

METANO



SALUD Y
DERECHOS
HUMANOS

El derecho
internacional
frente a la
crisis climática:
herramientas
jurídicas.

METANO, SALUD Y DERECHOS HUMANOS

Junio 2025

Encargado de la elaboración: CEJIL

El Centro por la Justicia y el Derecho Internacional (CEJIL) tiene como misión contribuir al goce de los derechos humanos mediante un uso eficaz del Sistema Interamericano de Derechos Humanos (SIDH), y de otros mecanismos de protección internacional.

Agradecemos a Franco Albarracín, abogado especialista en cambio climático y derechos humanos, así como al resto del equipo de CEJIL que participó en la elaboración de este documento. También agradecemos al Institute for Governance & Sustainable Development (IGSD), en particular a Sebastián Luengo, Ph.D., por su colaboración técnica, así como al investigador independiente Rodrigo Villagra, cuyos valiosos comentarios y aportes especializados enriquecieron el contenido de este documento.

Contenido y edición:

Viviana Krsticevic,

directora ejecutiva, CEJIL

Franco Albarracín,

abogado especialista en cambio climático y derechos humanos, CEJIL

Revisión:

María Leoni,

directora ejecutiva adjunta, CEJIL

Florencia Reggiardo,

directora del Programa para la Región Andina, Norteamérica y el Caribe, CEJIL

Helena de Souza,

co-directora del Programa para Brasil y Cono Sur, CEJIL

Mariangeles Misuraca,

co-directora del Programa para Brasil y Cono Sur, CEJIL

Corrección:

Franco Albarracín,

abogado especialista en cambio climático y derechos humanos, CEJIL

Cordinación de diseño editorial:

David Romero,

director de comunicaciones de CEJIL

Diseño y diagramación:

Sergio Solarte

Cómo citar este material:

CEJIL, Metano, salud y derechos humanos. Junio 2025

Copyright (c) CEJIL 2025,

Algunos derechos reservados.

ISBN: 978-987-23854-5-3

Presentación

Esta publicación explora los efectos del metano en la salud, un tema de creciente preocupación en el contexto de la emergencia climática, la contaminación ambiental, así como su interacción con los derechos humanos y el derecho constitucional. La misma se enmarca en una serie de publicaciones de CEJIL sobre la intersección de los derechos humanos y la protección del medioambiente destinada a generar interdisciplinarias e intradisciplinarias más robustas.

A medida que las concentraciones de metano aumentan, también lo hacen los riesgos para el aumento crítico de las temperaturas del planeta y la salud humana, desde enfermedades respiratorias, impactos en el sistema cardiovascular y afectaciones psicológicas. Este trabajo busca ofrecer una visión integral, basada en la evidencia científica más re-

ciente, sobre el estado del conocimiento necesario para proteger el derecho a la salud de las sociedades con particular énfasis en las comunidades más desaventajadas.

Agradecemos al Institute for Governance; Sustainable Development (IGSD) por su inquebrantable apoyo a esta investigación y por su compromiso en fomentar el diálogo interdisciplinario en esta materia de gran consecuencia. Adicionalmente a los donantes institucionales de CEJIL por hacerlo posible. También extendemos nuestro sincero agradecimiento a las científicas de IGSD que comentaron un borrador preliminar del texto, así como al abogado y antropólogo Rodrigo Villagra, quien comentó el documento. Franco Albarracin, abogado de CEJIL, a quien también reconocemos, elaboró este documento.

Viviana Krsticevic
Washington DC mayo de 2025

Resumen

El Centro por la Justicia y el Derecho Internacional brinda a través de este documento información científica vinculada a la garantía de una serie de derechos humanos y ambientales vinculados con las emisiones de metano. La comunidad de práctica vinculada a la temática ambiental ha demostrado ampliamente que la mitigación de las emisiones de metano es imprescindible para disminuir la temperatura del planeta. Con este informe reseñamos parte de la literatura que permite afirmar los vínculos entre las emisiones de metano, la salud y los derechos humanos.

El presente informe tiene como objetivo analizar primordialmente los impactos del metano en la salud pública y la seguridad alimentaria. Lo hacemos con la certeza de que la información científica compartida en el mismo puede contribuir al desarrollo de iniciativas relacionadas con la defensa de derechos humanos, litigio estratégico, la regulación ambiental, el monitoreo de actividades extractivas y otras acciones destinadas a abordar la problemática con una perspectiva

ambiental y de derechos humanos. Las emisiones de metano no solo agravan el cambio climático, sino que también deterioran la calidad del aire, afectan la salud física y mental de poblaciones en situación de vulnerabilidad, e incrementan los riesgos de accidentes, desplazamientos y afectaciones a la salud reproductiva. Este documento reúne hallazgos importantes provenientes de fuentes científicas, orientados a fortalecer estrategias de litigio estratégico y acciones de política pública.

A lo largo de los capítulos, se examina cómo las emisiones de metano contribuyen a enfermedades respiratorias, cardiovasculares y neurológicas, afectan la seguridad alimentaria, provocan impactos en los derechos de niños, niñas, adolescentes y pueblos indígenas, y generan riesgos críticos de explosiones y deslizamientos en contextos urbanos e industriales. Por último, se analiza cómo las deficiencias en la gestión de metano amplifica estos riesgos y afectan de manera crítica tanto al medio ambiente como a la salud pública.

Tabla de contenidos

1.

Contaminantes de vida corta, calidad del aire y salud pública.

Pág. 06

2.

Impacto del metano en la salud pública y seguridad alimentaria

Pág. 08

3.

Salud física y mental: afectaciones del cambio climático y las emisiones de metano en grupos en situación de vulnerabilidad

Pág. 12

4.

Riesgos de explosión y accidentes

Pág. 16

5.

Metano y rellenos sanitarios

Pág. 19

6.

Conclusiones

Pág. 20

1.

Contaminantes de vida corta, calidad del aire y salud pública



El consenso científico señala que la reducción de contaminantes climáticos de vida corta (CCVC) como el carbono negro, el ozono troposférico y el metano resulta fundamental para mejorar la calidad del aire y salvaguardar la salud pública¹. De acuerdo con lo señalado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), casi la totalidad de la población mundial respira un aire que excede los límites establecidos en sus directrices de calidad de aire². La mala calidad del aire provoca millones de muertes prematuras cada año, principalmente por enfermedades cerebrovasculares, cardiopatías y afecciones respiratorias como bronquitis, asma y enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (EPOC), según estimaciones recientes³.

Entre los contaminantes más nocivos se encuentra el carbono negro⁴, que ha sido asociado con daños neurológicos, dificultades cardiovasculares y respiratorias, así como con un incremento de la mortalidad prematura⁵. La exposición constante a carbono negro, por ejemplo, a través de motores diésel, puede

1. Climate and Clean Air Coalition. Contaminantes climáticos de vida corta y salud. Disponible en: <https://www.ccacoalition.org/es/content/short-lived-climate-pollutants-and-health>, último acceso: 19 de mayo de 2025. 2. World Health Organization. WHO Air Quality Database 2022 Update: Status Report. Geneva: WHO, 2023. Pág. 9; World Health Organization. Billions of people still breathe unhealthy air: new WHO data, 2022. Disponible en: <https://www.who.int/news/item/04-04-2022-billions-of-people-still-breathe-unhealthy-air-new-who-data>, último acceso: 26 de mayo de 2025. World Health Organization (WHO). Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241511353>, último acceso: 19 de marzo de 2025. 3. GBD 2015 Risk Factors Collaborators. "Global, Regional, and National Comparative Risk Assessment of 79 Behavioural, Environmental and Occupational, and Metabolic Risks or Clusters of Risks, 1990–2015: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2015." The Lancet 388 (10053): 1659–1724. 2016. Disponible en: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(16\)31679-8/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(16)31679-8/fulltext), último acceso 20 de mayo de 2025. 4. Climate and Clean Air Coalition (CCAC). Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone. Disponible en: <https://www.ccacoalition.org/en/resources/integrated-assessment-black-carbon-and-tropospheric-ozone>, último acceso: 18 de abril de 2025. 5. Ibid; Calderón-Garcidueñas, L. et al. Urban air pollution: Influences on olfactory function and pathology in exposed children and young adults. Environmental Health Perspectives, 116(9), 1283–1289, 2008. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19297138/>, último acceso: 28 de abril de 2025; Barraza-Villarreal, A. et al. Air pollution, airway inflammation, and lung function in a cohort study of Mexico City schoolchildren. Respiratory Research, 12(1), 74, 2009. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2430242/>, último acceso: 16 de abril de 2025.

desencadenar inflamación pulmonar, ataques cardíacos, crisis asmáticas y diversos síntomas respiratorios⁶. La OMS también ha reconocido que el carbono negro está vinculado con el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón y de vejiga⁷.

Por su parte, el ozono troposférico (derivado del metano) agrava enfermedades como bronquitis y enfisema, desencadena ataques de asma y puede dañar perma-

nentemente el tejido pulmonar⁸. La exposición prolongada al ozono troposférico se ha asociado con un incremento en la incidencia de enfermedades cardiovasculares y accidentes cerebrovasculares⁹. En el caso de la población infantil, la inhalación de altos niveles de contaminación de aire puede afectar el desarrollo pulmonar y aumentar la mortalidad por infecciones respiratorias¹⁰.

6. United Nations Environment Programme (UNEP) & World Meteorological Organization (WMO). Integrated assessment of black carbon and tropospheric ozone: Summary for decision makers, 2011. Págs. 6 y 16. 7. World Health Organization (WHO). Ambient (outdoor) air quality and health. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health), último acceso: 19 de mayo de 2025; World Health Organization (WHO). Types of pollutants and their health impacts. Disponible en: <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-and-health/health-impacts/types-of-pollutants>, último acceso: 19 de mayo de 2025; International Agency for Research on Cancer (IARC) – World Health Organization. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 93: Carbon Black, Titanium Dioxide, and Talc. Lyon, Francia: IARC, 2010. Págs. 186, 187 y 191. 8. Climate and Clean Air Coalition. Ozono troposférico – Contaminantes climáticos de vida corta. Disponible en: <https://www.ccacoalition.org/es/short-lived-climate-pollutants/tropospheric-ozone>, último acceso: 19 de mayo de 2025; Bell, M. L., Samet, J. M., & Dominici, F. (2004). Ozone and Short-term Mortality in 95 US Urban Communities, 1987-2000. Journal of the American Medical Association, 292(19), 2372-2378. <https://doi.org/10.1001/jama.292.19.2372>. 9. Shuru Liang, Yumeng Chen, Xiaoli Sun, Xiaomei Dong, G. He, Yudong Pu, Jingjie Fan, Xinqi Zhong, Zhiqing Chen, Ziqiang Lin, Wenjun Ma, Tao Liu. Long-term exposure to ambient ozone and cardiovascular diseases: Evidence from two national cohort studies in China, 2024. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090123223002266?via%3DIihub>, último acceso: 20 de mayo de 2025. 10. United Nations Children's Fund (UNICEF). Clear the Air for Children: The Impact of Air Pollution on Children. Executive summary, 2016. Págs. 2, 3 y 4

2.

Impacto del metano en la salud pública y seguridad alimentaria



El metano es un gas de efecto invernadero altamente peligroso, no solo por su capacidad de acelerar el calentamiento global con significativas consecuencias, sino también por su impacto en la salud pública. De manera indirecta, el metano actúa como precursor del ozono troposférico, un contaminante atmosférico altamente nocivo que deteriora la calidad del aire y agrava enfermedades respiratorias, cardiovasculares y neurológicas ¹¹.

Además, su potente efecto climático agrava riesgos sistémicos vinculados al calentamiento global. Este agravamiento se traduce, por ejemplo, en una mayor frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, la desestabilización de los sistemas alimentarios e hídricos¹², la pérdida de biodiversidad y el aumento de presiones sobre la salud pública global¹³, todo lo cual impacta profundamente los derechos humanos. Esto es particularmente preocupante considerando que el metano, a pesar de su permanencia relativamente corta en la atmósfera,

11. Centro por la Justicia y el Derecho Internacional y Global Action Plan & Kyklos (Chile). Amicus Brief: Children's Rights: Q IV.C(1). Global Action Plan y Kyklos (Chile), 2023. Pág. 6. Este documento forma parte de la compilación de observaciones escritas y prueba pericial presentada por el Centro por la Justicia y el Derecho Internacional (CEJIL) y Doughty Street Chambers ante la Corte Interamericana de Derechos Humanos en el marco de la solicitud de Opinión Consultiva OC-32 sobre Emergencia Climática y Derechos Humanos. Disponible en: https://corteidh.or.cr/sitios/observaciones/OC-32/4_kyklos_otros.pdf, último acceso: 10 de mayo de 2025. Págs. 3, 9 y 19; Shuru Liang, Yumeng Chen, Xiaoli Sun, Xiaomei Dong, G. He, Yudong Pu, Jingjie Fan, Xinqi Zhong, Zhiqing Chen, Ziqiang Lin, Wenjun Ma, Tao Liu. Long-term exposure to ambient ozone and cardiovascular diseases: Evidence from two national cohort studies in China, 2024. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090123223002266?via%3Dihub>, último acceso: 20 de mayo de 2025. 12. UNICEF. La crisis climática es una crisis de los derechos de la infancia: Presentación del Índice de Riesgo Climático de la Infancia. Nueva York, 2021. Págs. 10, 11 y 12; Climate and Clean Air Coalition. Contaminantes climáticos de vida corta y salud. Disponible en: <https://www.ccacoalition.org/es/content/short-lived-climate-pollutants-and-health>, último acceso: 19 de mayo de 2025. 13. Ibid

es responsable de aproximadamente una cuarta parte del aumento de las temperaturas globales y posee un poder de calentamiento

+80
VECES

superior al del dióxido de carbono en un período de 20 años ¹⁴.

Estudios recientes estiman que el ozono troposférico generado por el metano causa cerca de un millón de muertes prematuras al año.

14. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC). Cambio Climático 2021: Bases físicas. Contribución del Grupo de Trabajo I al Sexto Informe de Evaluación del IPCC. Capítulo 7, Tabla 7.15, 2021. P. 1019; Climate and Clean Air Coalition. Metano – Contaminantes Climáticos de Vida Corta. Disponible en: <https://www.ccacoalition.org/es/short-lived-climate-pollutants/methane>, último acceso: 16 de mayo de 2025; Murugesan Sobanaa, R. Prathiviraj, J. Selvin, Munisamy Prathaban. A comprehensive review on methane's dual role: effects in climate change and potential as a carbon-neutral energy source, 2023. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-023-30601-w>, último acceso: 16 de mayo de 2025; U.S. Environmental Protection Agency (EPA). The Importance of Methane, 2025. Disponible en: <https://www.epa.gov/gmi/importance-methane#:~:text=Methane%20is%20the%20second%20most,trapping%20heat%20in%20the%20atmosphere>, último acceso: 20 de mayo de 2025; Bosede Ngozi Adeleye, Aviral Kumar Tiwari. Empirical assessment of methane emissions, socioeconomic factors, and infant mortality in Europe, 2024. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1477-8947.12385>, último acceso: 20 de mayo de 2025.

Se proyecta que una reducción del 30 % en las emisiones de metano podría evitar más de 200.000 muertes prematuras¹⁵, además de mejorar el acceso a agua limpia, la calidad del aire y la seguridad alimentaria¹⁶. En términos agrícolas, el ozono troposférico inducido por el metano también ha demostrado disminuir significativamente los rendimientos globales de cultivos básicos como el trigo, la soya, el maíz y el arroz, impactando de manera directa la seguridad alimentaria global¹⁷.

Actualmente, cerca de 18 millones de personas en Estados Unidos, incluyen más de un millón de niños menores de cinco años, viven a menos de una milla de pozos activos de petróleo y gas, expuestas a riesgos asociados con emisiones de metano¹⁸. Esta problemática es también crítica en regiones de América Latina; en la Amazonía ecuatoriana,

por ejemplo, numerosas comunidades, incluyendo niños, niñas y adolescentes, residen en cercanía directa a “mecheros” (quema de gas) de la industria petrolera, enfrentando los impactos de sus emisiones¹⁹. Situaciones similares se han documentado en zonas petroleras de Venezuela²⁰, México²¹ y Argentina²², donde la exposición a emisiones asociadas a pozos de gas y petróleo tiene la capacidad de afectar a comunidades desfavorecidas, generando impactos en la salud humana y el ambiente.

También se ha estimado que la exposición al ozono troposférico inducido por el metano reduce la productividad agrícola global: trigo (-7,1 %), soya (-12,4 %), maíz (-6,1 %) y arroz (-4,4 %)²³. Por ello, se la asocia con el aumento en la inseguridad alimentaria.

15. Staniaszek, Z., Griffiths, P.T., Folberth, G.A. et al. The role of future anthropogenic methane emissions in air quality and climate, 2022. Disponible en : <https://www.nature.com/articles/s41612-022-00247-5>, ultimo acceso: 20 de mayo de 2025; West, J., Fiore, A., Horowitz, L., Mauzerall, D., & Hansen, J. Global health benefits of mitigating ozone pollution with methane emission controls. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2006. Disponible en: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.0600201103>, último acceso: 19 de mayo de 2025. 16. Climate and Clean Air Coalition. Time to Act to Reduce Short-Lived Climate Pollutants. Segunda edición. París: United Nation Environment Programme (UNEP), 2014. Págs. 9, 15, 33 y 37. 17. Ibid. 18. Jeremy Proville et al., The Demographic Characteristics of Populations Living Near Oil and Gas Wells in the USA, Population and Environment 44, 2022. Págs. 1, 2 y 7. 19. Amnistía Internacional. ¿Arde la Amazonía, arde el futuro! Jóvenes activistas que defienden la Amazonía ecuatoriana de los mecheros que amenazan los derechos en el presente y el futuro. Índice: AMR 28/8280/2024, 2024. Págs. 5, 6, 10, 50, 51, 65 y 67. 20. Ibid. Págs. 9 y 26; Banco Mundial. Global Gas Flaring Tracker Report 2023. Global Gas Flaring Reduction Partnership (GGFR), 2023. P. 7. 21. Llano Vázquez Prada, Manuel; Flores Lot, Carla. Impactos al desarrollo fetal por proximidad a pozos de gas “natural” (fósil): anomalías congénitas y genéticas en recién nacidos en la provincia petrolera de Burgos 2017-2021. Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA) y Cartocrítica, México, 2023. Págs. 5 y 16. 22. Cabrera Christiansen, Fernando; Cané, Santiago. Radiografía de Vaca Muerta: megaproyecto de energía fósil y fracking en Argentina. Fundación Heinrich Böll. Disponible en: <https://co.boell.org/es/2020/04/16/radiografia-de-vaca-muerta-megaproyecto-de-energia-fosil-y-fracking-en-argentina>, último acceso: 19 de mayo de 2025. 23. United Nations Environment Programme y Climate and Clean Air Coalition, Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions, Nairobi: UNEP, 2021. Págs. 21 y 68.

Existen soluciones concretas con bajo o nulo costo que permitirían reducir mas del



de las emisiones antropogénicas de metano, especialmente en sectores como los combustibles fósiles, residuos y agricultura, lo que ofrece una oportunidad inmediata y eficaz para reducir el calentamiento y sus consecuencias ²⁴.

24. International Energy Agency (IEA), The imperative of cutting methane from fossil fuels: An assessment of the benefits for the climate and health, en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Climate and Clean Air Coalition (CCAC), París, 2023. Págs. 3 y 10; NEP y CCAC, Global Methane Assessment, 2021. Págs. 10 y 13.

3.

Salud física y mental: afectaciones del cambio climático y las emisiones de metano en grupos en situación de vulnerabilidad

Los grupos más afectados por los contaminantes climáticos de vida corta son los pueblos indígenas²⁵, las niñas, niños y adolescentes²⁶, las personas mayores²⁷ y las comunidades de bajos ingresos²⁸. Estos grupos enfrentan una mayor exposición y una menor capacidad de adaptación frente a contaminantes climáticos.

A. Impactos directos en la salud de grupos en situación de vulnerabilidad: exposición a metano y contaminantes asociados

La exposición directa a las emisiones de metano y a los contaminantes atmosféricos generados a partir de estas repercute de manera desproporcionada en grupos desaventajados, incrementando la frecuencia de enfermedades respiratorias²⁹. Los principales contaminantes implicados en estos impactos directos incluyen el ozono troposférico (O₃)³⁰ –formado a partir de precursores como el metano–, el material particulado fino (PM_{2.5})³¹ (que incluye el carbono negro) y diversos Compuestos Orgánicos Volátiles³².

25. Lebel, L., Paquin, V., Kenny, T., Fletcher, C., Nadeau, L., Chachamovich, E., & Lemire, M. Climate change and Indigenous mental health in the Circumpolar North: A systematic review to inform clinical practice. *Transcultural Psychiatry*, 59, 312 - 336. 2022. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/13634615211066698> 26. J. White-Newsome, P. Meadows and C. Kabel. "Bridging Climate, Health, and Equity: A Growing Imperative.." *American journal of public health*, 108 S2 (2017): S72-S73. Disponible en: <https://ajph.aphapublications.org/doi/full/10.2105/AJPH.2017.304133> 27. Ibid 28. Ibid 29. UNICEF. La crisis climática es una crisis de los derechos de la infancia: Presentación del Índice de Riesgo Climático de la Infancia, Nueva York, 2021. P. 21. 30. Climate and Clean Air Coalition. Metano – Contaminantes Climáticos de Vida Corta. Disponible en: <https://www.ccacoalition.org/es/short-lived-climate-pollutants/methane>, último acceso: 16 de mayo de 2025. 31. National Center for Biotechnology Information. Environmental exposures and adverse pregnancy outcomes: a review of the science. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3385429/>, último acceso: 16 de mayo de 2025. 32. Alianza Global para el Clima y la Salud y Abt Associates. Mitigación del metano: Una estrategia global de salud — Informe general. GCHA, 2023. P. 8

El peligro de estos contaminantes se encuentra en actividades cotidianas y prácticas industriales vinculadas al metano. Por ejemplo, la combustión de gas natural (principalmente metano) en artefactos domésticos puede generar niveles de benceno en interiores que elevan significativamente el riesgo de leucemia, afectando con mayor severidad a la niñez³³. De manera similar, la quema y venteo de gas (mecheros) en la industria del petróleo y gas, no solo liberan metano directamente a la atmósfera por combustión ineficiente³⁴, sino que también se han asociado con cientos de muertes prematuras y decenas de miles de exacerbaciones de asma infantil anualmente en poblaciones expuestas³⁵. Estas actividades pueden tener un impacto muy significativo y adverso sobre los derechos de las comunidades aledañas, incluyendo su derecho a la salud y medio ambiente sano, como se ha documentado en diversos contextos, por ejemplo, en la Amazonia ecuatoriana³⁶. A nivel doméstico, la combustión de gas natural es también una fuente relevante de contaminación del aire interior por compuestos como

el benceno, un reconocido carcinógeno que presenta riesgos particulares para la salud infantil³⁷.

La exposición a la contaminación del aire vinculada al metano y sus productos secundarios durante la infancia —lo que incluye la exposición tanto a la contaminación atmosférica exterior como a la contaminación en ambientes interiores— intensifica diversos problemas de salud pública. A nivel global, una alarmante proporción de la niñez y adolescencia —estimada en un 90 %— enfrenta al menos dos amenazas ambientales y climáticas superpuestas³⁸. Estas pueden incluir, por ejemplo, la exposición a altos niveles de contaminación atmosférica combinada con la escasez de agua³⁹, o la recurrencia de olas de calor junto con inundaciones⁴⁰. Esta exposición múltiple aumenta significativamente el riesgo de mortalidad, el desarrollo o exacerbación de infecciones respiratorias, y puede contribuir a complicaciones renales y cardíacas, entre otros graves problemas de salud a largo plazo⁴¹.

25. Lebel, L., Paquin, V., Kenny, T., Fletcher, C., Nadeau, L., Chachamovich, E., & Lemire, M. Climate change and Indigenous mental health in the Circumpolar North: A systematic review to inform clinical practice. *Transcultural Psychiatry*, 59, 312 - 336. 2022. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/13634615211066698> 26. J. White-Newsome, P. Meadows and C. Kabel. "Bridging Climate, Health, and Equity: A Growing Imperative.." *American journal of public health*, 108 S2 (2017): S72-S73. Disponible en: <https://ajph.aphapublications.org/doi/full/10.2105/AJPH.2017.304133> 27. Ibid 28. Ibid 29. UNICEF. La crisis climática es una crisis de los derechos de la infancia: Presentación del Índice de Riesgo Climático de la Infancia, Nueva York, 2021. P. 21. 30. Climate and Clean Air Coalition. Metano – Contaminantes Climáticos de Vida Corta. Disponible en: <https://www.ccacoalition.org/es/short-lived-climate-pollutants/methane>, último acceso: 16 de mayo de 2025. 31. National Center for Biotechnology Information. Environmental exposures and adverse pregnancy outcomes: a review of the science. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3385429/>, último acceso: 16 de mayo de 2025. 32. Alianza Global para el Clima y la Salud y Abt Associates. Mitigación del metano: Una estrategia global de salud — Informe general. GCHA, 2023. P. 8 33. Garg, Anchal, Kashtan, Yannai, Nicholson, Metta, Finnegan, Colin J, Lebel, Eric D, Michanowicz, Drew R., Shonkoff, Seth B.C., Nadeau, Kari C., Jackson, Robert B. "Exposure and health risks of benzene from combustion by gas stoves: A modelling approach in U.S. homes." *Journal of Hazardous Materials*, vol. 492 Elsevier, artículo n.º 137986, 2025. Págs. 2 y 9. 34. Tran, Huy; Polka, Erin; Buonocore, Jonathan J.; Roy, Ananya; Trask, Beth; Hull, Hillary; Arunachalam, Saravanan. *Air Quality and Health Impacts of Onshore Oil and Gas Flaring and Venting Activities Estimated Using Refined Satellite Based Emissions*. *GeoHealth*, vol. 8, n.º 3, 2024. Págs. 2 y 3; Amnistía Internacional. ¡Arde la Amazonía, arde el futuro!, 2024. Págs. 21, 24 y 25. 35. Tran, Huy et al., cit., pág. 11. 36. Amnistía Internacional. ¡Arde la Amazonía, arde el futuro!, 2024. Págs. 8, 9, 41 y 77. 37. Garg, Anchal et al. Exposure and health risks of benzene from combustion by gas stoves, 2025. Págs. 2 y 9. 38. UNICEF. La crisis climática es una crisis de los derechos de la infancia: Presentación del Índice de Riesgo Climático de la Infancia. Nueva York, 2021. Págs. 13 y 56; CEJIL y Global Action Plan & Kyklos, Amicus Brief: Children's Rights. P. 35 39. UNICEF. La crisis climática es una crisis de los derechos de la infancia: Presentación del Índice de Riesgo Climático de la Infancia. Nueva York, 2021. Pág. 10. 40. Ibid. Pág. 10 y 54. 41. CEJIL y Global Action Plan & Kyklos, Amicus Brief: Children's Rights. Págs. 3 y 35.

B. Impactos indirectos en la salud de grupos en situación de vulnerabilidad

Además de los efectos directos, el metano contribuye de manera sustancial al calentamiento global, exacerbando el cambio climático. Este fenómeno genera una serie de impactos indirectos que afectan gravemente la salud física y mental de los grupos desaventajados.

Las investigaciones más recientes destacan que el aumento de las olas de calor y las temperaturas extremas incrementan la mortalidad infantil y complicaciones durante el embarazo⁴²; además, favorecen la propagación de enfermedades infecciosas transmitidas por vectores, como malaria, dengue y Zika⁴³. Asimismo, los cambios climáticos deterioran los sistemas alimentarios y el acceso al agua potable, agravando la desnutrición y enfermedades diarreicas⁴⁴.

Los efectos psicológicos del cambio climático sobre niños, niñas y adolescentes son igualmente alarmantes. Eventos climáticos extremos como inundaciones, sequías y tormentas incrementan signi-

ficativamente la prevalencia de estrés postraumático, depresión, ansiedad y dificultades cognitivas⁴⁵. Las alteraciones ambientales de evolución lenta, como el aumento de temperatura y la pérdida de biodiversidad, también generan ansiedad crónica, depresión y problemas de conducta⁴⁶. Además, las consecuencias indirectas como el desplazamiento forzado, interrupciones educativas, desintegración familiar y violencia aumentan aún más su vulnerabilidad emocional⁴⁷.

Por último, la exposición constante a información sobre los riesgos futuros del cambio climático induce sentimientos persistentes de desesperanza y desamparo, elevando la incidencia de trastornos como la ansiedad generalizada y la depresión mayor. Estos efectos se agravan considerablemente si la temperatura global supera el límite crítico de 1,5 °C, dado que el fracaso en mantener dicho umbral es comunicado y percibido como un camino hacia impactos climáticos mucho más severos e irreversibles, lo que puede intensificar en niños, niñas y adolescentes la sensación de un



42. Ibid. Pág. 2 43. Ibid. Pág. 4 44. UNICEF. La crisis climática es una crisis de los derechos de la infancia. Presentación del Índice de Riesgo Climático de la Infancia. Nueva York, 2021. Págs. 10, 11 y 12. 45. CEJIL y Global Action Plan & Kyklos, Amicus Brief: Children's Rights. Págs. 17, 33 y 34. 46. Ibid. Págs. 18, 24 y 34. 47. Ibid.

futuro profundamente amenazado y la angustia ante la inacción percibida de las generaciones adultas⁴⁸.

Los impactos en las comunidades y pueblos indígenas son graves, aunque frecuentemente invisibilizados, a pesar de la contundencia de la información disponible.

La salud de los pueblos indígenas — mental, física, espiritual y colectiva— se encuentra profundamente ligada a su relación con el territorio y las prácticas culturales asociadas a la tierra⁴⁹. El cambio climático afecta directamente esta relación esencial, alterando los ciclos climáticos y ecológicos que rigen la movilidad, la alimentación, la caza, la pesca, y diversas prácticas espirituales y rituales. Esto repercute en la seguridad alimentaria⁵⁰, genera estrés interpersonal y provoca crisis en la identidad cultural⁵¹. La restricción del acceso físico y simbólico al territorio genera un sentimiento de

pérdida espiritual y emocional, debilitando la resiliencia comunitaria y aumentando la vulnerabilidad a trastornos físicos y psicológicos⁵².

El vínculo con el entorno natural no es solamente físico, sino también espiritual, cultural y emocional para las comunidades indígenas⁵³. Esta relación profunda se concibe como cuerpo-territorio: una conexión vital donde la tierra es también extensión del propio ser⁵⁴. A medida que el cambio climático transforma radicalmente estos entornos, se interrumpen ciclos vitales y celebraciones esenciales —como fiestas agrícolas o rituales de paso—, afectando el equilibrio emocional, la identidad colectiva y la salud integral⁵⁵. Esta situación incrementa los niveles de ansiedad, estrés y depresión derivados de la ruptura con su entorno y prácticas tradicionales⁵⁶, afectando tanto el bienestar individual como colectivo⁵⁷.

48. Ibid. Págs. 26 y 27. 49. Ibid. Págs. 27 y 38; Middleton, Jacqueline; Cunsolo, Ashlee; Jones-Bitton, Andria; Wright, Carlee J.; Harper, Sherilee L. Indigenous mental health in a changing climate: a systematic scoping review of the global literature. *Environmental Research Letters*, vol. 15, n.º 5, 2020. Págs. 9, 11 y 12. 50. Middleton, Jacqueline; Cunsolo, Ashlee; Jones-Bitton, Andria; Wright, Carlee J.; Harper, Sherilee L. Indigenous mental health in a changing climate: a systematic scoping review of the global literature. *Environmental Research Letters*, vol. 15, n.º 5, 2020. Págs. 9 y 10; Fundación Saldarriaga Concha. Salud mental en las comunidades indígenas. Disponible en: <https://www.saldarriagaconcha.org/salud-mental-en-las-comunidades-indigenas/>. Último acceso: 19 de mayo de 2025. 51. Ibid. Págs. 9, 10, 11 y 12; Lebel, Laurence, Vincent Paquin, Tiff-Annie Kenny, Christopher Fletcher, Lucie Nadeau, Eduardo Chachamovich, and Mélanie Lemire. "Climate Change and Indigenous Mental Health in the Circumpolar North: A Systematic Review to Inform Clinical Practice." *Journal of Indigenous Studies* 10, no. 2, 2022. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/13634615211066698> 52. Germán Ramírez Guzmán, Salud mental y comunidades indígenas. Una aproximación desde los profesionales de la salud mental de Alto Bío Bío. Tesis de Magíster en Psicología Clínica Adulto, Universidad de Chile, 2012. Págs. 43, 44, 45 y 106; CEJIL y Global Action Plan & Kyklos, Amicus Brief: Children's Rights. Págs. 27 y 28; Fundación Saldarriaga Concha. Salud mental en las comunidades indígenas. Disponible en: <https://www.saldarriagaconcha.org/salud-mental-en-las-comunidades-indigenas/>. Último acceso: 19 de mayo de 2025. 53. Ibid 54. Ramírez Guzmán, Salud mental y comunidades indígenas. Págs. 44 y 118. 55. Zaldivar, Laurence, Vincent Paquin, Tiff-Annie Kenny, Christopher Fletcher, Lucie Nadeau, Eduardo Chachamovich, and Mélanie Lemire. "Climate Change and Indigenous Mental Health in the Circumpolar North: A Systematic Review to Inform Clinical Practice." *Journal of Indigenous Studies* 10, no. 2, 2022. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/13634615211066698>. Último acceso: 19 de mayo de 2025; ANF, Cambio Climático afecta directamente a rituales ancestrales de los kallawayas. Disponible en: <https://www.noticiasfides.com/nacional/sociedad/cambio-climatico-afecta-directamente-a-rituales-ancestrales-de-los-kallawayas--370793>, último acceso: 21 de mayo de 2025. 56. Ninomiya, Melody E Morton et al. Indigenous communities and the mental health impacts of land dispossession related to industrial resource development: a systematic review. *The Lancet Planetary Health*, Volume 7, 2023. Disponible en: [https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196\(23\)00079-7/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196(23)00079-7/fulltext), último acceso: 20 de mayo de 2025; Lebel, Laurence, Vincent Paquin, Tiff-Annie Kenny, Christopher Fletcher, Lucie Nadeau, Eduardo Chachamovich, and Mélanie Lemire. "Climate Change and Indigenous Mental Health in the Circumpolar North: A Systematic Review to Inform Clinical Practice." *Journal of Indigenous Studies* 10, no. 2, 2022. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/13634615211066698>, último acceso: 20 de mayo de 2025. 57. Ibid

4.

Riesgos de explosión y accidentes



A. Riesgo de explosiones e incendios

El metano es un gas altamente inflamable que, al mezclarse con el aire en concentraciones entre el 5 % y el 15 %, puede formar compuestos explosivos⁵⁸. Esta característica lo convierte en una amenaza crítica en espacios confinados como sótanos, túneles o minas subterráneas, donde su acumulación inadvertida puede desencadenar incendios repentinos o explosiones devastadoras⁵⁹. Estos eventos no solo provocan la pérdida de vidas humanas, sino también daños severos a la infraestructura y al medio ambiente, lo que subraya la necesidad de implementar estrictas medidas de ventilación y monitoreo en zonas de riesgo.

⁵⁸. A. Duda and G. F. Valverde. "Environmental and Safety Risks Related to Methane Emissions in Underground Coal Mine Closure Processes." *Energies*, 2020. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/23/6312>, último acceso: 20 de mayo de 2025. ⁵⁹. Ibid; ao Wang, You Zhou, Zhen-min Luo, H. Wen, Jing-yu Zhao, Bin Su, F. Cheng and Jun Deng. "Flammability limit behavior of methane with the addition of gaseous fuel at various relative humidities." *Process Safety and Environmental Protection*, 2020. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957582020304274?via%3Dihub>, último acceso: 20 de mayo de 2025.

B. Peligros en entornos mineros e industriales

Los entornos mineros, especialmente las minas de carbón, enfrentan un riesgo agravado por la liberación de metano durante las operaciones de extracción⁶⁰. en

LA PRESENCIA DE ESTE GAS EN ESPACIOS CERRADOS

espacios cerrados puede desencadenar explosiones catastróficas si no se controla adecuadamente mediante sistemas de ventilación o tecnología de detección temprana⁶¹. Históricamente, los incidentes relacionados con metano constituyen una de las principales causas de desastres mineros y paralización de actividades industriales, evidenciando la importancia de protocolos de seguridad específicos para prevenir tragedias en estos sectores.

60. A. Duda and G. F. Valverde. "Environmental and Safety Risks Related to Methane Emissions in Underground Coal Mine Closure Processes." *Energies*, 2020. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/23/6312>; 61. D. Palka, Jarosław Brodny, M. Tutak and D. Nitoi. "The role, importance and impact of the methane hazard on the safety and efficiency of mining production." *Production Engineering Archives*, 28, 2022. Disponible en: <https://sciencedirect.com/article/10.30657/pea.2022.28.48>, último acceso: 20 de mayo de 2025.

C. Riesgos en zonas residenciales

El metano también representa un peligro en contextos domésticos, ya que puede infiltrarse en viviendas a través de fuentes como el agua subterránea contaminada o fugas en sistemas de gas natural⁶². En áreas mal ventiladas, como sótanos o habitaciones cerradas,

la acumulación de metano incrementa significativamente el riesgo de explosiones⁶³. Sin embargo, este peligro puede mitigarse eficazmente mediante la instalación de sistemas de ventilación adecuados y dispositivos de detección de gases, lo que resulta fundamental para proteger la seguridad de las personas en zonas residenciales⁶⁴.

62. E. Lebel, Colin J Finnegan, Z. Ouyang and R. Jackson. "Methane and NOx Emissions from Natural Gas Stoves, Cooktops, and Ovens in Residential Homes." *Environmental science & technology* (2022). Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.1c04707>, último acceso: 18 de mayo de 2025; S. Osborn, A. Vengosh, N. Warner and R. Jackson. "Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing." *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2011. Disponible en: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1100682108>, último acceso: 20 de mayo de 2025. 63. Ibid 64. Ibid

5.

Metano y rellenos sanitarios



La acumulación de metano en rellenos sanitarios, especialmente en aquellos con deficiencias en su manejo y administración, puede generar explosiones, poniendo en grave riesgo la vida y la salud humana y la infraestructura circundante. Este peligro se agrava cuando el gas se concentra en espacios cerrados o mal ventilados dentro o alrededor de los sitios de disposición final⁶⁶.

Además de los riesgos de explosión, la acumulación de metano y otros gases en los rellenos sanitarios también puede comprometer la estabilidad estructural del terreno, incrementando la probabilidad de deslizamientos catastróficos. La generación incontrolada de gases de metano, combinada con la acumulación de lixiviados, puede desestabilizar las pendientes de los rellenos sanitarios⁶⁷. La presión interna generada en ausencia de sistemas adecuados de ventilación agrava la inestabilidad del terreno, incrementando el riesgo de deslizamientos y accidentes con consecuencias entre otros para la vida, la salud y la propiedad⁶⁸.

Estas afectaciones no ocurren de manera aislada, sino que impactan de forma desproporcionada a comunidades rurales, poblaciones aledañas a los rellenos que en muchos países son de escasos recursos, migrantes internos o personas desplazadas, así como grupos históricamente discriminados, quienes enfrentan mayores riesgos e impactos en sus derechos humanos⁶⁹.

66. Ibid 67. Lozano López, Juan Diego. Análisis de Riesgo por Deslizamiento en el Relleno Sanitario Doña Juana en Bogotá. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, 2024. Págs. 44, 110 y 130; Cárdenas Valbuena, Rocío del Pilar, Germán Alberto López Quemba, Deisy Talero Moreno, Andrea Paola Cely Grijalba, Liz Marivel Murillo Naranjo, y Grised Andrea Velasco Quiroga. Impacto ambiental y riesgos potenciales generados en los rellenos sanitarios: revisión narrativa de la literatura. Revista de investigación en salud. Universidad de Boyacá, 2022. Págs. 1, 10, 11 y 12; Yang Gao, Yue-ping Yin, Bin Li, Kai He and Xueliang Wang. "Post-failure behavior analysis of the Shenzhen "12.20" CDW landfill landslide." Waste management, 83, 2019. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X18306780?via%3Dihub>, último acceso: 19 de mayo de 2025. 68. Ibid 69. Greenpeace Colombia. Estimación de la generación, captura y emisiones de metano del relleno sanitario Doña Juana en Bogotá, Colombia, 2024. Págs. 7, 8 y 13.

6.

Conclusiones

Las emisiones de metano constituyen una grave amenaza para el clima global y la salud pública, no solo por su potente capacidad para acelerar el calentamiento global, sino por su rol como precursor del ozono troposférico, un contaminante atmosférico severamente perjudicial para la salud humana y los ecosistemas. Por ello, abordar las emisiones de metano trasciende la esfera climática y ambiental para convertirse en una cuestión crítica de derechos humanos, con implicaciones directas sobre el derecho a la salud, la vida y el medioambiente sano.

La evidencia científica reunida en este informe revela claramente que las emisiones de metano disminuyen de manera sustancial la seguridad alimentaria global y aumentan la prevalencia de enfermedades respiratorias, cardiovasculares y neurológicas, comprometiendo gravemente la calidad del aire tanto en contextos urbanos como rurales. Una reducción inmediata y significativa de estas emisiones podría evitar cientos de miles de muertes prematuras anualmente, al tiempo que protegería la productividad agrícola esencial para la subsistencia humana.

Sin embargo, la carga de estos impactos no se distribuye equitativamente. Grupos históricamente desaventajados como pueblos indígenas, niñas, niños y adolescentes, personas mayores y comunidades empobrecidas enfrentan riesgos desproporcionados, no solo en términos físicos sino también psicológicos y culturales. Estas poblaciones experimentan secuelas emocionales profundas —desde ansiedad crónica y estrés postraumático hasta la pérdida de identidad cultural— como resultado del deterioro ambiental vinculado al cambio climático.

Adicionalmente, la naturaleza inflamable y explosiva del metano lo convierte en una fuente crítica de riesgos tecnológicos, con potencial de generar graves accidentes en contextos industriales, mineros y residenciales. Este riesgo es especialmente grave en lugares con deficiente gestión ambiental, como los rellenos sanitarios, poniendo en peligro vidas humanas e infraestructura crítica.

Ante esta realidad científicamente establecida, abordar con urgencia la crisis del metano no solo representa una prioridad técnica y ambiental, sino también una obligación ética y jurídica frente a la justicia climática y la dignidad humana. Los principales sectores emisores —como la gestión de residuos, la industria de los combustibles fósiles y el sector agropecuario— cuentan con soluciones técnicamente viables, de bajo costo y con efectos inmediatos, cuya implementación permitiría reducir drásticamente las emisiones en el corto y mediano plazo. De este modo, actuar decididamente sobre el metano no solo protegerá nuestro clima y nuestros ecosistemas, sino que contribuirá a la realización efectiva de los derechos humanos, fortaleciendo el camino hacia un futuro sostenible, justo y digno para todas las comunidades.



Bibliografía:

Adeleye, Bosede Ngozi, Aviral Kumar Tiwari. Empirical assessment of methane emissions, socioeconomic factors, and infant mortality in Europe. 2024. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1477-8947.12385>

Agencia de Noticias Fides. Cambio Climático afecta directamente a rituales ancestrales de los kallawayas. Disponible en: <https://www.noticiasfides.com/nacional/sociedad/cambio-climatico-afecta-directamente-a-rituales-ancestrales-de-los-kallawayas--370793>

Alianza Global para el Clima y la Salud y Abt Associates. Mitigación del metano: una estrategia global de salud — Informe general. GCHA, agosto de 2023. Disponible en: <https://climateandhealthalliance.org/wp-content/uploads/2023/09/MethaneReport-Overview-ES.pdf>

Amnistía Internacional. ¡Arde la Amazonía, arde el futuro! Jóvenes activistas que defienden la Amazonía ecuatoriana de los mecheros que amenazan los derechos en el presente y el futuro. Índice: AMR 28/8280/2024. Agosto de 2024.

Banco Mundial. Global Gas Flaring Tracker Report 2023. Global Gas Flaring Reduction Partnership (GGFR), marzo de 2023.

Barraza-Villarreal, A. et al. Air pollution, airway inflammation, and lung function in a cohort study of Mexico City schoolchildren. *Respiratory Research*, 12(1), 74, 2011. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2430242/>, último acceso: 16 de abril de 2025.

Bell, M. L., Samet, J. M., & Dominici, F. (2004). Ozone and Short-term Mortality in 95 US Urban Communities, 1987-2000. *Journal of the American Medical Association*, 292(19), 2372-2378. <https://doi.org/10.1001/jama.292.19.2372>.

Cabrera Christiansen, Fernando; Cané, Santiago. Radiografía de Vaca Muerta: megaproyecto de energía fósil y fracking en Argentina. Fundación Heinrich Böll. Disponible en: <https://co.boell.org/es/2020/04/16/radiografia-de-vaca-muerta-megaproyecto-de-energia-fosil-y-fracking-en-argentina>, último acceso: 19 de mayo de 2025.

Calderón-Garcidueñas, L. et al. Urban air pollution: Influences on olfactory function and pathology in exposed children and young adults. *Environmental Health Perspectives*, 116(9), 1283-1289, 2008. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19297138/>, último acceso: 28 de abril de 2025.

Cárdenas Valbuena, Rocío del Pilar, Germán Alberto López Quemba, Deisy Tale-ro Moreno, Andrea Paola Cely Grijalba, Liz Marivel Murillo Naranjo, y Grised An-drea Velasco Quiroga. Impacto ambien-tal y riesgos potenciales generados en los rellenos sanitarios: revisión narrativa de la literatura. Revista de investigación en salud. Universidad de Boyacá. 2022. Disponible en: <https://revistasdigitales.uniboyaca.edu.co/index.php/rs/article/view/746>.

Centro por la Justicia y el Derecho In-ternacional y Global Action Plan & Kyklos (Chile). Amicus Brief: Children's Rights: Q IV.C(1). Este documento forma parte de la compilación de observaciones escri-tas y prueba pericial presentada por el Centro por la Justicia y el Derecho Internacional (CEJIL) y Doughty Street Chambers ante la Corte Interamericana de Derechos Humanos en el marco de la solicitud de Opinión Consultiva OC-32 sobre Emergencia Climática y Derechos Humanos. Disponible en: https://cor-teidh.or.cr/sitios/observaciones/OC-32/4_kyklos_otros.pdf, último acceso: 10 de mayo de 2025.

Climate and Clean Air Coalition (CCAC). Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone. Disponible en: [https://www.ccacoalition.org/en/resour-ces/integrated-assessment-black-car-bon-and-tropospheric-ozone](https://www.ccacoalition.org/en/resources/integrated-assessment-black-car-bon-and-tropospheric-ozone), último acceso: 18 de abril de 2025.

Climate and Clean Air Coalition (CCAC). Contaminantes climáticos de vida cor-ta y salud. Disponible en: <https://www.ccacoalition.org/es/content/short-li-ved-climate-pollutants-and-health>, último acceso: 19 de mayo de 2025.

Climate and Clean Air Coalition (CCAC). Metano – Contaminantes Climáticos de Vida Corta. Disponible en: <https://www.ccacoalition.org/es/short-lived-clima-te-pollutants/methane>, último acceso: 16 de mayo de 2025.

Climate and Clean Air Coalition (CCAC). Ozono troposférico – Contaminantes climáticos de vida corta. Disponible en: <https://www.ccacoalition.org/es/short-lived-climate-pollutants/tropos-pheric-ozone>, último acceso: 19 de mayo de 2025.

Climate and Clean Air Coalition (CCAC). Time to Act to Reduce Short-Lived Cli-mate Pollutants. Disponible en: <https://www.ccacoalition.org/en/resources/time-act-reduce-short-lived-climate-po-llutants>, último acceso: 23 de marzo de 2025.

De la Cruz, H., y Aparicio, A. Impacto de vertederos en la salud respiratoria de poblaciones vulnerables. Revista de Sa-lud Ambiental, 17(1), 45–52, 2017.

Duda, A. and G. F. Valverde. "Environmental and Safety Risks Related to Methane Emissions in Underground Coal Mine Closure Processes." *Energies* (2020). Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/23/6312>

Fundación Saldarriaga Concha. Salud mental en las comunidades indígenas. Disponible en: <https://www.saldarriaga-concha.org/salud-mental-en-las-comunidades-indigenas/>.

Gao, Yang, Yue-ping Yin, Bin Li, Kai He and Xueliang Wang. "Post-failure behavior analysis of the Shenzhen "12.20" CDW landfill landslide.." *Waste management*, 83 (2019): 171-183. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X18306780?via%3Dihub>

Garg, Anchal; Kashtan, Yannai; Nicholson, Metta; Finnegan, Colin J.; Lebel, Eric D.; Michanowicz, Drew R.; Shonkoff, Seth B.C.; Nadeau, Kari C.; Jackson, Robert B. "Exposure and health risks of benzene from combustion by gas stoves: A modelling approach in U.S. homes." *Journal of Hazardous Materials*, vol. 492, 2025, artículo n.º 137986. Elsevier.

GBD 2015 Risk Factors Collaborators. 2016. "Global, Regional, and National Comparative Risk Assessment of 79 Behavioural, Environmental and Occupational, and Metabolic Risks or Clusters of Risks, 1990–2015: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2015." *The Lancet* 388 (10053):

1659–1724. Disponible en: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(16\)31679-8/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(16)31679-8/fulltext).

Greenpeace Colombia. Estimación de la generación, captura y emisiones de metano del relleno sanitario Doña Juana en Bogotá, Colombia. 2024. Disponible en: <https://www.greenpeace.org/colombia/noticia/issues/contaminacion/relleno-sanitario-dona-juana-una-bomba-de-tiempo-para-las-comunidades-y-el-ambiente/>

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC). Cambio Climático 2021: Bases físicas. Contribución del Grupo de Trabajo I al Sexto Informe de Evaluación del IPCC. Capítulo 7, Tabla 7.15, 2021.

International Agency for Research on Cancer (IARC) – World Health Organization. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 93: Carbon Black, Titanium Dioxide, and Talc. Lyon, Francia: IARC, 2010.

International Energy Agency (IEA). The imperative of cutting methane from fossil fuels: An assessment of the benefits for the climate and health. En colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Climate and Clean Air Coalition (CCAC). París: IEA, 2023. Disponible en: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/9ef-b310e-94d7-4c46-817b-9493fe5ab-b0a/Theimperativeofcuttingmethane-fromfossilfuels.pdf>

Lebel, E., Colin J Finnegan, Z. Ouyang and R. Jackson. "Methane and NOx Emissions from Natural Gas Stoves, Cooktops, and Ovens in Residential Homes.." Environmental science & technology (2022). Disponible en : <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.1c04707>

Lebel, L., Paquin, V., Kenny, T., Fletcher, C., Nadeau, L., Chachamovich, E., & Lemire, M. Climate change and Indigenous mental health in the Circumpolar North: A systematic review to inform clinical practice. Transcultural Psychiatry, 59, 312 - 336. 2022. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/13634615211066698>

Liang, Shuru, Yumeng Chen, Xiaoli Sun, Xiaomei Dong, G. He, Yudong Pu, Jingjie Fan, Xinqi Zhong, Zhiqing Chen, Ziqiang Lin, Wenjun Ma, Tao Liu. Long-term exposure to ambient ozone and cardiovascular diseases: Evidence from two

national cohort studies in China. Agosto 2024. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090123223002266?via%3Dihub>

Llano Vázquez Prada, Manuel; Flores Lot, Carla. Impactos al desarrollo fetal por proximidad a pozos de gas "natural" (fósil): anomalías congénitas y genéticas en recién nacidos en la provincia petrolera de Burgos 2017-2021. Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA) y Cartocrítica, México, abril de 2023.

Lozano López, Juan Diego. Análisis de Riesgo por Deslizamiento en el Relleno Sanitario Doña Juana en Bogotá. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, 2024. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/86111>.

Middleton, Jacqueline; Cunsolo, Ashlee; Jones-Bitton, Andria; Wright, Carlee J.; Harper, Sherilee L. Indigenous mental health in a changing climate: a systematic scoping review of the global literature. Environmental Research Letters, vol. 15, n.º 5, 2020.

Murugesan Sobanaa, R. Prathiviraj, J. Selvin, Munisamy Prathaban. A comprehensive review on methane's dual role: effects in climate change and potential as a carbon-neutral energy source. 2023. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-023-30601-w>

National Center for Biotechnology Information. Environmental exposures and adverse pregnancy outcomes: a review of the science. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3385429/>, último acceso: 16 de mayo de 2025.

Ninomiya, Melody E Morton et al. Indigenous communities and the mental health impacts of land dispossession related to industrial resource development: a systematic review. *The Lancet Planetary Health*, Volume 7, Issue 6, e501 - e517. 2023. Disponible en: [https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196\(23\)00079-7/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196(23)00079-7/fulltext)

Osborn, S., A. Vengosh, N. Warner and R. Jackson. "Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing." *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108 (2011): 8172 - 8176. Disponible en: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1100682108>

Palka, D., Jarosław Brodny, M. Tutak and D. Nitoi. "The role, importance and impact of the methane hazard on the safety and efficiency of mining production." *Production Engineering Archives*, 28 (2022): 390 - 397. Disponible en: <https://sciendo.com/article/10.30657/pea.2022.28.48>

Proville, Jeremy, Katherine A. Roberts, Adam Peltz, Lisa Watkins, Elizabeth Trask y Dustin Wiersma. "The

Demographic Characteristics of Populations Living Near Oil and Gas Wells in the USA." *Population and Environment* 44 (2022): 1-14. Disponible en: https://eplanning.blm.gov/public_projects/2021616/200533749/20077988/250084170/Exhibit%2050%20-%20Proville%20_demographic%20characteristics%20of%20populations%20living%20near%20oil%20and%20gas%20wells.pdf

Ramírez Guzmán, Germán. Salud mental y comunidades indígenas. Una aproximación desde los profesionales de la salud mental de Alto Bío Bío. Tesis de Magíster en Psicología Clínica Adulto, Universidad de Chile, 2014. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/135449>

Staniaszek, Z., Griffiths, P.T., Folberth, G.A. et al. The role of future anthropogenic methane emissions in air quality and climate. *npj Clim Atmos Sci* 5, 21 (2022). Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41612-022-00247-5>

Tran, Huy; Polka, Erin; Buonocore, Jonathan J.; Roy, Ananya; Trask, Beth; Hull, Hillary; Arunachalam, Saravanan. Air Quality and Health Impacts of Onshore Oil and Gas Flaring and Venting Activities Estimated Using Refined Satellite-Based Emissions. *GeoHealth*, vol. 8, n.º 3, 2024, e2023GH000938. American Geophysical Union / Wiley.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). The Importance of Methane. 2025. Disponible en: <https://www.epa.gov/gmi/importance-methane#:~:text=Methane%20is%20the%20second%20most,trapping%20heat%20in%20the%20atmosphere>

UNICEF. La crisis climática es una crisis de los derechos de la infancia: Presentación del Índice de Riesgo Climático de la Infancia. Nueva York, 2021.

United Nations Environment Programme y Climate and Clean Air Coalition. Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions. Nairobi: UNEP, 2021. Disponible en: <https://www.unep.org/resources/report/global-methane-assessment-benefits-and-costs-mitigating-methane-emissions>

United Nations Children's Fund (UNICEF). Clear the Air for Children: The Impact of Air Pollution on Children, 2016. Executive summary. Disponible en: https://www.unicef.org/sites/default/files/2019-02/Clear_the_Air_for_Children_Executive_summary_ENG.pdf

United Nations Environment Programme (UNEP) & World Meteorological Organization (WMO). Integrated assessment of black carbon and tropospheric ozone: Summary for decision makers. Disponible en: <https://www.ccacoalition.org/resources/integrated-assessment-black-carbon-and-tropospheric-ozone>

Wang, ao, You Zhou, Zhen-min Luo, H. Wen, Jing-yu Zhao, Bin Su, F. Cheng and Jun Deng. "Flammability limit behavior of methane with the addition of gaseous fuel at various relative humidities." Process Safety and Environmental Protection, 140 (2020): 178-189. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957582020304274?via%3Dihub>

West, J., Fiore, A., Horowitz, L., Mauzerall, D., & Hansen, J. Global health benefits of mitigating ozone pollution with methane emission controls. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 103 11, 3988-93. 2006. Disponible en: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.0600201103>

White-Newsome, J., P. Meadows and C. Kabel. "Bridging Climate, Health, and Equity: A Growing Imperative." American journal of public health, 108 S2 (2017): S72-S73 . Disponible en: <https://ajph.aphapublications.org/doi/full/10.2105/AJPH.2017.304133>

World Health Organization (WHO). Air Quality Database 2022 Update: Status Report. Geneva: WHO, 2023. Disponible en: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/368432/9789240047693-eng.pdf?sequence=1>

World Health Organization (WHO).
Ambient (outdoor) air quality and health. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health),
último acceso: 19 de mayo de 2025

World Health Organization (WHO).
Billions of people still breathe unhealthy air: new WHO data, 2022. Disponible en: <https://www.who.int/news/item/04-04-2022-billions-of-people-still-breathe-unhealthy-air-new-who-data>

World Health Organization (WHO).
Types of pollutants and their health impacts. Disponible en: <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-and-health/health-impacts/types-of-pollutants>, último acceso: 19 de mayo de 2025

Xu, Kun, Wentian Sun, Xiao-Yang Liu and Chuang Yu. "Methane reduction efficiency of biochar-methanotroph-amended clay." Arabian Journal of Geosciences, 15 (2022): 1-17. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12517-022-10151-0>

Zaldivar, Trinidad, y Martin Inthamoussu. "Patrimonio, cultura y cambio climático." Blog del BID – Sostenibilidad, 24 de agosto de 2023. Disponible en: <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/patrimonio-cultura-y-cambio-climatico/>.

Recursos de consulta

Para profundizar en los temas abordados en este informe, se recomienda consultar los siguientes recursos:

Centro por la Justicia y el Derecho Internacional (CEJIL): <https://cejil.org/que-hacemos/emergencia-climatica/>

Institute for Governance & Sustainable Development (IGSD): <https://www.igsd.org/>

Clean Air Task Force:
<https://www.catf.us/>

Coalición Clima y Aire Limpio (CCAC): <https://www.ccacoalition.org/es/>

The Global Methane Hub: <https://www.globalmethanehub.org/>

