanto al MinCIT, el ministerio adoptó su PIGCC sectorial¹³, en el cual el ministerio reconoce las emisiones GEI generadas por el tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales. En el horizonte a 2030, MinCIT centrará su componente de mitigación en tres líneas estratégicas¹⁴, que, aunque si bien, aun no incluyen medidas específicas para aguas residuales industriales, si especifica que continuarán con la incorporación progresiva de esta línea de trabajo en conjunto con el MVCT.

4. Visión general del marco político de la Unión Europea relacionado con la CH₄ y lecciones clave de su aplicación

La Unión Europea (UE), ha avanzado en los esfuerzos para reducir emisiones de gases de efecto invernadero, enfocadas en metano. Dentro de los instrumentos que incluye el sector residuos en el marco de política de la EU, se encuentra la *Estrategia de Metano*, la cual se centra tanto en la reducción de las emisiones de metano en la UE como en abordar las emisiones de metano asociadas a las cadenas de suministro vinculadas a la UE, la estrategia incluye los sectores energético, agricultura y residuos.

Específicamente para el sector residuos, durante el año 2024 la Comisión revisará la Directiva sobre vertederos y adoptará nuevas medidas para mejorar la gestión de los gases de vertedero, minimizar sus efectos nocivos en el clima y aprovechar sus posibles beneficios energéticos (Comisión Europea, 2021). Adicionalmente, de manera transversal, la Comisión apoyará¹⁵, la creación de un observatorio internacional

¹² Siguiendo los lineamientos del documento CONPES 3177 de 2002 ""Acciones Prioritarias y Lineamientos para la Formulación del Plan Nacional de Aguas Residuales"

¹³ Mediante la Resolución No. 1066 de 2021

¹⁴ Línea estratégica 1 - Eficiencia energética y gestión de la energía, Línea estratégica 2 - Procesos productivos sostenibles y, Línea estratégica 3 - Operaciones logísticas sostenibles (MinCIT, 2021).

¹⁵ En colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Coalición Clima y Aire Limpio (CCAC) y la Agencia Internacional de la Energía (AIE).

Fortalecer la información sobre emisiones de metano para la toma de decisiones y facilitar el diálogo sectorial para apoyar la reducción de emisiones de metano en Colombia.





independiente de las emisiones de metano. Este se encargaría de recopilar, conciliar, verificar y publicar datos sobre las emisiones antropogénicas de metano a escala mundial (Comisión Europea, 2021).

La Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo (RED II) (UE, 2021a), es la que regula el desarrollo de las energías renovables en la Unión Europea. La RED II establece:

- ✓ Un objetivo vinculante de la Unión de una cuota de al menos un 32% de energías renovables.
- ✓ Los Estados miembros deben establecer su contribución a la consecución de ese objetivo como parte de sus planes nacionales integrados de energía y clima.
- ✓ Para la inclusión de biomasa, residuos y biorresiduos, la Directiva indica que los estados deben tener en cuenta los principios de economía circular y jerarquía de los residuos¹⁶.
- ✓ Incluye a la biomasa, residuos y biorresiduos dentro de la categorización de materias primas para la producción de biogás y biocarburantes.

La Directiva 2008/98/CE relativa al sector de los residuos indica que, para reducir los GEI procedentes de los vertederos, los Estados miembros deben:

- ✓ Facilitar la recogida separada y el tratamiento adecuado de los biorresiduos, para producir compost seguro para el medio ambiente y otros materiales basados en los biorresiduos.
- ✓ La Comisión realizará una evaluación en la que examinará la pertinencia de establecer requisitos mínimos para la gestión de biorresiduos y criterios de calidad para el compost y el digestato procedentes de biorresiduos, con el fin de garantizar un alto nivel de protección de la salud humana y el medio ambiente (UE, 2008).

El Reglamento de Gestión de Residuos (EU) No 2019/1009 (UE, 2019), incluye:

- ✓ Normas para los digestatos procedentes de la digestión anaerobia de residuos orgánicos.
- ✓ Criterios de calidad y seguridad para el uso de estos productos en la agricultura (promoviendo la digestión anaerobia como una alternativa a la disposición en vertederos).

Por otra parte, el nuevo Plan de Acción para la Economía Circular, es uno de los principales elementos del Pacto Verde Europeo, tiene por objeto adaptar la economía a un futuro ecológico y reforzar la competitividad, protegiendo al mismo tiempo el medio ambiente y confiriendo nuevos derechos a los consumidores (Comisión Europea, 2020). Aunque no es explícito en términos de reducción de emisiones de CH₄, relaciona dentro de las iniciativas transversales las acciones que emprenderá la Comisión para la integración de la circularidad como requisito previo de la neutralidad climática (European Commission, 2020), enfocándose en el análisis de la medición sistemática de los efectos de la circularidad en la mitigación y adaptación al cambio climático; el mejoramiento de las herramientas de modelización de los beneficios de la circularidad en la reducción de emisiones GEI y en la promoción de la economía circular en las futuras políticas climáticas.

El programa LIFE, es el único instrumento financiero de la Unión Europea dedicado, de forma exclusiva, al medio ambiente y a la acción por el clima (UE, 2021b), dentro de su versión 2021-2027, el programa se concentra en los subprogramas de naturaleza y biodiversidad; economía circular y calidad de vida; mitigación del cambio climático y adaptación a este y transición hacia energías limpias. El sector residuos se encuentra enmarcado principalmente en el subprograma de economía circular, en el cual se resalta la contribución para reducir las emisiones de contaminantes a la atmósfera y los mares, y garantizar un aire y mares limpios para

¹⁶ Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo

Fortalecer la información sobre emisiones de metano para la toma de decisiones y facilitar el diálogo sectorial para apoyar la reducción de emisiones de metano en Colombia.



los ciudadanos de la UE, en consonancia con el acervo de la UE y los objetivos del Plan de Acción de Cero Contaminación (European Commission, 2021).

Dentro de los elementos clave resaltados en las sesiones con expertos sectoriales, se destacaron las estrategias de financiamiento establecidas por la EU para el aprovechamiento de biogás, esto incluye la definición de incentivos gubernamentales que permitan la viabilidad de los proyectos de gestión de metano. El gobierno francés, emplea el Feed-in Tariffs (tarifas de compra), mediante el cual se realiza la compra de biometano a pequeños productores obtenido tanto de rellenos sanitarios como de biodigestores anaerobios de manera diferenciada; sin embargo, en el contexto colombiano, el precio de mercado de gas natural es menor con respecto al potencialmente usado para biometano, lo cual no permitiría ser competitivo(Agudelo, 2024).

El Sistema de garantías de origen, desde la demanda, que en una primera instancia ha sido desarrollado por cada país, ha venido siendo regulado por la UE, con el fin de incentivar la creación de más proyectos de biometano permitiendo su consumo transfronterizo dentro de esta, y a su vez tener control sobre este mercado.

Otros mecanismos, empleados para proyectos del sector residuos, son relacionados con las subvenciones otorgadas por los diferentes gobiernos para el desarrollo de los proyectos, dentro de los cuales se encuentran:

- ✓ Subvenciones de innovaciones
- ✓ Subvenciones a los gastos de capital (capex),
- ✓ El Fondo de Estudios y de Ayuda al Sector Privado (FASEP) del gobierno francés (mediante el cual se encuentran adelantando estudios de factibilidad en Manizales (Colombia) para la generación de biometano del relleno sanitario La Esmeralda)

5. Oportunidades de mitigación de las emisiones de CH₄ y estrategias prioritarias para su aplicación y seguimiento

5.1. Estrategias de mitigación de metano

Las oportunidades de mitigación del metano del sector residuos, son variadas y dependen del punto de la cadena de valor en la cual se enfoquen las iniciativas. Según la Evaluación Global de Metano (UNEP & CCAC, 2021), adelantado por el Climate and Clean Air Coalition (CCAC) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en el sector residuos y en conjunto con el sector de combustibles fósiles se pueden implementar rápidamente medidas específicas, donde la mayoría tiene un costo negativo o bajo (ver Figura 4). Las medidas específicas existentes podrían reducir las emisiones de CH₄ del sector de los residuos en 29-36 Mt/año de aquí a 2030. El mayor potencial reside en la mejora del tratamiento y la eliminación de residuos sólidos.

Oportunidades similares son planteadas en la Evaluación regional de flujo e materiales: residuos sólidos municipales para América Latina y el Caribe - EVAL 2023 (Montero et al., 2023), donde se resalta que para la región, algunas acciones de bajo costo para mejorar la gestión de los residuos sólidos municipales que permitirían evitar o mitigar emisiones de metano son las siguientes:

- ✓ Limitar la disposición final de residuos orgánicos.





- ✓ Recuperar y aprovechar dicha fracción mediante el compostaje en los hogares, a nivel comunitario o en instalaciones municipales o regionales, o bien por digestión anaerobia con aprovechamiento del biogás;
- ✓ Realizar la captura activa de biogás en rellenos sanitarios y en el cierre técnico de sitios de disposición final inadecuada.
- ✓ Reducir y prevenir las pérdidas (en los procesos de producción) y desperdicios (en los procesos de consumo) de alimentos.

Gestión de residuos	Aguas residuales
<ul style="list-style-type: none">• Municipales:<ul style="list-style-type: none">• Separación en la fuente con reciclaje/reutilización<ul style="list-style-type: none">• No disposición de residuos orgánicos• Tratamiento con valorización energética o recogida y quema de gas de relleno sanitario.• Industriales:<ul style="list-style-type: none">• Reciclaje o tratamiento de residuos sólidos con recuperación de energía.• No disposición de residuos orgánicos en sitios de disposición.	<ul style="list-style-type: none">• Municipales:<ul style="list-style-type: none">• Implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales en lugar de eliminación por otras vías como letrinas.• Migración a tratamiento anaerobio secundario/terciario con recuperación y utilización de biogás.• Industriales:<ul style="list-style-type: none">• Actualización a tratamiento en dos etapas, es decir, tratamiento anaeróbico con recuperación de biogás seguido de tratamiento aeróbico.

Figura 4. Medidas específicas del sector residuos.

Fuente: (CCAC, 2024a)

Por otra parte, la Iniciativa Global de Metano (GMI) indica que el CH₄ ofrece una oportunidad única de mitigar el cambio climático y simultáneamente aumentar el suministro de energía disponible. No obstante, sin medidas más rigurosas para reducir las fuentes, se espera que las emisiones de metano aumenten aproximadamente en un 45% hasta alcanzar las 8,522 MtCO₂eq para el año 2030 (GMI, 2011).

El biogás proveniente de los sitios de disposición tiene aproximadamente la mitad del valor térmico del gas natural, y puede sustituir a los combustibles fósiles convencionales en ciertas aplicaciones. Es una fuente de energía renovable y local, disponible continuamente a partir de los desechos municipales e industriales en los rellenos sanitarios. Utilizar este gas para producir energía permite a los sitios de disposición reducir significativamente sus emisiones de CH₄ y disminuir la necesidad de energía de combustibles fósiles. Esto, a su vez, reduce las emisiones de CO₂, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y otros contaminantes asociados con la combustión de combustibles fósiles.

Las alternativas que existen para la gestión eficiente del CH₄ se encuentran la captura y quema, el uso in-situ, producción de energía eléctrica y/o cogeneración; y utilización como combustible luego de procesos de purificación para inyectarse en los gasoductos como gas natural para ser usado en hogares, industria, entre otros. De igual forma, existen el Waste to Energy, que involucran diferentes procesos según la tecnología a implementar.

Las estrategias orientadas a residuos orgánicos involucran aspectos de reducción en la generación, tanto en los procesos de producción de alimentos como en el consumo, y el compostaje de residuos (BID, 2023). Así como implementar recolección diferenciada de este tipo de residuos sólidos, para lo cual es fundamental que las personas separen de manera adecuada estos residuos en casa y en los diversos sitios de generación, y que

Fortalecer la información sobre emisiones de metano para la toma de decisiones y facilitar el diálogo sectorial para apoyar la reducción de emisiones de metano en Colombia.





los municipios y operadores incluyan dentro de sus esquemas de prestación de servicios rutas de recolección diferenciada y brindar opciones de tratamiento.

El tratamiento de los residuos orgánicos, en particular a través de la digestión anaerobia, produce emisiones de CH₄, lo que requiere un enfoque específico para redirigir estos materiales a instalaciones de tratamiento y evitar su eliminación en rellenos sanitarios. Una de las experiencias relevantes compartidas dentro del proceso de Diálogos Climáticos de la UE en Colombia, fue la Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos de Chile, el Reglamento sobre la Gestión Sanitaria de las Instalaciones de Valorización de Residuos Orgánicos, y el Proyecto de Ley de Residuos Orgánicos, con el objetivo de limitar progresivamente el vertido de residuos orgánicos y promover su recuperación (Programa Reciclo Orgánicos Colaboración sur - sur, n.d.).

En el contexto colombiano, el desarrollo de proyectos y estrategias enfocadas al aprovechamiento energético del biogás y el tratamiento de residuos orgánicos por medio de tratamiento mecánico biológico se encuentran enmarcados dentro de las líneas de trabajo sectoriales del PIGCC del MVCT, la NAMA RSM, en la NDC 2020 y la ley de Acción Climática. Incluso existen una variada serie de proyectos en implementación en los diferentes sectores de la economía nacional Tabla 2, cuyas experiencias aprendidas y retos técnicos, normativos y financieros identificados constituyen una oportunidad para encontrar de manera conjunta entre el sector público y privado estrategias viables para el escalamiento y expansión de las iniciativas en otras zonas similares del país.

Tabla 2. Ejemplos de iniciativas de gestión del biogás en Colombia.

Iniciativa/proyecto	Descripción
Gestión Integral de Residuos Sólidos	
Relleno Sanitario Doña Juana Biogás Doña Juana	Ubicación: Bogotá Estado: Implementado y en operación Tipo de gestión: Producción de energía eléctrica por aprovechamiento de biogás del relleno sanitario y destrucción térmica. La energía eléctrica es suministrada al Sistema Interconectado Nacional (SIN). Mitigación GEI: 5,328,120 certificados de reducciones de emisiones ante UNFCCC, y un adicional de 2,270,141 hasta el 2022 en el marco del mercado nacional del carbono (BioGás, 2024).
Relleno Sanitario La Pradera	Ubicación: Donmatías - Antioquia Estado: Implementado y en operación Tipo de gestión: Combustión, captura y quema de biogás (EMVARIAS, 2022).
Parque Tecnológico Ambiental La Esmeralda	Ubicación: Manizales Estado: Estudios de estudio de viabilidad Tipo de gestión: Conversión de biogás a biometano
Gestión de las Aguas Residuales Domésticas	
PTAR Salitre	Ubicación: Bogotá Estado: Implementado y en operación Tipo de gestión: Consumo interno del 35% del biogás generado y el exceso de biogás es destruido térmicamente. La producción de biogás es de 13,500m ³ en operación normal (Biogás, s. f.).
PTAR Río Frio	Ubicación: San Juan de Girón - Santander Estado: Implementado y en operación Tipo de gestión: Combustión total del gas. Promedio generación 2023: 1,865 m3/día (EMPAS, 2024).
PTAR San Fernando	Ubicación: Itagüí – Antioquia Estado: Implementado y en operación





Iniciativa/proyecto	Descripción
	Tipo de gestión: Producción de biometano para conexión a la red domiciliaria de gas natural (UPME (Oficial), 2024). Aprovechamiento de máximo 1,200 m ³ de biogás.
Iniciativas industriales (Godet, s. f.)	
Extractoria hacienda la cabaña	Industria: Aceite de palma Ubicación: Cumaral, Meta. Estado: Operación Tipo de gestión: Sistema de captación, tratamiento y valorización eléctrica del biogás. Producción de 1,029 kW.
Industrial aceitera del Casanare	Industria: Aceite de palma Ubicación: Orocué, Casanare. Tipo de gestión: Valorización de biogás para generación de energía eléctrica. Generación de 634 kW.
Aceites del Magdalena Medio	Industria: Aceite de palma Ubicación: Yarima, Santander. Tipo de gestión: Captación y quemado de biogás en tea.
Granja Mr. Pig de Colombia	Industria: Porcicola Ubicación: Honda, Tolima. Tipo de gestión: Planta de biogás para tratamiento de efluentes y generación de energía eléctrica a partir de estiércol porcino. Tamaño: Biogestor de 1.500 m3; Postratamiento de 3 x 300 m3; Generador de 30 kW.
Asociación de productores lecheros de Calamar Asoproleca	Industria: Láctea Ubicación: Calamar, Guaviare. Tipo de gestión: Biodigestores
Casos de tratamiento de residuos orgánicos	
Compost systems (Compost Systems, 2023)	Ubicación Facatativá, Cundinamarca Operador: Control Ambiental Estado: En funcionamiento 2012 Tipo de gestión: Compostaje cubierto en hileras Waste types: Residuos orgánico; Residuos verdes; Lodos residuales Capacidad 20.000 t/year
Biotecnología Ambiental Terranova SAS (Biotecnología Ambiental Terranova, 2019) +Compost – Basura (+Compost, 2023)	Ubicación: Madrid/Mosquera, Cundinamarca Estado: Funcionamiento Tipo de gestión: Transformación de residuos orgánicos no peligrosos por medio del compostaje en abonos y acondicionadores de suelos
Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos -UAESP- y Sineambore (UAESP, 2021)	Ubicación: Bogotá Tipo de gestión: Producción de abono dentro de la Planta de Residuos Orgánicos de Mochuelo.

Fuente: Elaboración propia

Los expertos sectoriales identificaron oportunidades de mitigación de CH₄ relacionadas principalmente con el tratamiento de residuos orgánicos y el uso de biogás. Aunque si bien son temáticas incorporadas en las líneas de política y acción climática sectorial¹⁷, es necesario reforzar y dar impulso a estas alternativas para

¹⁷ Descrito en la sección 3.3.

Fortalecer la información sobre emisiones de metano para la toma de decisiones y facilitar el diálogo sectorial para apoyar la reducción de emisiones de metano en Colombia.





lograr el cumplimiento de los objetivos establecidos incluyendo incremento de ambición a las metas actualmente establecidas. Las medidas priorizadas se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Medidas priorizadas por los expertos sectoriales – Componente Mitigación

Mitigación	
I.	Desarrollar la Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos (ENRO). Que contenga la articulación normativa requerida para viabilizar proyectos de aprovechamiento de biomasa residual y biosólidos.
II.	Implementar el tratamiento de residuos orgánicos y desarrollar mercados de subproductos para darles valorización, viabilidad y sostenibilidad.
Las actividades incluyen: Articulación entre productores y demanda, vinculación de expertos, establecimiento de estándares, desarrollo de pruebas (ciencia tecnología e innovación), obligatoriedad y priorización del uso de subproductos en los sectores de interés, definición de incentivos como descuentos arancelarios, sensibilización, entre otras.	

Fuente: EUCDs Technical Working Groups Report (Hill Consulting, 2024)

En términos de mitigación, es crucial destacar el enfoque de la Transición Energética Justa, la economía circular y el Programa de Basura Cero, que están siendo formulados por el gobierno. Estas iniciativas presentan oportunidades para fusionar la acción climática con las actividades sectoriales y establecer entidades decisorias de alto nivel. Adicionalmente, cabe destacar que, dentro del marco climático nacional, organismos como la Comisión Intersectorial de Cambio Climático (CICC) y sus comités, incluyendo el comité técnico, juegan un papel importante en la provisión de información técnica y científica sobre cambio climático y mitigación del CH₄.

Los expertos también llevaron a cabo una evaluación cualitativa de los elementos habilitantes con el propósito de destacar las áreas que necesitan más atención para respaldar la aplicación de las medidas de mitigación del CH₄. La Tabla 4 presenta los resultados de la evaluación.

Tabla 4. Estado de los elementos habilitantes – Estrategias de mitigación sector residuos

Elementos habilitantes	Estrategias priorizadas	
	Desarrollar la Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos	Implantar el tratamiento de residuos orgánicos y desarrollar mercados de subproductos
Capacidades técnicas	×	Δ
Normativa y regulación	Δ	Δ
Medios de financiación	×	×
Acceso y escalabilidad	Δ	Δ
Coordinación entre actores	×	×
Aceptación pública	Δ	Δ

Escala de evaluación elementos habilitantes		
Ya se cuenta con este elemento habilitante	✓	
Se cuenta parcialmente con este elemento habilitante	Δ	
No se tiene	✗	
No sabemos, no se tiene información	¿?	

Fuente: EUCDs Technical Working Groups Report (Hill Consulting, 2024)

Fortalecer la información sobre emisiones de metano para la toma de decisiones y facilitar el diálogo sectorial para apoyar la reducción de emisiones de metano en Colombia.



5.2. Estrategias para el monitoreo del metano

En cuanto al componente de monitoreo, a escala internacional, el Waste Methane Assessment Platform (WasteMAP), se creó para ofrecer a los responsables políticos, operadores de rellenos sanitarios, municipios y otras partes interesadas del sector un mejor acceso a los datos sobre las emisiones de metano de los residuos, mejorar su comprensión de las oportunidades de mitigación y compartir las mejores prácticas para reducir las emisiones de metano de los residuos sólidos (RMI, 2024). La vinculación del país podría ser una oportunidad para conocer datos e información a escala regional y mundial de emisiones de metano y orientar la toma de decisiones.

A escala nacional, los indicadores e información asociados a la economía circular y seguimiento a la creación de empleos verdes tienen un alto potencial para complementar los actuales sistemas de información sectorial. Liderado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), está el Sistema de Consulta de Información de Economía Circular del Sistema de Información de Economía Circular (SIEC) que es el conjunto articulado de elementos¹⁸ que interactúan entre sí para recopilar, consolidar y difundir la información estadística relacionada con la Economía Circular (DANE, 2024).

La Mesa de Estadísticas de Economía Circular¹⁹ cuenta con seis submesas partiendo de las líneas prioritarias de la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC). Dentro de las cuales se encuentra la Mesa Nacional de Biomasa Residual, liderada por MinAmbiente. En particular en esta mesa se incluyen temáticas de residuos orgánicos rurales y urbanos, aspectos de gestión normativa y acciones encaminadas a la recolección y ordenamiento de información, datos y estadísticas relacionadas con la generación de biomasa y los volúmenes de aprovechamiento (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022).

En acción climática, el país ha avanzado en la consolidación, del Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) de acciones de mitigación y Sistema Nacional de Información en Cambio Climático (SNICC), que definen el conjunto de actores, normativa, procesos, sistemas, subsistemas, herramientas y metodologías necesaria para la toma de decisiones y seguimiento a la gestión del cambio climático en Colombia²⁰.

En este sentido, el Sistema MRV sectorial fue una de las medidas del componente de monitoreo priorizado por los expertos sectoriales en el marco de los talleres desarrollados (ver Tabla 5). Debido a que el sector residuos interactúa con otros sectores de la economía nacional, el Sistema MRV sectorial deberá estar articulado con los sectores de Minas y Energía, Agricultura e Industria y comercio principalmente. Es de resaltar que los sectores energético e industrial ya cuentan con avances en la estructuración y funcionamiento de sus respectivos MRV, por lo cual, se constituye una oportunidad de articulación en el momento de la conceptualización y diseño del respectivo sistema del sector residuos.

Table 5. *Medidas priorizadas por los expertos sectoriales – Componente Monitoreo*

Monitoreo
1. Desarrollar e implementar un Sistema MRV independiente para residuos sólidos.
2. Mejorar el Sistema Único de Información (SUI), como uno de los instrumentos de captura de información sectorial, para contar con registro e información de calidad de los sitios de disposición y tratamiento de aguas residuales.

¹⁸ Entidades públicas y privadas que son productoras o usuarias de información, políticas, normas, procesos técnicos e infraestructura involucrada en la gestión de la información relacionada con la Economía Circular.

¹⁹ En línea con la Estrategia Nacional de Economía Circular – ENEC

²⁰ Reglamentada mediante la Resolución 1447/2018 y Resolución 1383/2023 respectivamente

Fortalecer la información sobre emisiones de metano para la toma de decisiones y facilitar el diálogo sectorial para apoyar la reducción de emisiones de metano en Colombia.





Fuente: EUCDs Technical Working Groups Report (Hill Consulting, 2024)

Un aspecto fundamental que el diseño y conceptualización del Sistema MRV sectorial permitiría es el análisis de los sistemas de información sectorial actualmente existentes, donde el principal es el Sistema Único de Información (SUI) administrado por la SSPD. El SUI recoge, almacena, procesa y publica información reportada por parte de las empresas prestadoras y entidades territoriales referente a los servicios públicos y domiciliarios (SSPD, 2024). En cuanto a los reportes, el SUI solicita y genera información de los aspectos comerciales, administrativos, financieros y técnico operativos.

Las experiencias aprendidas en la implementación de estos sistemas y su administración permitirán evidenciar que aspectos son susceptibles de mejora, que den como resultado el mejoramiento en calidad y cantidad de datos e información; así como la identificación de los puntos de la cadena de información donde incorporar las variables de cambio climático necesarias para que se conviertan en insumo al Sistema MRV. Del análisis de los instrumentos actuales, se evidenciará de manera fundamentada la necesidad o no, de incorporación de nuevos instrumentos para la captura de información relativa a emisiones de gases de efecto invernadero.

Los expertos también llevaron a cabo una evaluación cualitativa de los factores facilitadores para destacar las áreas que necesitan más atención para reforzar la información sobre las emisiones de **CH₄** y desarrollar el sistema MRV sectorial. La Tabla 6 presenta los resultados de la evaluación.

Tabla 6. Estado de los elementos habilitantes – Monitoreo de emisiones sector residuos

Elemento habilitante	Estrategias priorizadas	
	Desarrollar e implementar un sistema MRV independiente para el sector residuos sólidos	Mejoramiento del Sistema Único de Información (SUI)
Capacidades técnicas	Δ	Δ
Normativa y regulación	Δ	Δ
Medios de financiación	×	×
Acceso y escalabilidad	Δ	Δ
Coordinación entre actores	×	×
Aceptación pública	×	Δ

Escala de evaluación elementos habilitantes	
Ya se cuenta con este elemento habilitante	✓
Se cuenta parcialmente con este elemento habilitante	Δ
No se tiene	✗
No sabemos, no se tiene información	¿?

Fuente: EUCDs Technical Working Groups Report (Hill Consulting, 2024)



6. Recomendaciones de política

6.1. Recomendaciones de política para la mitigación de CH₄

Elementos de política pública: Establecer e implementar la *Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos (ENRO)*²¹ que involucre los componentes normativo, técnico y financiero que permita la implementación y sostenimiento de proyectos de tratamiento de orgánicos. La ENRO requiere una fuerte articulación intersectorial principalmente de las entidades líderes de cartera del sector energético, agropecuario y de agua y saneamiento básico; esto con el objetivo adicional de determinar alternativas que habiliten el uso y valorización de los subproductos (biogás y biosólidos) obtenidos luego del tratamiento.

La ENRO contribuye a la mitigación de CH₄, mediante la reducción en la disposición de residuos orgánicos²² en rellenos sanitarios lo que es directamente proporcional a la reducción en emisiones de CH₄ de estos sitios; y a través de la implementación de sistemas de gestión del biogás en las plantas de tratamiento, es posible habilitar tecnologías que permitan la obtención de biometano (alternativa de gas natural) y/o aprovechamiento energético del biogás ya sea para uso interno o externo de las instalaciones.

Paralelamente, la ENRO permitirá implementar medidas de mitigación de GEI, como el tratamiento biológico de residuos y aprovechamiento de biogás, contemplados en la NDC 2020 y PIGCCS del MVCT, impulsando la economía circular contemplada dentro de las apuestas de la Estrategia Climática de Largo Plazo (E2050). Dado que el metano es el principal GEI del sector residuos, estas acciones apoyan directamente el Compromiso Mundial sobre el Metano.

La articulación de instrumentos de política sectoriales como el *Programa Basura Cero*²³ y la *Hoja de Ruta de la Transición Energética Justa (TEJ)*²⁴ permitirá incorporar de manera explícita la integración gradual del biogás proveniente de los sitios de disposición final de residuos sólidos y de plantas de tratamiento de aguas residuales en la diversificación de la matriz energética nacional.

Afianzar y resaltar la necesidad de establecer puntos de articulación intersectorial técnicos y normativos, especialmente con los sectores de energía y agricultura; integrando a los sectores de industria y comercio y transporte, con el propósito de superar barreras para la utilización del biogás para la producción de energía eléctrica y/o el biometano para la inyección a la red de gas natural. Dando especial énfasis a los estándares de calidad de estos y las alternativas de financiación conjunta para lograr la implementación y sostenibilidad de este tipo de proyectos.

Elementos técnicos: Fomentar y reforzar la eficiencia en captación y conducción del biogás de rellenos sanitarios hacia instalaciones de depuración y tratamiento de este es el primer paso mientras el país migra a otras alternativas tecnológicas de gestión de residuos.

Para esto, se requiere que los prestadores de servicios públicos y domiciliarios dispongan de recursos financieros que les permitan instalar unidades de gestión del biogás y tecnificar los sistemas de extracción activa de este de los rellenos sanitarios, así como establecer un esquema financiero que permita dar

²¹ Propuesta por parte de los expertos sectoriales participantes en el Taller 2

²² Que contribuyen aproximadamente al 80% de emisión de metano de los rellenos sanitarios.

²³ Actualmente en construcción por el Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico del MVCT en línea con el PND.

²⁴ Liderada por el Ministerio de Minas y Energía

Fortalecer la información sobre emisiones de metano para la toma de decisiones y facilitar el diálogo sectorial para apoyar la reducción de emisiones de metano en Colombia.



sostenibilidad y continuidad a los proyectos de biogás. La desviación de flujos de residuos orgánicos hacia instalaciones de transformación ya sea vía compost y/o digestión anaerobia, permite obtener subproductos valorizables; y la captura y posterior aprovechamiento de biogás técnicamente eficiente.

Se recomienda realizar un diagnóstico de infraestructura existente en el país a diferentes escalas, evidenciando oportunidades de inclusión de innovación y nuevas tecnologías. Analizar la normatividad existente para la instalación y operación de las plantas de tratamiento, esto incluye el fomento a la correcta separación en la fuente de los residuos orgánicos y transporte selectivo por parte de los prestadores de servicios públicos.

Articulación sector público y privado: La articulación entre el sector público y el sector privado para aunar esfuerzos y visibilizar alternativas de colaboración técnica, normativa y financiera brindaría un ambiente propicio de cooperación interinstitucional y mutuo acuerdo para lograr los objetivos de gestión de metano. El desarrollo de este aspecto puede realizarse en el marco de la implementación de la NAMA RSM, sin embargo, requiere impulso financiero para su operación en los 22 rellenos sanitarios incluidos.

Establecer marcos de trabajo sólidos y adaptados a las expectativas de todas las partes interesadas es clave para fomentar la innovación dentro del sector. La inclusión de nuevas tecnologías y la mejora de la eficiencia en los procesos. La creación de modelos de colaboración permite no solo cumplir con los compromisos climáticos y con la gestión del metano a nivel nacional, ámbitos en los cuales el sector privado juega un rol cada vez más destacado, sino que también tiene el poder de influir en la política pública.

Estrategias de financiamiento: La Unión Europea (UE), y específicamente el gobierno francés, utiliza incentivos gubernamentales, dentro de estos, el Feed-in Tariffs (tarifas de compra)²⁵ y Sistema de garantías de origen. La ampliación del conocimiento de estos instrumentos, así como el análisis pertinente en el contexto sectorial colombiano podría brindar alternativas para el sostenimiento financiero de los proyectos de gestión y aprovechamiento de biogás. Otras estrategias de análisis pueden incluir las subvenciones de innovaciones y subvenciones a los gastos de capital (capex) de los proyectos, así como la posible creación de impuestos a las empresas que no captan de manera eficiente el biogás

6.2. Policy recommendations for CH₄ monitoring

Diseño e implementación del Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación sectorial: El Sistema MRV es una herramienta que orienta la toma de decisiones y permite la generación de informes cuantitativos y cualitativos en cuanto al cumplimiento de metas y aportes del sector residuos a los objetivos climáticos nacionales.

Avanzar en el Sistema MRV sectorial contribuirá al cumplimiento del Artículo 9 de la Ley 2169 de 2021, fortaleciendo los sistemas de información sectorial y el seguimiento a los compromisos climáticos establecidos en el PIGCCS y NDC 2020. Proporcionará insumos fundamentados para definir el aumento de ambición sectorial para incluir en los procesos de actualización de la NDC, en línea con el Acuerdo de París. Así como seguimiento y evaluación específicos a iniciativas como la NAMA RSM.

Estructura del Sistema MRV: El sistema MRV deberá contemplar gobernabilidad, controles de calidad y roles de los actores sectoriales dentro del sistema, así como su conceptualización y funcionamiento requerirá estar alineado con el Sistema MRV de las acciones de mitigación y el Sistema Nacional de

²⁵ Mediante el cual se realiza la compra de biometano a pequeños productores obtenido tanto de rellenos sanitarios como de biodigestores anaerobios de manera diferenciada.

Fortalecer la información sobre emisiones de metano para la toma de decisiones y facilitar el diálogo sectorial para apoyar la reducción de emisiones de metano en Colombia.



Información en Cambio Climático (SNICC); y con los Sistemas MRV del sector minas y energía e industria y comercio.

Específicamente para metano, son variables claves de seguimiento la cantidad de biogás generado, contenido de metano y cantidad biogás según uso y/o aprovechamiento. La información deberá ser desagregada por tipo de proyecto de mitigación implementado tanto en los sitios de disposición de residuos como en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Deberá incluir la definición de indicadores y características de estos que permitan monitorear los efectos GEI, no GEI e intermedios de la implementación de las estrategias de reducción de metano.

Variables de monitoreo: Dentro del Sistema MRV es importante desarrollar el diagnóstico y evaluación de los sistemas de información sectoriales existentes, siendo el principal el Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos y Domiciliarios (SSPD), determinando las variables específicas de actividad que visibilicen impactos en emisiones de metano, y/o establecer la necesidad del desarrollo de nuevos sistemas para la recolección de la información necesaria.

Articulación de información sectorial e intersectorial: La implementación de la Estrategia Nacional de Economía Circular ha permitido el desarrollo de instrumentos de captura y análisis de información sectorial e intersectorial, avanzando en la estandarización de información y creación de instancias de discusión técnica. El monitoreo de metano en el sector residuos puede apoyarse en estos sistemas, especialmente en la gestión y tratamiento de residuos orgánicos mediante la Mesa Nacional de Biomasa.

Fortalecimiento de capacidades: La implementación y sostenimiento requiere equipos de trabajo consolidados particularmente en el MVCT, de igual forma requerirá promover la cultura del reporte de datos de calidad por parte de las diferentes fuentes de información especialmente primaria (la proveniente de los prestadores de servicios públicos y operadores de los proyectos específicos) ya que es la que se encuentra distribuida en diferentes zonas y escalas del país y se requiere con mayor nivel de detalle. El fortalecimiento de capacidades en controles de calidad y análisis de datos, así como en la estimación de emisiones/reducciones de metano es clave para obtener resultados confiables.

Financiamiento y gestión de recursos para el sostenimiento del Sistema MRV: La operación y sostenimiento del Sistema MRV sectorial requerirá flujos de recursos preferiblemente de la cartera ministerial, de lo contrario se deberá establecer la estrategia de financiamiento que permita su correcta operación incluyendo el equipo técnico y recursos tecnológicos necesario para tal fin. La estrategia de financiamiento puede incluir recursos de cooperación internacional en combinación con recursos públicos.



7. Mensajes claves

- ⊕ El metano es el principal GEI en el sector de los residuos, contribuyendo aproximadamente al 95% de las emisiones sectoriales totales en 2018. Estas emisiones resultan principalmente de los procesos de descomposición anaeróbica de la materia orgánica, que prevalecen tanto en la gestión de residuos sólidos como en el tratamiento de aguas residuales. Para lograr un desarrollo sectorial bajo en carbono y resiliente al clima, los esfuerzos deben centrarse en la gestión del CH₄. Esto incluye la implementación de alternativas para la recuperación de energía a partir del biogás, el tratamiento de residuos sólidos orgánicos, la valorización de subproductos y el establecimiento de marcos financieros, técnicos y normativos para sostener estos proyectos.
- ⊕ Los expertos sectoriales priorizaron el establecimiento e implementación de la Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos - ENRO, que involucra componentes regulatorios, técnicos y financieros. La ENRO requiere una fuerte coordinación intersectorial y pretende identificar alternativas que permitan el uso y la valorización de los subproductos del tratamiento.
- ⊕ El seguimiento de las emisiones de CH₄ también es crucial. Los expertos sectoriales destacaron la necesidad de un sistema MRV específico para el sector de los residuos como herramienta de toma de decisiones. Esto se lograría en parte fortaleciendo los instrumentos sectoriales existentes, como el Sistema Único de Información - SUI administrado por la Superintendencia de Servicios Públicos y Domiciliarios, e identificando sistemas de información adicionales que servirían como fuentes de datos para el sistema MRV.
- ⊕ Colombia ha asumido importantes compromisos climáticos internacionales, representados en su NDC, E2050 y el Compromiso Global de Metano. Estas iniciativas promovieron la consolidación de los lineamientos de gobernanza y política climática del país. Instrumentos sectoriales como el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático - PIGCCS, el Programa Basura Cero, la Hoja de Ruta para la Transición Energética Justa, la Estrategia Nacional de Economía Circular y los cambios propuestos en el Plan Nacional de Desarrollo subrayan la importancia de la coordinación intersectorial técnica, regulatoria y financiera (incluido el sector privado). Esta colaboración es esencial para desarrollar herramientas que permitan implementar y sostener proyectos de gestión de CH₄ en el sector de los residuos.

Los proyectos existentes y potenciales de tratamiento de residuos orgánicos y gestión del biogás, así como de utilización del biogás como fuente de energía, ofrecen una alternativa práctica para el análisis intersectorial. De este tipo de proyectos surgen estrategias realistas y adecuadas para ponerlos en marcha y mantenerlos, contribuyendo no sólo a la acción climática en el sector de los residuos, sino también en sectores como la energía y la agricultura.



Referencias

- +Compost. (2023). *Mascompost*. Mas Compost. <https://mascompost.org/>
- Agudelo, D. (2024). *Contribution of non-hazardous waste landfills to the achievement of the GHG emission reduction targets in the EU - Waga Energy*.
- BID. (2023). Too Good to Waste, initiative to mitigate methane emissions from waste in Latin America and the Caribbean. *Volvamos a La Fuente*. <https://blogs.iadb.org/agua/en/too-good-to-waste-initiative-to-mitigate-methane-emissions-from-waste-in-latin-america-and-the-caribbean/>
- Biogás. (s. f.). Recuperado 7 de mayo de 2024, de <https://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB2/Home/ambiente/saneamiento/rio-bogota/ptar-salitre/productos-de-la-ptar-salitre/biogas>
- BioGás. (2024). *MEJOR AIRE PARA BOGOTÁ, ENERGÍA LIMPIA PARA EL MUNDO*. <https://www.biogas.com.co/>
- Biotecnología Ambiental Terranova. (2019). *Biotecnología Ambiental Terranova*. Biotecnología Ambiental Terranova. <https://www.biotecnologiaambientalterranova.com/>
- BUR3,2021. (s. f.). Recuperado 28 de marzo de 2024, de <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/BUR3%20-%20COLOMBIA.pdf>
- CCAC. (2024a). *Beneficios y costos de mitigar las emisiones de metano | Coalición Clima y Aire Limpio*. <https://www.ccacoalition.org/es/content/benefits-and-costs-mitigating-methane-emissions>
- CCAC. (2024b). *Homepage | Global Methane Pledge*. <https://www.globalmethanepledge.org/#pledges>
- Comisión Europea. (2020). *Nuevo Plan de acción para la economía circular* [Text]. European Commission - European Commission. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_20_420
- Comisión Europea. (2021). *Preguntas y respuestas: Una estrategia de la UE sobre el metano* [Text]. European Commission - European Commission. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/qanda_20_1834
- Compost Systems. (2023). *Empresa | Compost Systems*. <https://www.compost-systems.com/es/empresa#widget-16>
- DANE. (2024). *Sistema de consulta de informacion*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/ambientales/economia-circular/sistema-de-consulta-de-informacion>
- DNP. (2024). *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026*. <https://www.dnp.gov.co:443/plan-nacional-desarrollo/pnd-2022-2026>
- EMPAS. (2024). *Informe de Gestión 2023*. <https://www.empas.gov.co/wp-content/uploads/2024/04/GESTION-2023-.pdf>
- EMVARIAS. (2022). *Relleno Sanitario La Pradera*. <https://www.emvarias.com.co/emvarias/rellenosanitario>
- European Commission. (2020). *A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0098>
- European Commission. (2021). *Multiannual work programme for the implementation of the LIFE Programme for the years 2021-2024*. https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/docs/2021-2027/life/wp-call/2021-2024/wp_life-2021-2024_en.pdf
- Ge, M., Friedrich, J., & Vigna, L. (2021). *Cuatro gráficos que explican las emisiones de gases de efecto invernadero por país y por sector*. <https://es.wri.org/insights/cuatro-graficos-que-explican-las-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-por-pais-y-por-sector>
- GMI. (2011). *Metano de Vertederos: Reducción de las Emisiones, Avance de las Oportunidades de Recuperación y Utilización. Iniciativa Global de Metano*. https://www.globalmethane.org/documents/landfill_fs_spa.pdf
- Gobierno de Colombia. (2013). *Decreto 920 de 2013 Nivel Nacional*. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=53045&dt=S>
- Gobierno de Colombia. (2020). *PORTAFOLIO DE MEDIDAS SECTORIALES DE MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Colombia 2020*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/portafolio-de-medidas-sectoriales-de-mitigacion-de-cambio-climatico-contribucion-determinada-Colombia-ndc-2020.pdf>
- Gobierno de Colombia, MinAmbiente, DNP, Cancillería, AFD, Expertise France, & WRI. (2021). *Estrategia climática de largo plazo de Colombia E2050 para cumplir con el Acuerdo de París. E2050 de Colombia*. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/COL_LTS_Nov2021.pdf





- Godet, A. (s. f.). *Biodigesters: Successful Technology implemented at different scales in Colombia*. Primer Taller, Dialogos climáticos, Reducción de emisiones de metano Intercambio de experiencias entre la Unión Europea y Colombia.
- IDEAM, Fundación Natura, PNUD, MADS, DNP, & CANCILLERÍA. (2022). *INFORME DEL INVENTARIO NACIONAL DE GASES EFECTO INVERNADERO 1990-2018 Y CARBONO NEGRO 2010-2018 DE COLOMBIA. Tercer informe bienal de actualización de cambio climático, BUR3. Dirigido a la convención Marco de las Naciones unidas sobre Cambio Climático*. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Annex%20BUR3%20COLOMBIA.pdf>
- IPCC. (2006). *Diretrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 5: Desechos. Capítulo 1: Introducción*. https://www.ipcc-nccc.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/5_Volume5/V5_1_Ch1_Introduction.pdf
- MinAmbiente. (2020a). Documentos de Soporte Contribuciones Nacionalmente Determinadas. *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/documentos-de-soporte-contribuciones-nacionalmente-determinadas/>
- MinAmbiente. (2020b). *NDC de Colombia*. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/05/NDC_Libro_final_digital-1.pdf
- MinAmbiente, & ECDBCAR. (2020). *Actualización de Homologación de emisiones sectoriales en el marco de la NDC. Versión 5.0, septiembre de 2020*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/cambio-climatico-Actualizacion-Homologacion-de-emisiones-sectoriales-ndc.pdf>
- MinCIT. (2021). *PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO SECTOR COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO*. <https://www.mincit.gov.co/normatividad/resoluciones/2021/plan-integral-de-gestion-del-cambio-climatico-vf.aspx>
- MinHacienda. (2023). *ABC del PND*. https://www.minhacienda.gov.co/webcenter>ShowProperty?nodeId=/ConexionContent/WCC_CLUSTER-212461
- MinVivienda. (2021). *Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales Municipales (PMAR) 2020—2050*. <https://www.minvivienda.gov.co/publicacion/plan-nacional-de-manejo-de-aguas-residuales-municipales-pmar-2020-2050>
- MinVivienda, DNP, MinAmbiente, & Findeter. (2021). *Resumen ejecutivo NAMA RSM Colombia*. https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/resumen-ejecutivo-nama-rsm-colombia_final.pdf
- Montero, P. A. A., Acevedo, S. A., Correal, M., Piamonte, C., Rihm, A., Breukers, L., Durón, L., González, G., López, C. H., Sagasti, C., & Gutiérrez, A. R. (2023). Evaluación regional de flujo de materiales: Residuos sólidos municipales para América Latina y el Caribe EVAL 2023. *IDB Publications*. <https://doi.org/10.18235/0004841>
- RMI. (2024). *The Waste Methane Assessment Platform*. RMI. <https://rmi.org/insight/waste-methane-assessment-platform/>
- SSPD. (2023a). *Informe Nacional de Disposición Final de Residuos Sólidos 2022*. <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/Informe-Nacional-de-Disposicion-Final-de-Residuos-Solidos-2022.pdf>
- SSPD. (2023b). *Informe Sectorial de los Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado 2022*. <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/Informe-sectorial-de-acueducto-y-alcantarillado-2022.pdf>
- SSPD. (2024). *¿Qué es el SUI? | Portal SUI | Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios*. <https://sui.superservicios.gov.co/Que-es-el-SUI>
- UAESP. (2021). *La UAESP tecnificó la Planta de Residuos Orgánicos de Mochuelo | Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos -UAESP-*. <https://www.uaesp.gov.co/noticias/la-uaesp-tecnifico-la-planta-residuos-organicos-mochuelo>
- UE. (2008). *DIRECTIVA 2008/98/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO*. <https://www.boe.es/DOUE/2008/312/L00003-00030.pdf>
- UE. (2019). *Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, por el que se establecen disposiciones relativas a la puesta a disposición en el mercado de los productos fertilizantes UE y se modifican los Reglamentos (CE) n.o 1069/2009 y (CE) n.o 1107/2009 y se deroga el Reglamento (CE) n.o 2003/2003*.

Fortalecer la información sobre emisiones de metano para la toma de decisiones y facilitar el diálogo sectorial para apoyar la reducción de emisiones de metano en Colombia.





**Financiado por
la Unión Europea**

Esta actividad hace parte del Proyecto de Diálogos Climáticos de la Unión Europea

UE. (2021a). *DIRECTIVA (UE) 2018/ 2001 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO - de 11 de diciembre de 2018—Relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.*

UE. (2021b). *Programa LIFE.* Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

<https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/servicios/ayudas-subvenciones/programa-life.html>

UNEP, & CCAC. (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

UPME (Oficial) (Director). (2024, febrero 28). *Planta de biometano San Fernando (Itagüí—Antioquia)* [Video recording]. <https://www.youtube.com/watch?v=IcFLVVIWxKo>

