

TENDENCIAS GLOBALES DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO: UN ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ÚLTIMO DECENIO

GLOBAL TRENDS IN GREENHOUSE GAS EMISSIONS: A STATISTICAL ANALYSIS OF THE LAST DECADE

Jorge Washington Carrasco Barrionuevo^{1*}, Guido Geovanny Logroño Alarcón², Verónica Magdalena Llangarí Arellano³, Goering Octavio Zambrano Cárdenas⁴

{jorge.carrasco@esPOCH.edu.ec¹, guido.logronio@esPOCH.edu.ec², verollangari@yahoo.es³, goering.zambrano@esPOCH.edu.ec⁴}

Fecha de recepción: 10 de julio de 2024

/ Fecha de aceptación: 1 de agosto de 2024

/ Fecha de publicación: 26 de agosto de 2024

RESUMEN: El calentamiento global antropogénico continúa intensificándose debido al aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono, metano y óxido nitroso. Analizar las tendencias recientes de estas emisiones es crucial para implementar acciones de mitigación efectivas, la investigación tiene como objetivo evaluar las tendencias globales en las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O durante el período 2014-2024, identificando los principales sectores y fuentes de emisión, así como proyecciones futuras bajo diferentes escenarios, el artículo se basó en una revisión bibliográfica y análisis de bases de datos reconocidas, y tesis, sobre la emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI), dando como resultado que las emisiones globales de CO₂ aumentaron 2.3%, impulsadas por la generación eléctrica no limpia, transporte e industria en países como China, Estados Unidos e India. Las emisiones de CH₄ crecieron 0.8% anual, con la agricultura y generación de energía como principales fuentes. Las emisiones de N₂O se incrementó 2.4% anual, vinculadas al uso de fertilizantes de las actividades de producción alimentaria y procesos ligados con la industrialización. Se proyecta que todas las emisiones en este estudio continúen creciendo hasta el año 2030. Las emisiones globales de GEI mantienen una tendencia creciente pese a los esfuerzos de mitigación, control y sensibilización de los actores involucrados, por lo que, es urgente implementar medidas ambiciosas de carácter eruptivo en sectores clave, como energías limpias de bajo impacto ambiental, transporte sostenible, agricultura e industria verde, para cumplir las metas climáticas emitidas en los acuerdos internacionales caso particular en el Acuerdo de París. La transición de tecnologías de bajo impacto ambiental sumadas a los cambios en patrones de consumo y producción son indispensable para cumplir con la agenda del nuevo milenio 2030.

¹Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, <https://orcid.org/0009-0001-7663-4179>

²Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, <https://orcid.org/0009-0002-3370-6854>

³Investigador independiente, <https://orcid.org/0000-0003-3134-0510>

⁴Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, <https://orcid.org/0000-0001-6975-8539>

Palabras clave: Gases de efecto invernadero, acuerdo de Paris, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, enfoque estadístico

ABSTRACT: Anthropogenic global warming continues to intensify due to increases in emissions of greenhouse gases such as carbon dioxide, methane and nitrous oxide. Analyzing the recent trends of these emissions is crucial to implement effective mitigation actions, the research aims to evaluate global trends in CO₂, CH₄ and N₂O emissions during the period 2014-2024, identifying the main sectors and emission sources, as well as future projections under different scenarios, the article was based on a bibliographic review and analysis of recognized databases, thesis, on greenhouse gas (GHG) emissions, resulting in global CO₂ emissions increasing by 2.3 %, driven by non-clean electricity generation, transportation and industry in countries such as China, the United States and India. CH₄ emissions grew 0.8% annually, with agriculture and energy generation as the main sources. N₂O emissions increased 2.4% annually, linked to the use of fertilizers from food production activities and processes linked to industrialization. All emissions in this study are projected to continue growing until 2030. Global GHG emissions maintain an increasing trend despite the mitigation, control and awareness efforts of the actors involved, therefore, it is urgent to implement ambitious mitigation measures. eruptive nature in key sectors such as clean energy with low environmental impact, sustainable transportation, agriculture and green industry, to meet the climate goals issued in international agreements, particular case in the Paris Agreement. The transition the technologies with low environmental impact added to changes in consumption and production patterns are essential to comply with the agenda of the new millennium 2030.

Keywords: Greenhouse gases, Paris agreement, carbon dioxide, methane, nitrous oxide, statistical approach

INTRODUCCIÓN

La crisis ambiental producto de las acciones antrópicas continúan intensificándose para este decenio, debido principalmente incremento de las emisiones de (GEI) como: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). (1) Las concentraciones atmosféricas de estos GEI se encuentran en niveles sin precedentes, superando las 410 ppm de CO₂ en 2019 (2). Se estima estadísticamente que las emisiones globales de CO₂ por combustión de combustibles fósiles e industriales crecieron un 1.5% anual. (3) Por otro lado las emisiones de los sectores agrícolas y pecuarias que incluyen el cambio del uso del suelo contribuyen con un aumento de un 1.3% anual de CH₄ y N₂O.

(4) Esta acción ha provocado un incremento de aproximadamente 0.2°C en la temperatura media global entre 2014 y 2024. (5) Evaluar las tendencias recientes en las emisiones globales de GEI y sus fuentes naturales, antrópicas y económicos es crucial para diseñar e implementar acciones que permitan cumplir las metas del Acuerdo de París y evitar los impactos del calentamiento global, por lo que el objeto del estudio bibliométrico analiza las tendencias de las emisiones

globales de CO₂, CH₄ y N₂O durante el periodo de tiempo 2014-2024, los sectores y actividades determinantes, y las proyecciones futuras bajo diferentes escenarios de mitigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación analizo exhaustiva documentos de carácter científico que cuestionan las tendencias en las emisiones globales de GEI, entre el periodo 2014 y 2024. La búsqueda de la información se lo realizó en repositorios académicos de Institutos de Educación Superior (IES) y bases de datos de renombre como: Scielo, Google Académico, Redalyc. Se utilizaron palabras clave como “gases de efecto invernadero”, “óxido nitroso”, “metano”, y “dióxido de carbono”. Se seleccionaron estudios de instituciones reconocidas que cumplían tres criterios de inclusión:

- a.- Análisis de series de tiempo de emisiones globales de 2014 – 2024.
- b.- Cobertura de CO₂, CH₄ y N₂O, y
- c.- Discusión de tendencias y factores determinantes. Aquellas investigaciones que no cumplían estos criterios fueron excluidas.

La extracción de la información de la documentación científica recopilada se lo realizó mediante revisión sistemática, registrando las cifras de emisiones, fuentes de datos, análisis estadísticos y conclusiones sobre tendencias y factores determinantes. Inicialmente se focalizaron 554 documentos científicos en un primer filtrado de la información en la base de datos de documentación bibliométrica, posteriormente se procedió a anexar la palabra clave “enfoque estadístico” localizándose n=33 documentos finales para su revisión en relación con su título de la investigación, palabras clave y resumen. Los datos de las diversas investigaciones se integraron y analizaron en conjunto para obtener una visión robusta de las tendencias globales en el periodo estudiado. Las limitaciones incluyen la posible variabilidad entre estudios y sesgos en la selección de sus datos.

Complementando el análisis de acuerdo con datos de los fundamentos del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y la CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMATICO (CMNUCC) adoptado en la cumbre de la tierra en Rio de Janeiro en 1992, sobre series de tiempo de emisiones de GEI, que implica recopilación, sistematización y análisis de datos de fuentes y sumideros de gases como CO₂, CH₄ y N₂O, según guías del IPCC. El análisis de series de tiempo permite evaluar la evolución histórica de las emisiones e identificar tendencias futuras mediante proyecciones de cambio climático (CC) (6).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Emisiones globales de CO₂

Las emisiones globales de CO₂ por combustión de combustibles fósiles e industria aumentaron de 32,381 millones de toneladas métricas en 2014 a 36,444 millones en 2019, con una tasa media

de crecimiento de 2.3% anual. Por regiones, China representó el 27% de las emisiones globales en 2019 con 9,877 millones de toneladas de CO₂. Le sigue Estados Unidos con 13.5% (4,905 millones de toneladas), la Unión Europea con 8.7% (3,151 millones de toneladas) e India con 7.3% (2,655 millones de toneladas). (8) Como se observa en la figura 1. China ha mostrado un rápido incremento en sus emisiones debido a su acelerada industrialización y urbanización en las últimas décadas. Por el contrario, en Estados Unidos se observa una leve tendencia a la baja en las emisiones de CO₂ desde 2005, cuando alcanzó su pico máximo de emisiones (9).

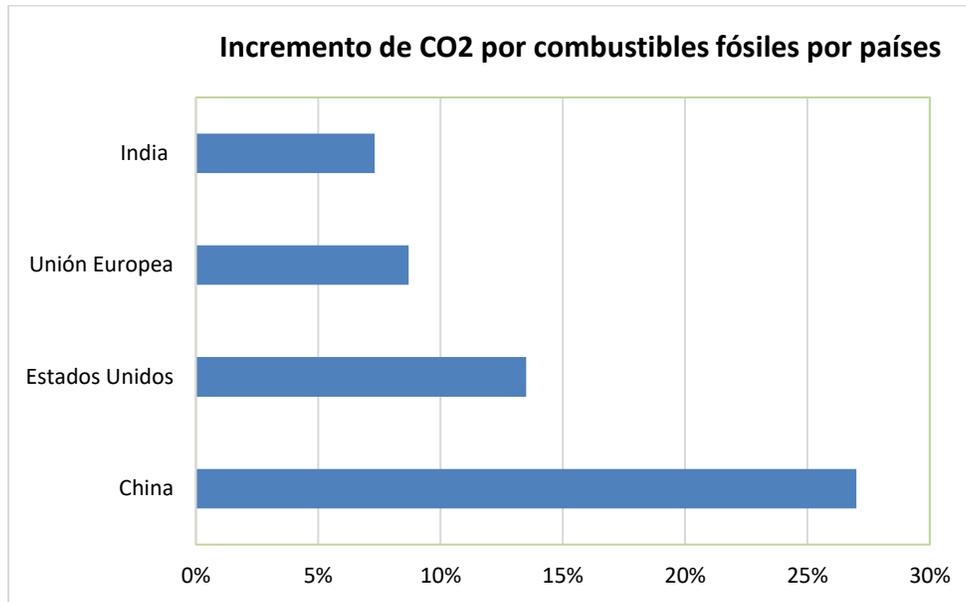


Figura 1. Incremento de emisión de CO₂, por países en porcentaje desde el año 2019 – 2024.

Dentro de la Unión Europea, los mayores emisores en 2019 fueron Alemania con 18.5% del total regional (583 millones de toneladas), Reino Unido con 10.7% (335 millones de toneladas), Italia con 10.5% (329 millones de toneladas) y Francia con 10.3% (325 millones de toneladas) (10). Entre 2005 y 2019, las emisiones de la UE-28 se redujeron en un 3.8%, principalmente por transiciones energéticas en el sector eléctrico de países como Alemania y Reino Unido. Por sectores económicos a nivel global, la generación eléctrica y calefacción contribuyó con 41% de las emisiones globales de CO₂ en 2019. El transporte representó 15.9%, la industria 15.6%, la construcción 6.4%, el sector residencial 5.9% y la agricultura 5.2% (11). Desde 2014, los sectores que más han incrementado sus emisiones en términos absolutos son la industria (+843 millones de toneladas), la construcción (+497 millones de toneladas) y el transporte (+488 millones de toneladas) (12).

En cuanto a las fuentes de generación eléctrica, el carbón representó el 36.7% de las emisiones del sector en 2019, seguido por el gas natural con 23.5% y el petróleo con 9.3% (13). Las energías renovables como la solar, eólica e hidroeléctrica ya aportan el 8.6% de la electricidad mundial con escasas emisiones de CO₂. Se proyecta que las emisiones globales de CO₂ por combustión de combustibles fósiles e industria continúen aumentando a una tasa de 1.3% anual bajo un

escenario de políticas actuales, llegando a 43,069 millones de toneladas en 2030 (14). Sin embargo, bajo los escenarios de mitigación para lograr las metas del Acuerdo de París, las emisiones globales de CO₂ deberían alcanzar su punto máximo antes de 2025 y reducirse en un 45% aproximadamente para 2030 en comparación con los niveles de 2010 (15). Esto requeriría fuertes reducciones en el uso del carbón y expansión acelerada de fuentes renovables.

Emisiones globales de CH₄

El metano (CH₄) es un potente gas de efecto invernadero, con un potencial de calentamiento global 28 veces mayor que el CO₂ en un horizonte de 100 años. Tiene múltiples fuentes naturales y antropogénicas(16). Entre las fuentes naturales se encuentran los humedales, termitas, océanos y lagos. Las principales fuentes antropogénicas son la agricultura (cultivo de arroz, cebada, trigo y la ganadería extensiva), la extracción y distribución de gas y petróleo, los vertederos de residuos municipales y la quema de biomasa a cielo abierto. Por otro lado, en la década anterior, la agricultura intensiva de monocultivo de productos de exportación representó la mayor fuente de emisiones antropogénicas de CH₄ a nivel global, contribuyendo con el 38.3% del total(17). Dentro de la agricultura, la fermentación entérica del ganado vacuno generó el 21.2% de las emisiones globales de CH₄ y el cultivo de arroz por inundado de terrenos cultivados aportó 9.5%, gestión del estiércol 9%, quema de residuos 6% y otros 4% (18). Como se aprecia en la Figura 2.

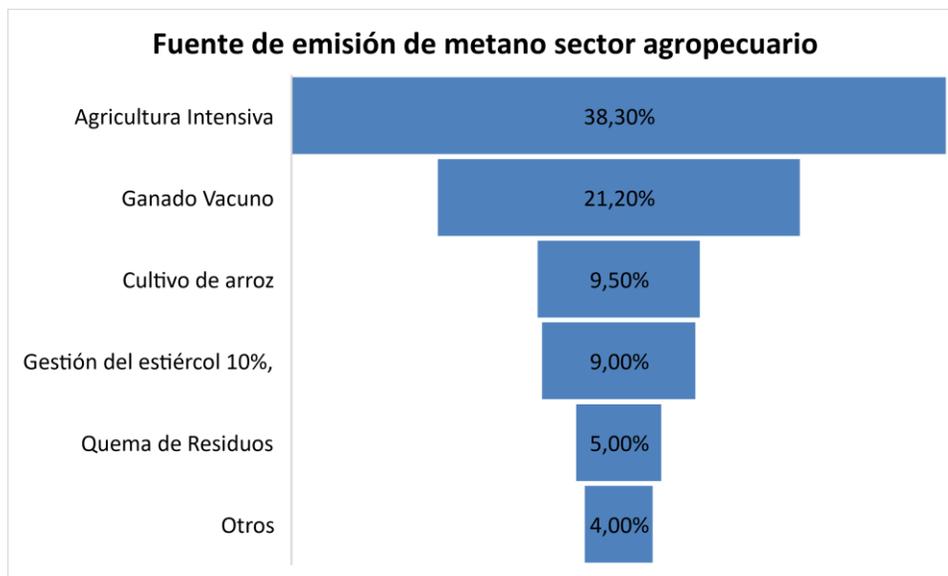


Figura 2. Emisión de metano por actividad agropecuaria.

El sector de energía también es una fuente importante de metano, representando 19.4% de las emisiones globales en 2019 (19). Las principales actividades emisoras dentro de este sector son la extracción y distribución de gas y petróleo (10.4% del total global) y la quema de biomasa como leña y residuos agrícolas (6.7%) (20). Los desechos generaron 17.7% de las emisiones globales de CH₄ en 2019, principalmente por la descomposición de materia orgánica en rellenos sanitarios (21). Las emisiones globales totales de CH₄ registraron un aumento de 328 millones de toneladas métricas en 2014 a 339 millones en 2019, según las estimaciones de la FAO. Esto representa una

tasa promedio de crecimiento de 0.8% anual, menor al incremento de 1.5% anual en las emisiones globales de CO₂ en el mismo periodo (22). Por regiones, Asia concentró la mayor proporción de emisiones de CH₄ con 55% del total global en 2019, principalmente por las emisiones del sector agrícola en China, India y países del sureste asiático, le siguió América del Norte con 18% debido a emisiones de la industria de gas y petróleo, América Latina con 15% por la agricultura ganadera, África con el 8% por la agricultura también, Europa con 3% y Oceanía con 1% en 2019(23). Como se observa en la Figura 3.

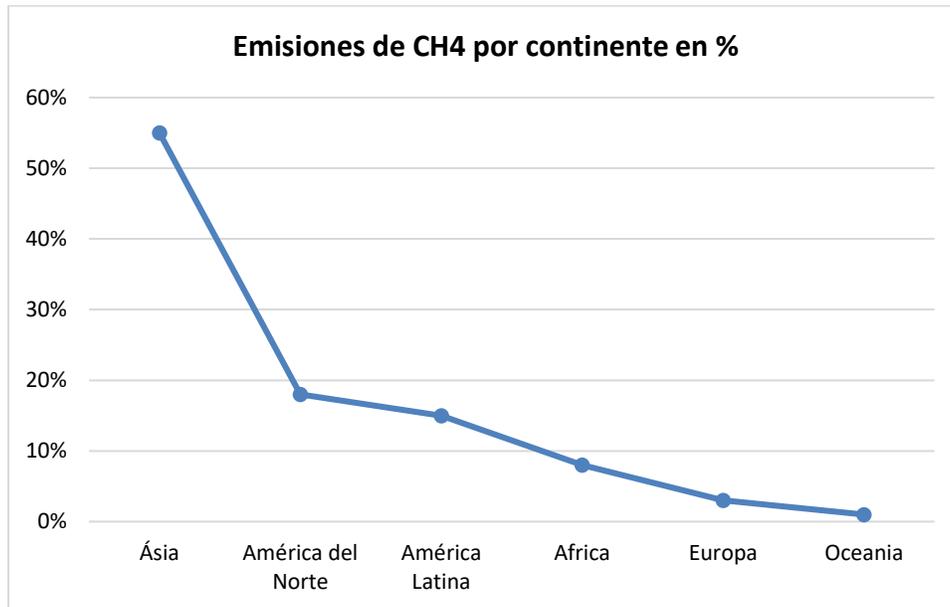


Figura 3. Emisión de metano en porcentaje por continentes.

Bajo un escenario tendencial de mediano plazo, se estima que las emisiones globales de CH₄ lleguen a 369 millones de toneladas métricas en 2030, con crecientes aportes de los sectores de agricultura, ganadería y generación de residuos, pero bajo escenarios de mitigación en línea con el Acuerdo de París, se proyecta una reducción de las emisiones de metano en aproximadamente un 45% para 2030 en comparación con los niveles de 2010, mediante cambios tecnológicos en los sectores agrícola y de residuos (24). La implementación de tecnologías como la captura y oxidación de CH₄ en rellenos sanitarios y granjas, y dietas alternativas para el ganado, podrían reducir significativamente las proyecciones tendenciales de esta importante fuente de gases de efecto invernadero (25).

Emisiones globales de N₂O

El N₂O, es un poderoso gas de efecto invernadero, con un potencial de calentamiento global 265-298 veces mayor que el CO₂ para un horizonte de 100 años.(26) Se genera naturalmente en los suelos y océanos, pero las actividades humanas han aumentado drásticamente sus concentraciones atmosféricas, alrededor del 79% de las emisiones antropogénicas de N₂O provienen del sector agrícola, principalmente por el uso de fertilizantes sintéticos nitrogenados y estiércol animal en los suelos agrícolas, el nitrógeno en estos fertilizantes se transforma por procesos microbianos en N₂O y se libera a la atmósfera.(27) Adicionalmente, el 7.8% de las

emisiones globales de N₂O se generan en actividades de deforestación y conversión de pastizales, por la perturbación de los suelos (28).

Otras fuentes importantes son los procesos industriales como la producción de ácido nítrico y ácido adípico, que contribuyeron con el 7.7% de las emisiones globales de N₂O en 2019, el tratamiento de aguas residuales generó el 3.1% de las emisiones debido a la degradación de nitrógeno orgánico(29). La quema de combustibles fósiles y biomasa aportaron el 1.7% del N₂O antropogénico(30). Las emisiones globales totales de N₂O aumentaron de 6.5 millones de toneladas métricas en 2014 a 7.3 millones en 2019, con una tasa media de crecimiento de 2.4% anual, del total de emisiones en 2019, el 60% provino de Asia debido al uso de fertilizantes en países como China, India y sureste asiático, le siguieron las Américas con 16% de las emisiones globales, África con 10%, Europa con 7% y Oceanía con 0.4% ese año (31). Figura 4.

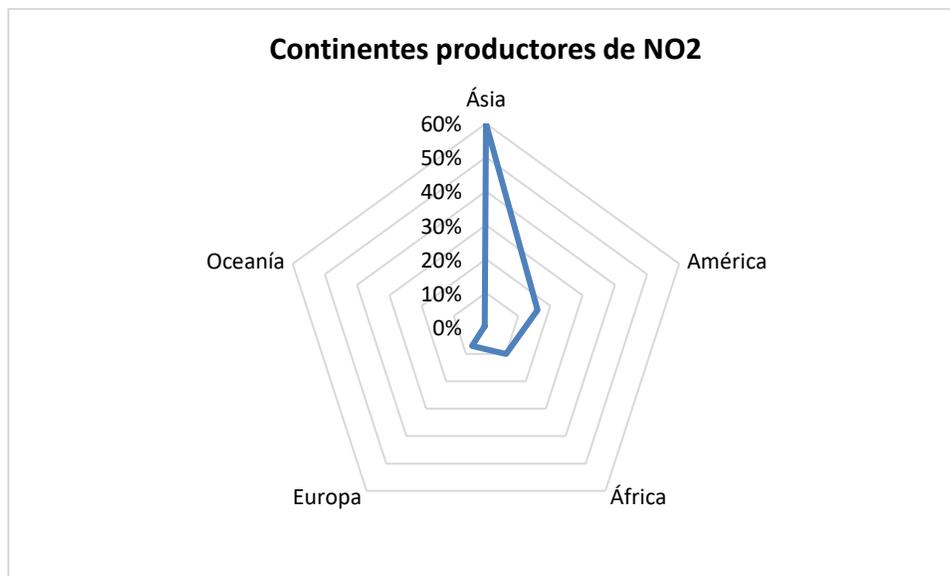


Figura 4. Continentes que emiten % de NO₂.

De mantenerse las tendencias actuales, se proyecta que las emisiones globales de N₂O lleguen a 8.7 millones de toneladas métricas en 2030, impulsadas por el crecimiento en el uso de fertilizantes nitrogenados (32) sin embargo, bajo escenarios de mitigación en línea con el Acuerdo de París, se esperaría una reducción de aproximadamente el 20% en las emisiones para 2030 en comparación con 2010, esto requeriría mejoras en la eficiencia del uso de fertilizantes, dietas de menor contenido proteico, y control de emisiones en efluentes industriales (33).

Impacto de los GEI en el cambio climático

(34) describe que el aumento de las concentraciones atmosféricas de los gases de efecto invernadero CO₂, CH₄ y N₂O a niveles sin precedentes está ejerciendo un forzamiento radiactivo positivo sobre el sistema climático terrestre, contribuyendo al calentamiento global observado, el CO₂ es el principal gas de efecto invernadero antropogénico. Sus niveles en la atmósfera han

aumentado de 280 ppm en la era preindustrial a 419 ppm en 2021, principalmente por la quema de combustibles fósiles y la deforestación.

El CH₄, pese a tener una vida atmosférica más corta que el CO₂, tiene un potencial de calentamiento global 28 veces mayor en un horizonte de 100 años. Sus niveles han aumentado de 722 ppb en la era preindustrial a 1893 ppb en 2021 debido a actividades agrícolas, energéticas y desechos (35). El N₂O tiene un potencial de calentamiento 273 veces superior al CO₂ y sus niveles aumentaron de 270 ppb a 335 ppb en el mismo periodo, principalmente por el uso de fertilizantes.

La combinación del forzamiento radiactivo de estos GEI y otros factores como los aerosoles, ha llevado a un calentamiento global de aproximadamente 1.1°C por encima de los niveles preindustriales. Este calentamiento ya está causando impactos observables, como el deshielo de glaciares y casquetes polares, aumento del nivel del mar, alteración de patrones climáticos, acidificación de los océanos, y mayores frecuencias de fenómenos meteorológicos extremos. Se estima que un calentamiento de 2°C o más por encima de los niveles preindustriales tendría efectos catastróficos e irreversibles sobre los ecosistemas y la sociedad humana (36).

Por ello, el Acuerdo de París establece la meta de limitar el calentamiento global muy por debajo de 2°C, idealmente 1.5°C, para lo cual se requiere una reducción drástica de las emisiones de GEI en las próximas décadas. Mitigar las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O en los sectores energético, agrícola, transporte, residuos e industrial es fundamental para cumplir las metas climáticas. De continuar las tendencias crecientes actuales, se superarían los niveles de emisiones consistentes con un calentamiento de 1.5°C o 2°C, exacerbando los impactos adversos del cambio climático (37).

CONCLUSIONES

El análisis de las tendencias de emisiones globales de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) durante el período 2014-2024 revela una situación preocupante. A pesar de los esfuerzos internacionales por mitigar el cambio climático, las emisiones de estos potentes gases de efecto invernadero han continuado aumentando en la última década, las emisiones de CO₂ por quema de combustibles fósiles y procesos industriales crecieron a una tasa promedio anual del 2.3% entre 2014 y 2019, impulsadas principalmente por la generación eléctrica, transporte e industria en naciones como China, Estados Unidos, India y la Unión Europea, este ritmo de crecimiento pone en riesgo el cumplimiento de las metas del Acuerdo de París.

Por su parte, las emisiones de CH₄ se incrementaron 0.8% anual en el mismo período, con la agricultura y el sector energético como principales fuentes emisoras. Las emisiones de N₂O aumentaron a una tasa de 2.4% anual, vinculadas al uso intensivo de fertilizantes nitrogenados y ciertos procesos industriales, de mantenerse las tendencias actuales, las proyecciones indican que las emisiones globales de estos tres GEI continuarán su senda creciente hasta al menos 2030 bajo un escenario de políticas climáticas status quo. Esto agravaría aún más el calentamiento global antropogénico y sus impactos conexos.

Es imperativo implementar medidas urgentes y ambiciosas de mitigación en sectores clave como la generación de energía, transporte, agricultura, ganadería, industria y gestión de residuos, una transición acelerada hacia fuentes renovables, electrificación del transporte, mejoras en eficiencia energética, agricultura sostenible, captura de emisiones y cambios en patrones de consumo son acciones prioritarias, los compromisos climáticos actuales de los países son insuficientes para evitar un calentamiento superior a 2°C respecto a niveles preindustriales. Se requieren reducciones sustanciales en las emisiones de GEI en esta década y lograr emisiones netas cero hacia mediados de siglo para mitigar el cambio climático, el futuro depende de la voluntad política, innovación tecnológica y un cambio de paradigma hacia un desarrollo sostenible a escala global.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. VICUÑA S. Inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero. Un análisis para Chile, El Salvador, México y el Uruguay. Serie estudios del cambio climático en América Latina. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas. 2014.
2. Caballero M, Lozano S, Ortega B. Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. Revista digital universitaria. 2007;8(10):1-2. <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/int78.htm>
3. Orizaola M. Una visión Global del Efecto Invernadero. Grado de maestro en educación primaria, Universidad de Cantabria, Cantabria, España. 2017.
4. Cordero GD. El cambio climático. Ciencia y sociedad. 2012;37(2):227-40. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87024179004>
5. Saynes Santillán V, Etchevers Barra JD, Paz Pellat F, Alvarado Cárdenas LO. Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas agrícolas de México. Terra Latinoamericana. 2016 Mar;34(1):83-96.
6. Susunaga-Miranda MA, Ortiz-Muñiz B, Estévez-Garrido BM, Susunaga-Estévez RM, Díaz-González M, Castellanos-Onorio OP. Greenhouse Gas emissions from the Abandoned Solid Waste Final Disposal Site of the City of Veracruz, Mexico. Enfoque UTE. 2023 Dec;14(4):1-6. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.988>
7. Ordoñez-Vargas WF, Posada-Ochoa SL, Rosero-Noguera R. Emisiones de gases de efecto invernadero por aplicación de excrementos bovinos al suelo. Información tecnológica. 2023 Feb;34(1):101-16. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642023000100101>
8. Grijalva Endara AD, Heinert ME, Solórzano HX. Contaminación del agua y aire por agentes químicos. Recimundo. 2020 Oct 10;4(4):79-93. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(4\).octubre.2020.79-93](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(4).octubre.2020.79-93)
9. Sierra-Ramírez E, Andrade-Castañeda HJ, Segura-Madrigal MA. Impacto de las características de los hogares urbanos en las emisiones de gases de efecto invernadero en Ibagué, Colombia. Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación. 2022 Dec;12(2):293-304. <https://doi.org/10.19053/20278306.v12.n2.2022.15272>
10. Bautista J, Sierra Y, Bermeo JF. Greenhouse Gas Emissions in Higher Education Institutions. Producción+ Limpia. 2022 Jun;17(1):169-86. <https://doi.org/10.22507/PML.V17N1A10>

11. Santiago-Lastra JA, López-Carmona ML, López-Mendoza S. Tendencias del cambio climático global y los eventos extremos asociados. *Revista Ra Ximhai*. 2008 Dec 30;4(3):625-33.
12. Ruiz Nápoles P, Castañeda León J, Moreno Reyes E. Greenhouse gas emissions in the Mexican economy and mitigation policies, 2020-2030. *El trimestre económico*. 2023 Jun;90(358):531-51. <https://doi.org/10.20430/ete.v90i358.1662>
13. Álvarez-Bravo A, Salazar-García S, Ruiz-Corral JA, Medina-García G. Escenarios de cómo el cambio climático modificará las zonas productoras de aguacate 'Hass' en Michoacán. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 2017 Dec;8(SPE19):4035-48. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i19.671>
14. Vargas-Ayala A, Tucto-Cueva E, Luna DM, Chávez OR, Nazario-Ramirez M. Caracterización de residuos sólidos universitarios y estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en dos alternativas de gestión. *South Sustainability*. 2022 Jul 18;3(2):e059-. <https://doi.org/10.21142/ss-0302-2022-e059>
15. Campillo Meseguer A. Las fronteras del aire: cambio climático, migraciones y justicia global. *Daimon* [Internet]. 29 de septiembre de 2022 .2024;7:(87):65-81. <https://doi.org/10.6018/daimon.524321>
16. Torres Ramos LK, Bustinza NC, Gonzales JL. Huella de carbono y los conocimientos, actitudes y prácticas de los estudiantes y personal del nivel secundario sobre emisiones de gases de efecto invernadero. *Apuntes Universitarios*. 2017 Sep 25;7(2):54-63. <https://doi.org/10.17162/au.v7i2.171>
17. Díaz-Archundia LV, Buenrostro-Delgado O, Mañón-Salas MD, Hernández-Berriel MD. Greenhouse Gases Emission from two Disposal Sites of Municipal Solid Wastes in Mexico. *Ingeniería, investigación y tecnología*. 2017 Jun;18(2):149-59.
18. Álvarez A. El cambio climático y la producción animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 2014;48(1):7-10. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193030122004>
19. Galindo LM, Alatorre JE, Ferrer J. Modelo econométrico estructural de emisiones de gases de efecto invernadero y cambio climático para América Latina y el Caribe. Santiago (Chile): Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL); 2023. <https://bvearmb.do/handle/123456789/4386>
20. Soriano-Robles R. Cambio climático y ganadería: El papel de la agroforestería. *Agro Productividad*. 2018 Mar 26;11(2). <https://mail.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/122>
21. Sosa-Rodrigues BA, García-Vivas YS. Emission of greenhouse gases in the soil under the green manure effect. *Agronomía Mesoamericana*. 2019 Dec;30(3):767-82. <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.36103>
22. Acosta MJ, Marin R, Morales MA, Fallas MF. Cuantificación de gases de efecto invernadero en la Sede de Occidente de la Universidad de Costa Rica. *Posgrado y Sociedad Revista Electrónica del Sistema de Estudios de Posgrado*. 2017 Jun 30;15(1):69-77.
23. Contreras-Santos JL, Martínez-Atencia J, Raghavan B, Lopez-Rebolledo L, Garrido-Pineda J. Silvopastoral systems: Mitigation of greenhouse gases in the Tropical Dry Forest-Colombia. *Agronomía Mesoamericana*. 2021 Dec;32(3):901-19. <https://doi.org/10.15517/AM.V32I3.43313>

24. MANRIQUE CE, REYES-GARCÍA CA, CARRILLO-NIQUETE GE. La expansión urbana de Mérida, la de Yucatán, México y su contribución. Centro. 2021 Dec 2;13:232-8.http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/
25. Israel da Silva VI, Martin FD. Soberanía alimentaria y cambio climático. www.ipcc.org.
26. Seguido AF, Vera JR. La percepción de los futuros docentes de Educación Secundaria sobre las implicaciones territoriales del cambio climático en destinos turísticos del litoral mediterráneo. GRAN TOUR, REVISTA DE INVESTIGACIONES TURÍSTICAS. 2021 Jul 29(23).
27. Hernández G. Emissions of greenhouse gases and key sectors in Colombia. El trimestre económico. 2021 Jun;88(350):523-50. <https://doi.org/10.20430/ETE.V88I350.857>
28. Nieto MI, Guzmán ML, Steinaker D. Emisiones de gases de efecto invernadero: simulación de un sistema ganadero de carne típico de la región central Argentina. RIA. Revista de investigaciones agropecuarias. 2014 Apr;40(1):92-101.
29. Chazarin F, Locatelli B, Garay-Rodríguez M. Mitigación en la selva, adaptación en la sierra y la costa: ¿ Oportunidades perdidas de sinergias frente al cambio climático en Perú?. Ambiente y Desarrollo. 2014 Jul 1;18(35):95-106. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.AyD18-35.msa>
30. Faverin C, Gratton R, Machado CF. Greenhouse gas emissions in pasture-based beef cattle production systems. A review. <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rapa/article/view/7634/6845>
31. Cantos JO. Clima, cambio climático y riesgos climáticos en el litoral mediterráneo: Oportunidades para la geografía. Documents d'anàlisi geogràfica. 2020;66(1):159-82.
32. González-Estrada A, Camacho Amador M. Emisión de gases de efecto invernadero de la fertilización nitrogenada en México. Revista mexicana de ciencias agrícolas. 2017 Dec;8(8):1733-45. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i8.698>
33. Orjuela Martínez C, Bernal Gamba LN, Cifuentes Castelblanco DC. Cambio climático y competitividad turística en las regiones de Colombia (Climate Change and Tourist Competitiveness in the Regions of Colombia). Turismo y Sociedad. 2021 Jul 28;29. <https://doi.org/10.18601/01207555.n29.02>
34. Andrade-Castañeda, H. J., Arteaga-Céspedes, C. C., & Segura-Madrugal, M. A. (2017). Emisión de gases de efecto invernadero por uso de combustibles fósiles en Ibagué, Tolima (Colombia). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(1), 103–112. https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num1_art:561
35. Simancas Cruz MR, Hernández Martín R, Padrón Fumero N. *Turismo pos-COVID-19: Reflexiones, retos y oportunidades*. Cátedra de Turismo CajaCanarias-Ashotel de la Universidad de La Laguna. <https://doi.org/10.25145/b.Turismopos-COVID-19.2020>
36. Lucas Garín A. Novedades del sistema de protección internacional de cambio climático: El Acuerdo de París. Estudios internacionales (Santiago). 2017 Jan;49(186):137-67. <http://dx.doi.org/10.5354/0719-3769.2017.45222>
37. Choque MP. Cambio climático y desarrollo sostenible. Revista Latinoamericana Ogmios. 2021 Jun 24;1(1):82-90. <https://doi.org/10.53595/rlo.2021.1.008>