

METANO



SAÚDE E
DIREITOS
HUMANOS

O direito internacional
diante da crise climática:
instrumentos jurídicos

METANO, SAÚDE E DIREITOS HUMANOS

Junho de 2025

Responsável pela elaboração: CEJIL

O Centro pela Justiça e o Direito Internacional (CEJIL) tem como missão contribuir para a fruição dos direitos humanos por meio do uso eficaz do Sistema Interamericano de Direitos Humanos (SIDH) e de outros mecanismos de proteção internacional.

Agradecemos a Franco Albarracín, advogado especialista em mudança do clima e direitos humanos, assim como ao restante da equipe do CEJIL que participou da elaboração deste documento. Agradecemos também ao Institute for Governance & Sustainable Development (IGSD), em especial a Sebastián Luengo, Ph.D., por sua colaboração técnica, bem como ao pesquisador independente Rodrigo Villagra, cujos comentários valiosos e contribuições especializadas enriqueceram o conteúdo deste documento.

Créditos

Conteúdo e edição:

Viviana Krsticevic,

Diretora executiva, CEJIL

Franco Albarracín,

Advogado especialista em mudança do clima e direitos humanos, CEJIL

Revisão:

María Leoni,

Diretora executiva adjunta, CEJIL

Florencia Reggiardo,

Diretora do Programa para a Região Andina, América do Norte e Caribe, CEJIL

Helena de Souza,

Co-diretora do Programa para o Brasil e Cone Sul, CEJIL

Mariángeles Misuraca, co-diretora do Programa para o Brasil e Cone Sul, CEJIL

Revisão de provas:

Franco Albarracín,

Advogado especialista em mudança do clima e direitos humanos, CEJIL

Coordenação de design editorial:

David Romero,

Diretor de Comunicação do CEJIL

Design e diagramação:

Sergio Solarte

Como citar este material:
CEJIL, Metano, saúde e direitos humanos. Junho de 2025.

*Copyright (c) CEJIL 2025,
Alguns direitos reservados.*

ISBN: 978-987-23854-7-7

Apresentação

Esta publicação explora os efeitos do metano sobre a saúde, tema de crescente preocupação no contexto da emergência climática, da poluição ambiental e de sua interação com os direitos humanos e o direito constitucional. Integra uma série de publicações do CEJIL sobre a interseção entre direitos humanos e proteção ambiental, destinada a promover abordagens interdisciplinares e intradisciplinares mais robustas.

À medida que as concentrações de metano aumentam, também crescem os riscos de elevação crítica das temperaturas globais e os impactos à saúde humana — desde doenças respiratórias, efeitos cardiovasculares e repercussões psicológicas. Este trabalho busca oferecer uma visão integrada, alicerçada nas evidências científicas mais recentes, sobre o estado do conhecimento necessário para proteger o direito à saúde, com ênfase nas comunidades em situação de maior vulnerabilidade.

Agradecemos ao Institute for Governance & Sustainable Development (IGSD) por seu apoio constante a esta pesquisa e por seu compromisso em fomentar o diálogo interdisciplinar em um tema de tamanha relevância. Registramos igualmente nossa gratidão aos doadores institucionais do CEJIL por tornarem este trabalho possível. Estendemos, ainda, nosso sincero agradecimento às pesquisadoras do IGSD que comentaram uma versão preliminar do texto, bem como ao advogado e antropólogo Rodrigo Villagra, cujos comentários e contribuições especializadas enriqueceram o conteúdo deste documento. Franco Albarracín, advogado do CEJIL — a quem também reconhecemos — foi o responsável pela elaboração deste documento.

Viviana Krsticevic

Washington DC Maio de 2025

Resumo

O Centro pela Justiça e o Direito Internacional (CEJIL) oferece, por meio deste documento, informações científicas relacionadas à garantia de uma série de direitos humanos e ambientais afetados pelas emissões de metano. A comunidade ambiental demonstrou amplamente que a mitigação do metano é imprescindível para reduzir o aquecimento do planeta. Neste relatório, sintetizamos parte da literatura que discute os vínculos entre as emissões de metano, a saúde e os direitos humanos.

O objetivo central deste informe é analisar os impactos do metano na saúde pública e na segurança alimentar. Partimos da convicção de que as evidências científicas aqui reunidas podem impulsionar iniciativas voltadas à defesa de direitos humanos, à litigância estratégica, à regulação ambiental, ao monitoramento de atividades extrativas e a outras ações destinadas a enfrentar a problemática sob uma perspectiva ambiental e de direitos humanos.

As emissões de metano não apenas agravam a crise climática, como também deterioram a qualidade do ar, afetam a saúde física e mental de populações em situação de vulnerabilidade e elevam os riscos de acidentes, deslocamentos e impactos à saúde reprodutiva. Este documento reúne achados relevantes, provenientes de fontes científicas, orientados a fortalecer estratégias de litigância estratégica e ações de política pública.

Ao longo dos capítulos, examinamos como as emissões de metano contribuem para doenças respiratórias, cardiovasculares e neurológicas, afetam a segurança alimentar, incidem sobre os direitos de crianças e adolescentes e de povos indígenas, e geram riscos críticos de explosões e deslizamentos em contextos urbanos e industriais. Por fim, analisamos como as deficiências na gestão do metano amplificam esses riscos e comprometem de maneira crítica tanto o meio ambiente quanto a saúde pública.

Sumário

1.

**Poluentes climáticos
de vida curta (PCVC),
qualidade do ar e
saúde pública**

Pag. 06

2.

**Impacto do metano
na saúde pública e na
segurança alimentar**

Pag. 08

3.

**Saúde física e mental:
impactos da mudança
do clima e das
emissões de metano
em grupos em situação
de vulnerabilidade**

Pag. 12

4.

**Riscos de explosão e
acidentes**

Pag. 16

5.

**Metano e aterros
sanitários**

Pag. 19

6.

Conclusões

Pag. 20

1.

Poluentes climáticos de vida curta (PCVC), qualidade do ar e saúde pública

O consenso científico indica que a redução dos poluentes climáticos de vida curta (PCVC) — como o carbono negro, o ozônio troposférico e o metano — é fundamental para melhorar a qualidade do ar e proteger a saúde pública.¹

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), quase toda a população mundial respira um ar que excede os limites estabelecidos em suas Diretrizes de Qualidade do Ar². A má qualidade do ar provoca milhões de mortes prematuras todos os anos, principalmente por doenças cerebrovasculares, cardiopatias e doenças respiratórias como bronquite, asma e doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), segundo estimativas recentes.³

Entre os poluentes mais nocivos está o carbono negro (fuligem)⁴, associado a danos neurológicos, comprometimentos cardiovasculares e respiratórios, bem como uma maior mortalidade prematura⁵. A exposição contínua ao carbono negro — por exemplo, oriunda de motores a diesel — pode desencadear inflamação

1. Climate and Clean Air Coalition. Contaminantes climáticos de vida curta y salud. Disponível em: <https://www.ccacoalition.org/es/content/short-lived-climate-pollutants-and-health>, acesso em: 19 de maio de 2025. 2. World Health Organization. WHO Air Quality Database 2022 Update: Status Report. Geneva: WHO, 2023. Pg. 9; World Health Organization. Billions of people still breathe unhealthy air: new WHO data, 2022. Disponível em: <https://www.who.int/news/item/04-04-2022-billions-of-people-still-breathe-unhealthy-air-new-who-data> último acesso: 26 de maio de 2025. World Health Organization (WHO). Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241511353>, acesso em: March 19, 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. Disponível em: [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), acesso em: 20 de maio de 2025. 4. Climate and Clean Air Coalition (CCAC). Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone. Disponível em: <https://www.ccacoalition.org/en/resources/integrated-assessment-black-carbon-and-tropospheric-ozone>, acesso em: 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. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19297138/>, acesso em: 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. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2430242/>, acesso em: 16 de abril de 2025.

pulmonar, infartos, crises asmáticas e diversos sintomas respiratórios⁶. A OMS também reconhece que o carbono negro está vinculado ao risco de desenvolvimento de câncer de pulmão e de bexiga⁷.

O ozônio troposférico (derivado do metano) agrava doenças como bronquite e enfisema, desencadeia crises de asma e pode danificar permanentemente o tecido pulmonar⁸. A exposição

prolongada ao ozônio na troposfera tem sido associada ao aumento da incidência de doenças cardiovasculares e acidentes cerebrovasculares⁹. No caso da população infantil, a inalação de altos níveis de poluição do ar pode comprometer o desenvolvimento pulmonar e elevar a mortalidade por infecções respiratórias¹⁰.

6. United Nations Environment Programme (UNEP) & World Meteorological Organization (WMO). Integrated assessment of black carbon and tropospheric ozone: Summary for decision makers, 2011. Pgs. 6 and 16. 7. World Health Organization (WHO). Ambient (outdoor) air quality and health. Disponível em: [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), acesso em: 19 de maio de 2025; World Health Organization (WHO). Types of pollutants and their health impacts. Disponível em: <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-and-health/health-impacts/types-of-pollutants>, acesso em: 19 de maio 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. Pgs. 186, 187 y 191. 8. Climate and Clean Air Coalition. Ozono troposférico – Contaminantes climáticos de vida curta. Disponível em: <https://www.ccacoalition.org/es/short-lived-climate-pollutants/tropospheric-ozone>, acesso em: 19 de maio 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. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090123223002266?via%3DIihub>, acesso em: 20 de maio de 2025. 10. United Nations Children's Fund (UNICEF). Clear the Air for Children: The Impact of Air Pollution on Children. Executive summary, 2016. Pgs. 2, 3 e 4

2.

Impacto do metano na saúde pública e na segurança alimentar



O metano é um gás de efeito estufa altamente preocupante, não apenas por sua capacidade de acelerar o aquecimento global com consequências significativas, mas também por seus impactos na saúde pública. Indiretamente, o metano atua como precursor do ozônio troposférico, um contaminante atmosférico altamente nocivo que degrada a qualidade do ar e agrava doenças respiratórias, cardiovasculares e neurológicas¹¹.

Além disso, seu forte efeito climático amplifica riscos sistêmicos associados ao aquecimento global. Isso se traduz, por exemplo, na maior frequência e intensidade de eventos extremos, desestabilização dos sistemas alimentares e hídricos¹², perda de biodiversidade e pressões crescentes sobre a saúde pública global¹³ — fatores que impactam profundamente os direitos humanos.

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. Pg. 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. Disponível em: https://corteidh.or.cr/sitios/observaciones/OC-32/4_kyklos_otros.pdf, acesso em: 20 de maio de 2025. Pgs. 3, 9 e 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. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090123223002266?via%3Dihub>, acesso em: 19 de maio 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. New York, 2021. Pgs. 10, 11 e 12; Climate and Clean Air Coalition. Contaminantes climáticos de vida corta y salud. Disponível em: <https://www.ccacoalition.org/es/content/short-lived-climate-pollutants-and-health>, acesso em: 19 de maio de 2025. 13. Ibid

Isso é particularmente preocupante porque, apesar de seu tempo de permanência relativamente curto na atmosfera, o metano é responsável por aproximadamente um quarto do aumento observado nas temperaturas globais e apresenta um potencial de aquecimento global em 20 anos¹⁴(GWP20)

+80
VEZES

superior ao do dióxido de carbono. Estudos recentes estimam que o ozônio troposférico formado a partir do metano causa cerca de um milhão de mortes prematuras por ano.

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. Disponível em: <https://www.ccacoalition.org/es/short-lived-climate-pollutants/methane>, acesso em: 16 de maio 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. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-023-30601-w>, acesso em: 16 de maio de 2025; U.S. Environmental Protection Agency (EPA). The Importance of Methane, 2025. Disponível em: <https://www.epa.gov/gmi/importance-methane#:~:text=Methane%20is%20the%20second%20most,trapping%20heat%20in%20the%20atmosphere>, acesso em: 20 de maio de 2025; Bosede Ngozi Adeleye, Aviral Kumar Tiwari. Empirical assessment of methane emissions, socioeconomic factors, and infant mortality in Europe, 2024. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1477-8947.12385>, acesso em: 20 de maio de 2025.

Projeta-se que uma redução de 30% nas emissões de metano poderia evitar mais de 200 mil mortes prematuras¹⁵, além de melhorar o acesso à água potável, a qualidade do ar e a segurança alimentar¹⁶. No setor agrícola, o ozônio troposférico induzido pelo metano também tem reduzido significativamente a produtividade global de culturas básicas como trigo, soja, milho e arroz, afetando diretamente a segurança alimentar global.¹⁷

Atualmente, cerca de 18 milhões de pessoas nos Estados Unidos — incluindo mais de um milhão de crianças menores de cinco anos — vivem a menos de uma milha de poços ativos de petróleo e gás, expostas a riscos associados às emissões de metano¹⁸. Situação semelhante ocorre em partes da América Latina: na Amazônia equatoriana, por exemplo, numerosas comunidades — incluindo

crianças e adolescentes — residem muito próximas de “flares” (queimadores de gás) da indústria petrolífera e enfrentam os impactos dessas emissões¹⁹. Padrões similares foram documentados em zonas petrolíferas da Venezuela²⁰, México²¹ e Argentina²², onde a exposição a emissões associadas a poços de gás e petróleo tem afetado comunidades desfavorecidas, com consequências para a saúde humana e o meio ambiente.

Conforme mencionado anteriormente, estima-se também que a exposição ao ozônio troposférico induzido pelo metano reduza a produtividade agrícola global de forma relevante: trigo (-7,1%), soja (-12,4%), milho (-6,1%) e arroz (-4,4%)²³ — razão pela qual o fenômeno é associado ao aumento da insegurança alimentar.

15. Staniaszek, Z., Griffiths, P.T., Folberth, G.A. et al. The role of future anthropogenic methane emissions in air quality and climate, 2022. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41612-022-00247-5>, acesso em: 20 de maio 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. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.0600201103>, acesso em: 19 de maio 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. Pgs. 9, 15, 33 e 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. Pgs. 1, 2 e 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. Pgs. 5, 6, 10, 50, 51, 65 e 67. 20. Ibid. Pgs. 9 e 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. Pgs. 5 e 16. 22. C. Cabrera Christiansen, Fernando; Cané, Santiago. Radiografía de Vaca Muerta: megaproyecto de energía fósil y fracking en Argentina. Fundación Heinrich Böll. Disponível em: <https://co.boell.org/es/2020/04/16/radiografia-de-vaca-muerta-megaproyecto-de-energia-fosil-y-fracking-en-argentina>, acesso em: 19 de maio 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. Pgs. 21 e 68

Há soluções concretas, de baixo ou nenhum custo, que permitiriam reduzir em mais de



as emissões antropogênicas de metano, especialmente nos setores de combustíveis fósseis, resíduos e agricultura. Importante buscar oportunidade imediata e eficaz para diminuir o aquecimento e seus impactos.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. Pgs. 3 e 10; NEP y CCAC, Global Methane Assessment, 2021. Pgs. 10 e 13

3.

Saúde física e mental: impactos da mudança do clima e das emissões de metano em grupos em situação de vulnerabilidade

Os grupos mais afetados pelos poluentes climáticos de vida curta incluem povos indígenas²⁵, crianças e adolescentes²⁶, pessoas idosas²⁷ e comunidades de baixa renda²⁸. Esses grupos enfrentam maior exposição e menor capacidade de adaptação diante desses poluentes.

A. Impactos diretos na saúde de grupos em situação de vulnerabilidade: exposição ao metano e a poluentes associados

A exposição direta às emissões de metano e aos contaminantes atmosféricos gerados a partir delas repercute de forma desproporcional em grupos socialmente desfavorecidos, elevando a frequência de doenças respiratórias²⁹. Entre os principais poluentes implicados nesses impactos diretos estão o ozônio troposférico (O₃)³⁰ — formado a partir de precursores como o metano —, o material particulado fino (MP_{2,5})³¹ (que inclui o carbono negro) e diversos Compostos Orgânicos Voláteis (COVs)³².

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. Disponível em: <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. Disponível em: <https://ajph.aphapublications.org/doi/full/10.2105/AJPH.2017.304133> 27. Ibid 28. Ibid 29. UNICEF. The climate crisis is a child rights crisis: Presentation of the Children's Climate Risk Index. New York, 2021. Pg. 21. 30. Climate and Clean Air Coalition. Metano – Contaminantes Climáticos de Vida Curta. Disponível em: <https://www.ccacoalition.org/es/short-lived-climate-pollutants/methane>, acesso em: 16 de maio de 2025. 31. National Center for Biotechnology Information. Environmental exposures and adverse pregnancy outcomes: a review of the science. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3385429/>, acesso em: 16 de maio 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

O risco decorrente desses poluentes está presente em atividades cotidianas e em práticas industriais vinculadas ao metano. Por exemplo, a combustão de gás natural (predominantemente metano) em aparelhos domésticos pode gerar níveis de benzeno em ambientes internos capazes de elevar significativamente o risco de leucemia, afetando com maior severidade a infância³³. De modo semelhante, a queima e ventilação de gás na indústria do petróleo e gás (flaring e venting) não apenas liberam metano diretamente na atmosfera devido à combustão ineficiente³⁴, como também têm sido associadas a centenas de mortes prematuras e a dezenas de milhares de casos de asma infantil anualmente em populações expostas³⁵.

Essas atividades podem impactar de forma muito significativa e adversa os direitos das comunidades vizinhas, incluindo o direito à saúde e ao meio ambiente saudável, como já documentado em diferentes contextos — por exemplo, na Amazônia equatoriana³⁶. Em nível doméstico, a combustão de gás natural também é uma fonte re-

levante de poluição do ar interior por compostos como o benzeno, carcinógeno reconhecido que apresenta riscos particulares à saúde infantil³⁷.

A exposição à poluição do ar associada ao metano e a seus produtos secundários durante a infância — o que inclui tanto a poluição atmosférica externa quanto a poluição do ar em ambientes internos — intensifica diversos problemas de saúde pública. Em escala global, uma proporção alarmante de crianças e adolescentes — estimada em 90% — enfrenta pelo menos duas ameaças ambientais e climáticas sobrepostas³⁸. Essas combinações podem incluir, por exemplo, a exposição a altos níveis de poluição atmosférica associada à escassez de água³⁹, ou a ocorrência recorrente de ondas de calor juntamente com inundações⁴⁰. Essa exposição múltipla eleva significativamente o risco de mortalidade, o desenvolvimento ou a exacerbação de infecções respiratórias e pode contribuir para complicações renais e cardíacas, entre outros graves problemas de saúde a longo prazo⁴¹.

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. Pgs. 2 e 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. Pgs. 2 e 3; Amnistía Internacional. ¡Arde la Amazonía, arde el futuro!, 2024. Pgs. 21, 24 e 25. 35. Tran, Huy et al., cit., pg. 11 36. Amnistía Internacional. ¡Arde la Amazonía, arde el futuro!, 2024. Pgs. 8, 9, 41 and 77. 37. Garg, Anchal et al. *Exposure and health risks of benzene from combustion by gas stoves*, 2025. Pgs. 2 and 9. 38. UNICEF. *The climate crisis is a child rights crisis: Presentation of the Children's Climate Risk Index*. New York, 2021. Pgs. 13 and 56; CEJIL y Global Action Plan & Kyklos, Amicus Brief: Children's Rights. P. 35 39. UNICEF. *The climate crisis is a child rights crisis: Presentation of the Children's Climate Risk Index*. New York, 2021. Pg. 10 40. Ibid. Pgs. 10 and 54 41. CEJIL y Global Action Plan & Kyklos, Amicus Brief: Children's Rights. Pgs. 3 and 35.

B. Impactos indiretos na saúde de grupos em situação de vulnerabilidade

Além dos efeitos diretos, o metano contribui de maneira substancial para o aquecimento global, exacerbando a mudança do clima. Esse fenômeno gera uma série de impactos indiretos que afetam gravemente a saúde física e mental de grupos vulnerabilizados. As pesquisas mais recentes destacam que o aumento das ondas de calor e das temperaturas extremas eleva a mortalidade infantil e as complicações durante a gestação⁴²; além disso, favorece a propagação de doenças infecciosas transmitidas por vetores, como malária, dengue e zika⁴³. Do mesmo modo, as mudanças climáticas deterioraram os sistemas alimentares e o acesso à água potável, agravando a desnutrição e as doenças diarreicas⁴⁴.

Os efeitos psicológicos da mudança do clima sobre crianças e adolescentes são igualmente alarmantes. Eventos climáticos extremos — como inundações, secas e tempestades — aumentam significativamente a prevalência de transtor-

no de estresse pós-traumático (TEPT), depressão, ansiedade e dificuldades cognitivas⁴⁵. As alterações ambientais de evolução lenta, como o aumento da temperatura e a perda de biodiversidade, também geram ansiedade crônica, depressão e problemas de comportamento⁴⁶. Ademais, consequências indiretas — como deslocamento forçado, interrupções educacionais, desintegração familiar e violência — agravam ainda mais a vulnerabilidade emocional⁴⁷.

Por fim, a exposição constante a informações sobre riscos futuros da mudança do clima induz sentimentos persistentes de desesperança e desamparo, elevando a incidência de transtornos como a ansiedade generalizada e a depressão. Esses efeitos se agravam consideravelmente se a temperatura global ultrapassar o limite crítico de 1,5 °C, uma vez que o fracasso em manter esse patamar é comunicado e percebido como caminho para impactos climáticos muito mais severos e irre-



42. Ibid. Pg. 2 43. Ibid. Pg. 4 44. UNICEF. The climate crisis is a child rights crisis: Presentation of the Children's Climate Risk Index. New York, 2021. Pgs. 10, 11 e 12 45. CEJIL y Global Action Plan & Kyklos, Amicus Brief: Children's Rights. Pgs. 17, 33 e 34 46. Ibid. Pgs. 18, 24 e 34 47. Ibid

versíveis — o que pode intensificar, em crianças e adolescentes, a sensação de um futuro profundamente ameaçado e a angústia diante da inação percebida nas gerações adultas⁴⁸.

Os impactos sobre comunidades e povos indígenas são graves, ainda que frequentemente invisibilizados, a despeito da robustez das evidências disponíveis. A saúde dos povos indígenas — mental, física, espiritual e coletiva — está profundamente vinculada à sua relação com o território e às práticas culturais a ele associadas⁴⁹. A mudança do clima afeta diretamente essa relação essencial, alterando os ciclos climáticos e ecológicos que regem a mobilidade, a alimentação, a caça, a pesca e diversas práticas espirituais e ritualísticas.

Isso repercute na segurança alimentar⁵⁰, gera estresse interpessoal e provoca crises na identidade cultural desses povos⁵¹. A restrição do acesso físico e simbólico ao território produz

sentimentos de perda espiritual e emocional, fragilizando a resiliência comunitária e aumentando a vulnerabilidade a transtornos físicos e psicológicos⁵².

O vínculo com o ambiente natural não é apenas físico, mas também espiritual, cultural e emocional para as comunidades indígenas⁵³. Essa relação profunda é concebida como corpo-território: uma conexão vital em que a terra é também extensão do próprio ser⁵⁴. À medida que a mudança do clima transforma radicalmente esses ambientes, ciclos vitais e celebrações essenciais — como festas agrícolas ou ritos de passagem — são interrompidos, afetando o equilíbrio emocional, a identidade coletiva e a saúde integral⁵⁵. Essa situação eleva os níveis de ansiedade, estresse e depressão decorrentes da ruptura com o território e com as práticas tradicionais⁵⁶, afetando tanto o bem-estar individual quanto o coletivo⁵⁷.

48. Ibid. Pgs. 26 e 27. 49. Ibid. Pgs. 27 e 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. Pgs. 9, 11 e 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. Pgs. 9 e 10; Fundación Saldarriaga Concha. Salud mental en las comunidades indígenas. Disponível em: <https://www.saldarriagaconcha.org/salud-mental-en-las-comunidades-indigenas/>, acesso em: 19 de maio de 2025. 51. Ibid. Pgs. 9, 10, 11 e 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. Disponível em: <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. Pgs. 43, 44, 45 e 106; CEJIL y Global Action Plan & Kyklos, Amicus Brief: Children's Rights. Pgs. 27 e 28; Fundación Saldarriaga Concha. Salud mental en las comunidades indígenas. Disponível em: <https://www.saldarriagaconcha.org/salud-mental-en-las-comunidades-indigenas/>, acesso em: 19 de maio de 2025. 53. Ibid. 54. Ramírez Guzmán, Salud mental y comunidades indígenas. Pgs. 44 e 118. Ramírez Guzmán, Salud mental y comunidades indígenas. Pgs. 44 e 118. 55. Zaldivar, Trinidad, y Martin Inthamoussu. "Patrimonio, cultura y cambio climático." Blog del BID – Sostenibilidad, August 24, 2023. Disponível em: <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/patrimonio-cultura-y-cambio-climatico/>, acesso em: 19 de maio de 2025; ANF, Cambio Climático afecta directamente a rituales ancestrales de los kallawayas. Disponível em: <https://www.noticiasfides.com/nacional/sociedad/cambio-climatico-afecta-directamente-a-rituales-ancestrales-de-los-kallawayas--370793>, acesso em: 21 de maio 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. Disponível em: [https://www.thelancet.com/journals/lanph/article/PIIS2542-5196\(23\)00079-7/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanph/article/PIIS2542-5196(23)00079-7/fulltext), acesso em: 20 de maio 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. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/13634615211066698>, acesso em: 20 de maio de 2025. 57. Ibid.

4.

Riscos de explosão e acidentes



A. Risco de explosões e incêndios

O metano é um gás altamente inflamável que, ao se misturar com o ar em concentrações entre 5% e 15%, pode formar misturas explosivas⁵⁸. Essa característica o torna uma ameaça crítica em espaços confinados, como porões, túneis ou minas subterrâneas, onde sua acumulação inadvertida pode desencadear incêndios súbitos ou explosões devastadoras⁵⁹. Tais eventos não apenas causam perda de vidas humanas, como também provocam danos severos à infraestrutura e ao meio ambiente, o que reforça a necessidade de implementar medidas rigorosas de ventilação e monitoramento em zonas de risco.

58. A. Duda and G. F. Valverde. "Environmental and Safety Risks Related to Methane Emissions in Underground Coal Mine Closure Processes." *Energies*, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/23/6312>, acesso em: 20 de maio 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. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957582020304274?via%3Dihub>, acesso em: 20 de maio de 2025.

B. Perigos em ambientes minerários e industriais

Os ambientes de mineração, especialmente as minas de carvão, enfrentam risco agravado devido à liberação de metano durante as operações de extração⁶⁰

A PRESENÇA DESSE GÁS EM ESPAÇOS FECHADOS



pode deflagrar explosões catastróficas se não for controlada adequadamente por sistemas de ventilação ou por tecnologia de detecção precoce⁶¹. Historicamente, os incidentes relacionados ao metano figuram entre as principais causas de desastres em minas e de paralisações industriais, evidenciando a importância de protocolos de segurança específicos para prevenir tragédias nesses setores.

60. A. Duda and G. F. Valverde. "Environmental and Safety Risks Related to Methane Emissions in Underground Coal Mine Closure Processes." *Energies*, 2020. Disponível em: <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. Disponível em: <https://sciencedirect.com/article/abs/S246801322200048>, acesso em: 18 de maio de 2025

C. Riscos em áreas residenciais

O metano também representa perigo em contextos domésticos, pois pode infiltrar-se em residências por fontes como água subterrânea contaminada ou vazamentos em sistemas de gás natural⁶². Em locais mal ventilados, como porões ou

cômodos fechados, a acumulação de metano eleva significativamente o risco de explosões⁶³. Entretanto, esse risco pode ser mitigado de forma eficaz por meio da instalação de sistemas de ventilação adequados e de dispositivos de detecção de gases, medidas essenciais para proteger a segurança das pessoas em áreas residenciais⁶⁴.

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). Available in: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.1c04707>, date accessed: 20 de maio 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. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1100682108>, acesso em: 20 de maio de 2025 63. Ibid 64. Ibid 65. Ibid

5.

Metano e aterros sanitários



A acumulação de metano em aterros sanitários, especialmente naqueles com deficiência de manejo e administração, pode provocar explosões, colocando em grave risco a vida e a saúde humanas e a infraestrutura do entorno. Esse perigo se agrava quando o gás se concentra em espaços fechados ou mal ventilados no interior ou ao redor dos locais de disposição final.⁶⁵

Além dos riscos de explosão, a acumulação de metano e de outros gases em aterros também pode comprometer a estabilidade estrutural do terreno, elevando a probabilidade de deslizamentos catastróficos. A geração descontrolada de gases de metano, combinada com a acumulação de lixiviados (percolato), pode desestabilizar as encostas dos aterros⁶⁶. A pressão interna gerada na ausência de sistemas adequados de ventilação agrava a instabilidade do terreno, aumentando o risco de deslizamentos e acidentes com consequências, entre outras, para a vida, a saúde e a propriedade.⁶⁷

Esses impactos não ocorrem de forma isolada: atingem de maneira desproporcional comunidades rurais, populações vizinhas a aterros⁶⁶ — que, em muitos países, são de baixos recursos —, migrantes internos ou pessoas deslocadas, assim como grupos historicamente discriminados, que enfrentam maiores riscos e impactos sobre seus direitos humanos⁶⁸.

66. 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. Pgs. 44, 110 e 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. Pgs. 1, 10, 11 e 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. Disponível em : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X18306780?via%3Dihub>, acesso em: 19 de maio de 2025. 67. Ibid 68. Greenpeace Colombia. Estimación de la generación, captura y emisiones de metano del relleno sanitario Doña Juana en Bogotá, Colombia, 2024. Pgs. 7, 8 and 13

6.

Conclusões

As emissões de metano constituem uma grave ameaça ao clima global e à saúde pública, não apenas por sua grande capacidade de acelerar o aquecimento global, mas também por seu papel como precursor do ozônio troposférico, um contaminante atmosférico altamente prejudicial à saúde humana e aos ecossistemas. Por isso, enfrentar as emissões de metano transcende a esfera climática e ambiental e se converte em uma questão crítica de direitos humanos, com implicações diretas sobre o direito à saúde, à vida e ao meio ambiente saudável.

As evidências científicas reunidas neste relatório mostram, de forma clara, que as emissões de metano reduzem substancialmente a segurança alimentar global e aumentam a prevalência de doenças respiratórias, cardiovasculares e neurológicas, comprometendo gravemente a qualidade do ar em contextos urbanos e rurais. Uma redução imediata e significativa dessas emissões poderia evitar centenas de milhares de mortes prematuras por ano, ao mesmo tempo

em que protegeria a produtividade agrícola essencial à subsistência humana.

Importante destacar que a carga desses impactos não é distribuída de maneira equitativa. Povos indígenas, crianças e adolescentes, pessoas idosas e comunidades empobrecidas enfrentam riscos desproporcionais — não apenas físicos, mas também psicológicos e culturais. Essas populações experimentam sequelas emocionais profundas — que vão da ansiedade crônica e do transtorno de estresse pós-traumático à perda de identidade cultural — como resultado da degradação ambiental vinculada à mudança do clima.

Adicionalmente, a natureza inflamável e explosiva do metano o converte em uma fonte crítica de riscos tecnológicos, com potencial para gerar acidentes graves em contextos industriais, residenciais e de mineração. Esse risco é especialmente elevado em locais com gestão ambiental

deficiente, como os aterros sanitários, colocando em perigo vidas humanas e infraestruturas críticas.

Diante dessa realidade cientificamente estabelecida, enfrentar com urgência a crise do metano não é apenas uma prioridade técnica e ambiental, mas também uma obrigação ética e jurídica perante a justiça climática e a dignidade humana. Os principais setores emissores — como o de gestão de resíduos, a indústria de combustíveis fósseis e o setor agropecuário — dispõem de soluções tecnicamente viáveis, de baixo custo e com efeitos imediatos, cuja implementação permitiria reduzir drasticamente as emissões no curto e médio prazo. Assim, agir de forma decidida sobre o metano não apenas protegerá o clima e os ecossistemas, como também contribuirá para a realização efetiva dos direitos humanos, fortalecendo o caminho rumo a um futuro sustentável, justo e digno para todas as comunidades.



Referências Bibliográficas

Adeleye, Bosede Ngozi, Aviral Kumar Tiwari. Empirical assessment of methane emissions, socioeconomic factors, and infant mortality in Europe. 2024. Disponível em: <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. Disponível em: <https://www.noticiasfides.com/nacional/sociedad/cambio-climatico-afecta-directamente-a-rituales-ancestrales-de-los-kallawayas--370793>

Aliança Global para o Clima e a Saúde; Abt Associates. Mitigação do metano: uma estratégia global de saúde — Relatório geral. GCHA, agosto de 2023. Disponível em: <https://climateandhealthalliance.org/wp-content/uploads/2023/09/MethaneReport-Overview-ES.pdf>

Anistia Internacional. Arde a Amazônia, arde o futuro! Jovens ativistas que defendem a Amazônia equatoriana das tochas de gás (“mecheros”) que ameaçam direitos no presente e no futuro. Índice: AMR 28/8280/2024. Agosto de 2024.

Banco Mundial. Global Gas Flaring Tracker Report 2023. Global Gas Flaring Reduction Partnership (GGFR), março 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. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2430242/>, acesso em: 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.

Cabrera Christiansen, Fernando; Cané, Santiago. Radiografía de Vaca Muerta: megaproyecto de energía fósil e fraturamiento hidráulico (fracking) en Argentina. Fundación Heinrich Böll. Disponível em: <https://co.boell.org/es/2020/04/16/radiografia-de-vaca-muerta-megaproyecto-de-energia-fosil-y-fracking-en-argentina>, acesso em: 19 de maio 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. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19297138/>, acesso em: 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 em: <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 es-critas 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 em: https://cor-teidh.or.cr/sitios/observaciones/OC-32/4_kyklos_otros.pdf, acesso em: 10 de maio de 2025.

Climate and Clean Air Coalition (CCAC). Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone. Disponible em: <https://www.ccacoalition.org/en/resources/integrated-assessment-black-carbon-and-tropospheric-ozone>, acesso em: 18 de abril de 2025.

Climate and Clean Air Coalition (CCAC). Contaminantes climáticos de vida corta y salud. Disponible em: <https://www.cca-coalition.org/es/content/short-lived-climate-pollutants-and-health>, acesso em: 10 de maio de 2025.

Climate and Clean Air Coalition (CCAC) Me-tano – Contaminantes Climáticos de Vida Corta. Disponible em: <https://www.ccacoalition.org/es/short-lived-climate-pollutants/methane>, acesso em: 10 de maio de 2025

Climate and Clean Air Coalition (CCAC) Ozono troposférico – Contaminantes climáticos de vida corta. Disponible em: <https://www.ccacoalition.org/es/short-lived-climate-pollutants/tropo-spheric-ozone>, acesso em: 19 de maio de 2025.

Climate and Clean Air Coalition (CCAC). Time to Act to Reduce Short-Lived Cli-mate Pollutants. Disponible em: <https://www.ccacoalition.org/en/resources/ti-me-act-reduce-short-lived-climate-pollu-tants>, acesso em: 23 de março 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 em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/23/6312>

Fundación Saldarriaga Concha. Salud mental en las comunidades indígenas. Disponible em: <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 em: <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 em: : [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 em: <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 em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/9efb310e-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 em: <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. Available at: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/13634615211066698>

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 em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090123223002266?via%3Dihub>

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. August 2024. Disponible em: <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, 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 em: <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. Disponível em: <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. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3385429/>, acesso em: 16 de maio 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. Disponível em: [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. Disponível em: <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. Disponível em: : <https://sciendo.com/article/10.30657/pea.2022.28.48>

Proville, Jeremy, Katherine A. Roberts, Adam Peltz, Lisa Watkins, Elizabeth Trask and Dustin Wiersma. "The Demographic Characteristics of Populations Living Near Oil and Gas Wells in the USA." Population and Environment, 44 (2022): 1-14. Disponível em: 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. Disponível em: <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 Climate and Atmospheric Science 5, 21 (2022). Disponível em: <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, no. 3, 2024, e2023GH000938. American Geophysical Union / Wiley.

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

UNICEF. The climate crisis is a child rights crisis: Presentation of the Children's Climate Risk Index. New York, 2021.

United Nations Environment Programme and Climate and Clean Air Coalition. Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions. Nairobi: UNEP, 2021. Disponível em: <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. Disponível em: 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. Disponível em: <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. Disponível em: <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. Disponível em: <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. Disponível em: <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. Disponível em: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/368432/9789240047693-eng.pdf?sequence=1>

World Health Organization (WHO). Ambient (outdoor) air quality and health. Disponível em: [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), acesso em: 19 de maio de 2025.

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

World Health Organization (WHO). Billions of people still breathe unhealthy air: new WHO data, 2022. Disponível em: <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-and-health/health-impacts/types-of-pollutants>,

World Health Organization (WHO). Types of pollutants and their health impacts. Disponível em: <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-and-health/health-impacts/types-of-pollutants>, acesso em: 19 de maio 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. Disponível em: : [https://link](https://link.springer.com/article/10.1007/s12517-022-10151-0)

[springer.com/article/10.1007/s12517-022-10151-0](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, August 24, 2023. Disponível em: <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/patrimonio-cultura-y-cambio-climatico/>.

Fontes de referência:

Centro pela Justiça e o Direito Internacional (CEJIL): <https://cejil.org/en/>

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

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

Climate and Clean Air Coalition. (CCAC): <https://www.ccacoalition.org/>

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

