

Tendencias Globales de Emisiones de CO₂: Un Análisis Exploratorio Integrado Utilizando Python y Visualización de Datos

Gabriel E. Huck, Lucas A. Gomez Peña, Alejandro M. Grosso (grupo 25)

Resumen

Este estudio aborda la relevancia global de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y su preocupante aumento, relacionándolo con la actividad industrial, la agricultura, el transporte y la generación de energía. Los resultados revelan patrones históricos de emisiones globales, mostrando disminuciones notables en 1995, 2009 y 2015-2020, y aumentos marcados en 2000-2006 y 2009-2010. Se identifican los 10 principales países emisores per cápita, con Qatar liderando la lista. La discusión destaca la influencia de factores socioeconómicos y muestra tendencias específicas de algunos países, como China convirtiéndose en el mayor emisor desde 2005. En conclusión, el análisis proporciona una visión detallada de las emisiones de CO₂ a nivel mundial, destacando la influencia de eventos clave como la pandemia de COVID-19 que afectó positivamente las emisiones en 2020.

keywords: carbon emission, research trends, global research

Introducción

Las emisiones de dióxido de carbono (de ahora en más CO₂) a nivel mundial son un fenómeno de gran relevancia y preocupación en la actualidad (Udara Wilhelm Abeydeera et al., 2019). A medida que la actividad industrial (principalmente la producción de cemento), las actividades agropecuarias, el transporte y la generación de energía han experimentado un crecimiento significativo en las últimas décadas, las emisiones de CO₂ han alcanzado niveles históricos (Nunes, L.J.R., 2023). La situación se agrava aún más cuando tiene lugar la deforestación y/o quema de bosques nativos o selvas con el fin de sustituirlos por monocultivos. Esto no sólo acelera la pérdida de la biodiversidad, sino que también contribuye significativamente a la desertificación, despojando a la Tierra de una parte sustancial de sus sumideros naturales de carbono (Ometto, J.P. et al., 2023). Así, estas concentraciones de gas de efecto invernadero (GEI) que es uno de los principales responsables del cambio climático, contribuye significativamente al incremento de la temperatura a nivel global y sus consecuencias asociadas (Kabir et al., 2023).

Por otra parte, el incremento significativo de las emisiones de CO₂ a nivel mundial se encuentra intrínsecamente ligado al vertiginoso desarrollo de la industria automotriz (Hu et al., 2021). En las últimas décadas, el aumento constante de la producción y demanda de vehículos ha desencadenado una significativa expansión en el consumo de combustibles fósiles, contribuyendo de manera sustancial a la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera (Martins et al., 2021). Sin embargo, la sustitución de vehículos que utilizan energía fósil por transporte eléctrico contribuye significativamente a la disminución de las emisiones de CO₂ (Bastida Molina et al., 2020). Esto se debe a: la ausencia de emisiones de gases de escape directo; los motores eléctricos son intrínsecamente más eficientes en la conversión de energía que los motores de combustión interna; la diversificación de fuentes de energía y la mejora de la eficiencia en el uso de la energía (Ravindranath Tagore et al., 2022).

A lo largo de diferentes décadas se han establecido diferentes tratados y acuerdos ambientales con el objetivo de regular las emisiones de GEI's e intentar mitigar los efectos de la variabilidad climática. Algunos de estos fueron: Protocolo de Montreal (1987), Protocolo de Kioto (1997), Directivas de la Unión Europea sobre Energía Renovable, Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (1992) y Acuerdo de París (2015). Pero aún son muchos los países que no adhieren a estos tratados y que por la naturaleza de su economía, se les dificulta adaptar sus emisiones a estos estándares.

El objetivo de este informe es realizar un análisis exploratorio de los datos de emisiones de CO2 registrados por el Banco Mundial, con el fin de analizar las tendencias globales de este GEI y cómo se ven influenciadas por distintos eventos socioeconómicos globales.

Metodología

Se dispone de tres conjuntos de datos para realizar un análisis exploratorio. El primer conjunto contiene datos sobre las emisiones anuales de diferentes países, aunque presenta errores como valores nulos y países inexistentes. El segundo conjunto incluye códigos de países válidos y otros datos. Por último, el tercer conjunto proporciona información sobre el origen y las unidades de medida de las emisiones. Para llevar a cabo el análisis exploratorio, se utilizó el lenguaje de programación Python, aprovechando las bibliotecas Pandas para el manejo de datos, seaborn y matplotlib para la visualización, geopandas y plotly para la creación de mapas cromáticos.

El procedimiento inició con la apertura de los conjuntos de datos, seguido por la eliminación de columnas no relevantes para el análisis, como aquellas con valores nulos, información adicional e indicadores superfluos. El conjunto de datos de emisiones por país contenía agregados de regiones que añadían información innecesaria, pero gracias al segundo conjunto con códigos de países se realizó una fusión (merge) para obtener un conjunto limpio que incluye países, emisiones y otras columnas insignificantes, que fueron eliminadas posteriormente. Se llevó a cabo una verificación de la limpieza del conjunto de datos, asegurándose de que estuviera libre de valores nulos, para luego proceder con la visualización de datos y métricas con el objetivo de identificar tendencias y determinar el tipo de análisis a realizar.

Resultados

A partir de los datasets analizados, se procedió a graficar los promedios históricos de emisiones globales, los mapas con las emisiones promedio y emisiones acumuladas para cada país. Luego se seleccionaron los 10 países más contribuyentes a nivel mundial y se analizaron sus tendencias.

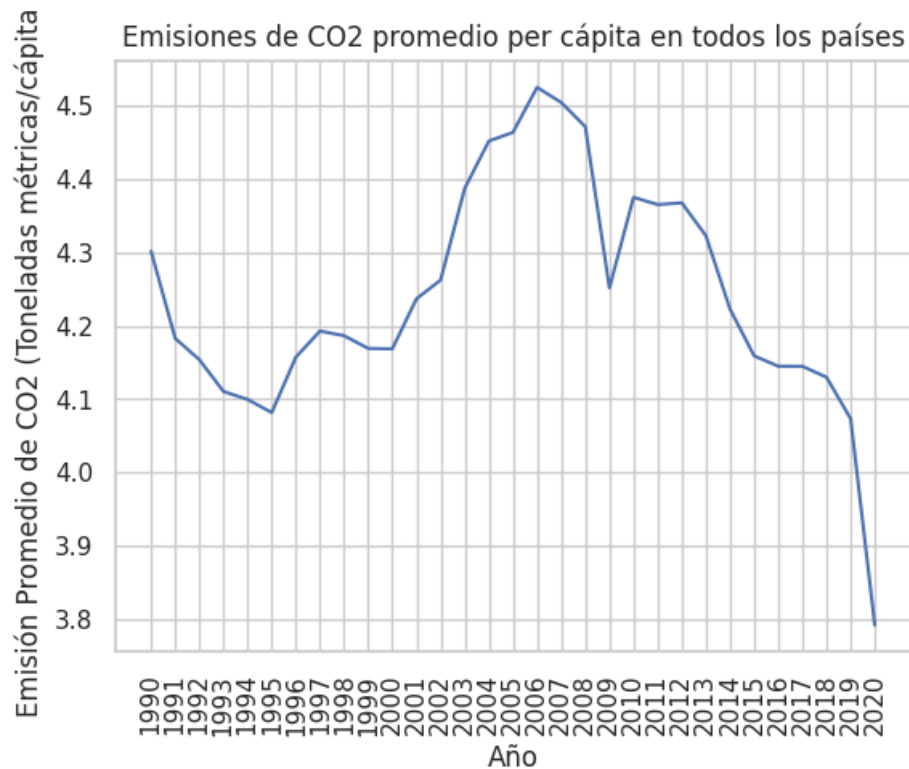


Figura 1. Emisiones de CO2 promedio per cápita en todos los países.

La figura 1 muestra las emisiones de CO2 promedio per cápita para todos los países del dataset. Se observan disminuciones en la curva en los periodos 1990 - 1995, 2008 - 2009 y la más significativa ocurrida en 2015 - 2020. Siendo las concentraciones mínimas 4.08, 4.25 y 3.8 toneladas métricas per cápita en los periodos mencionados respectivamente. Mientras que los incrementos más pronunciados fueron registrados en los periodos 2000 - 2006 superando las 4.5 ton métricas per cápita y 2009 - 2010 con concentraciones cercanas a las 4.4 ton métricas per cápita.

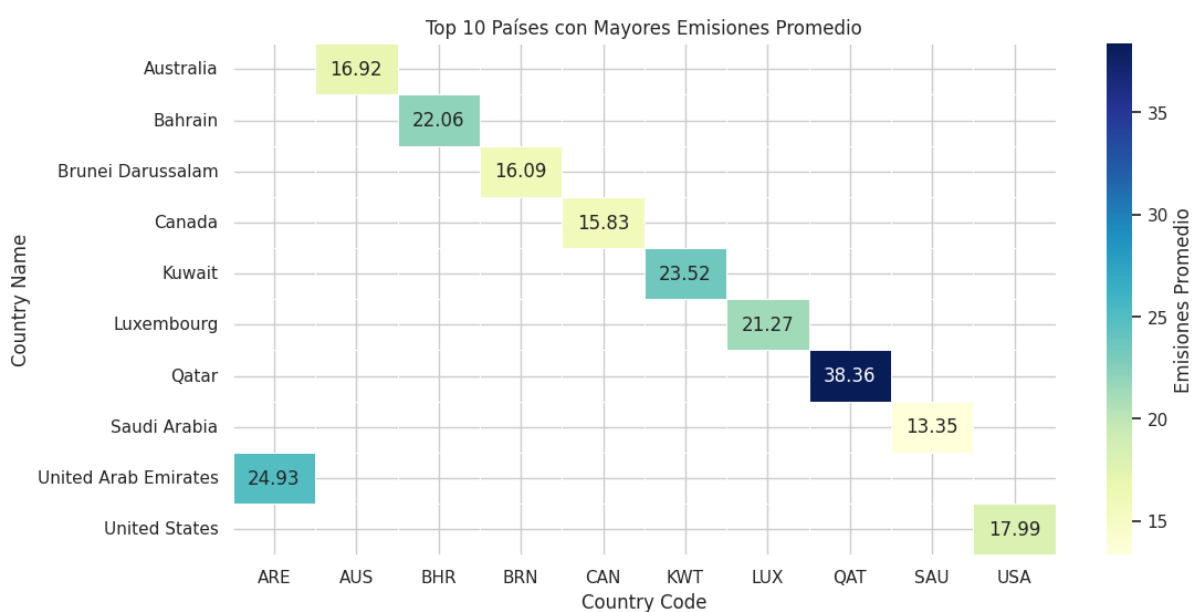


Figura 2. Ranking mundial de los 10 países con mayores emisiones promedio.

Los países que mayor cantidad de CO2 emiten en promedio (Figura 2) son Qatar, Emiratos Árabes Unidos, Kuwait, Bahrein, Luxemburgo, Estados Unidos, Australia, Brunéi Darussalam, Canadá y Arabia Saudita. Siendo Qatar el país que más contribuye con sus emisiones. La ubicación de los mismos pueden verse en la Figura 3 donde la barra lateral cromada distingue el rango porcentual de emisiones.

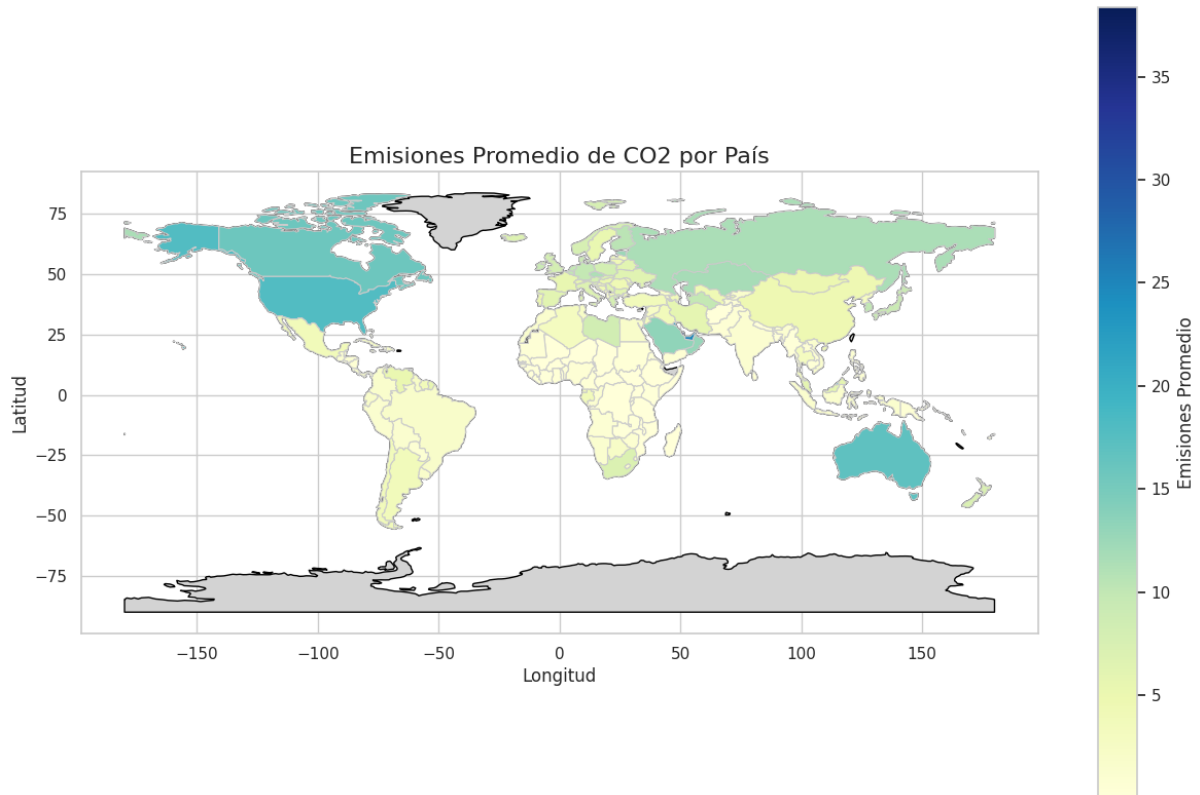


Figura 3. Emisiones promedio de CO2 por país.

De igual modo se graficaron las emisiones acumuladas durante el período 1990 - 2020 de todos los países registrados (Figura 4). Se observan los países ordenados por color, donde los más oscuros representan los de menores emisiones y los más claros los de mayores emisiones acumuladas.

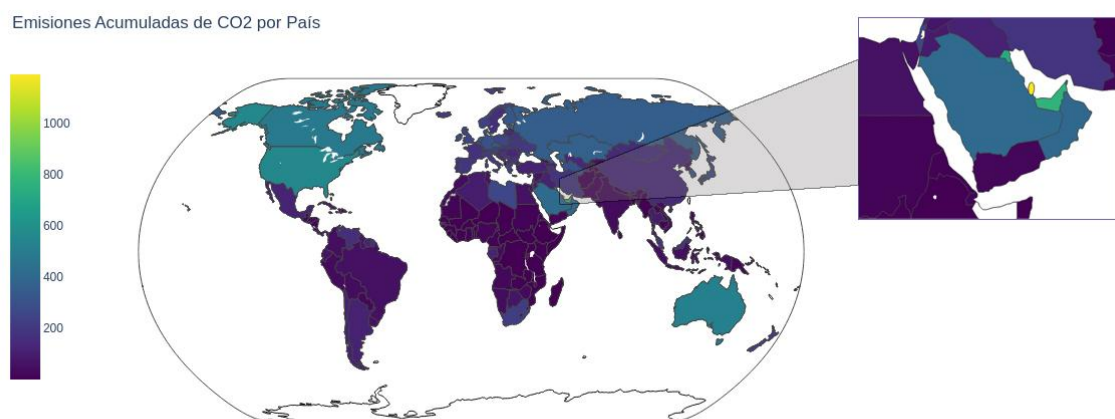


Figura 4. Emisiones acumuladas de CO2 por país.

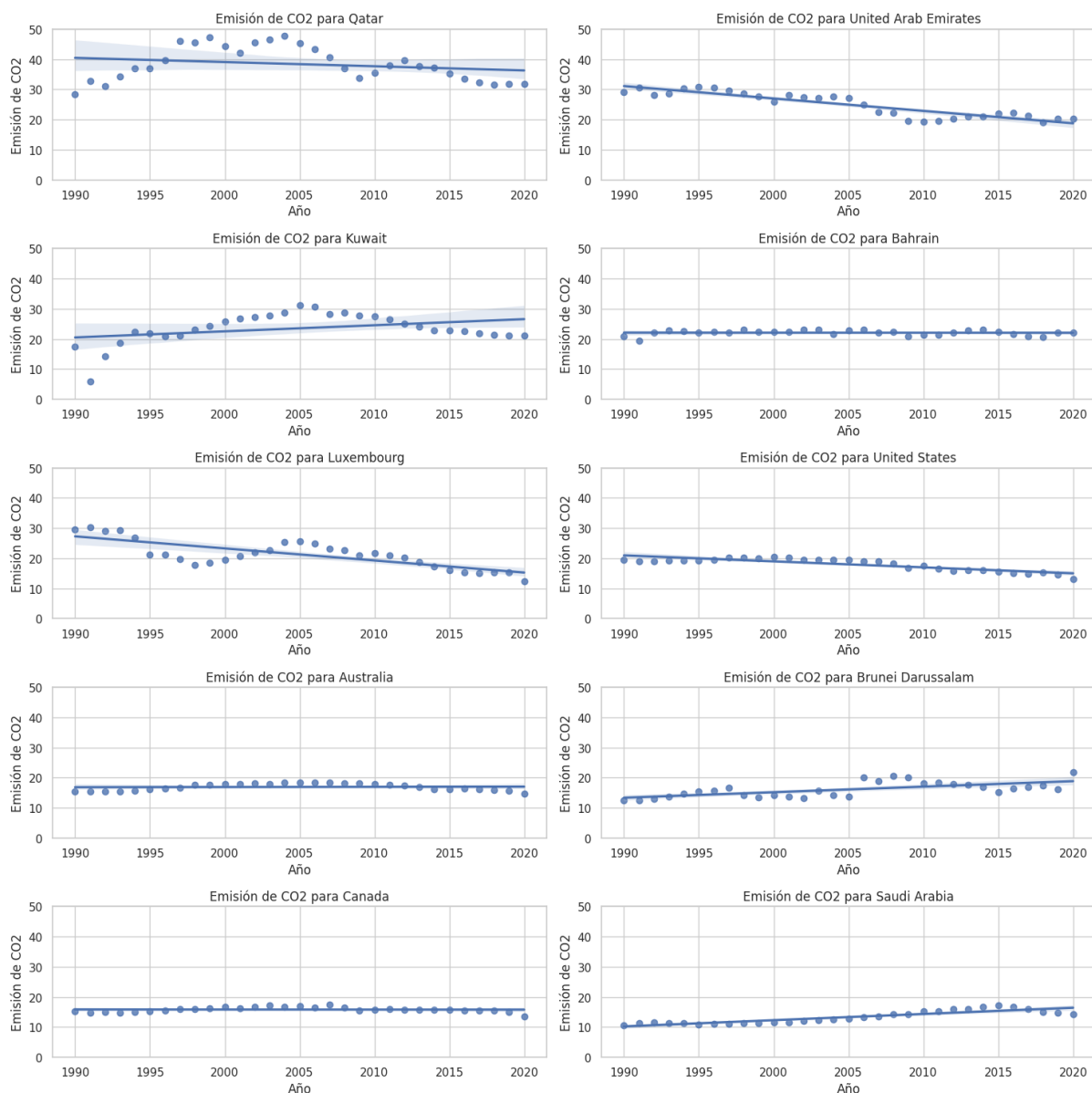


Figura 5. Tendencia de las emisiones de CO2 de los 10 países con mayor contribución total histórica a nivel mundial

En la figura 5 muestra las tendencias de los 10 países con mayores emisiones promedio del mundo. Países como Qatar, Kuwait, Luxemburgo, Australia y Canadá muestran picos en sus concentraciones alrededor del año 2005, aunque estos dos últimos tienen una tendencia casi constante. Luxemburgo, sin embargo, registró su máximo en 1991 y sus emisiones siguen una tendencia decreciente en el tiempo. Por el contrario, países como Bahrein presentan variaciones despreciables, Emiratos Árabes y Estados Unidos presentan una tendencia descendente en sus emisiones, mientras que en Brunéi Darussalam y en Arabia Saudita se proyectan en forma creciente.

Discusión

Los resultados revelan que las fluctuaciones en las emisiones per cápita en los países analizados están influenciadas por diversos factores, incluyendo la población, la actividad económica y factores sociales y globales específicos de cada nación. Estas variaciones

generan máximos y mínimos evidentes en las curvas observadas. Es crucial destacar que la contribución de cada país a la concentración global de CO₂ no es uniforme. En este análisis, se han seleccionado los 10 países con las emisiones per cápita más elevadas para profundizar en la comprensión de este fenómeno.

Las variaciones de las emisiones promedio en toneladas métricas per cápita (Figura 1) alcanzan su pico máximo en el año 2005. Hasta ese año, Estados Unidos era el principal emisor y a partir de ese momento China se convierte en el mayor emisor del mundo (Friedrich & Damassa, 2014). Mientras que la mayor caída de las emisiones es registrada hacia el 2020, momento el cual cesan las actividades económicas a nivel mundial (incluido el transporte) debido a la pandemia COVID-19.

La mayor cantidad de toneladas métricas per cápita se ubican en el hemisferio norte, siendo Qatar (Figura 5) el mayor emisor. Se trata de un país cuya principal industria es la petroquímica con la producción de gas natural licuado (GNL) que sumado a su población pequeña de 2.618.000 habitantes (Datosmacro.com) hace que las emisiones per cápita sean altas. Seguido por Kuwait, un país que alberga un gran número de refinerías de petróleo (Al-Salem, S. M., 2015) y Emiratos Árabes Unidos cuya principal actividad económica es la producción de carbón, petróleo y gas.

Conclusiones

Mediante el análisis exploratorio y el análisis de tendencia de emisiones de CO₂ per cápita a partir de los datos proporcionados por el Banco Mundial, se pudo establecer y ubicar a los principales países emisores de este GEI. Además, se puso seguir la tendencia de los mismos a través de la serie temporal y la influencia de los eventos socioeconómicos sobre la emisividad.

Los valores máximos fueron alcanzados durante la etapa en la que países liderados por China comienzan a formar parte de las principales potencias a nivel mundial. Mientras que los valores mínimos se registraron durante la pandemia del COVID-19 donde la actividad económica cesó globalmente.

Código y documentación

[Repositorio del proyecto](#)

Referencias

Al-Salem, S. M. 2015. Carbon dioxide (CO₂) emission sources in Kuwait from the downstream industry: Critical analysis with a current and futuristic view. Energy. Vol. 81.

Bastida Molina, P.; Hurtado-Pérez, E.; Peñalvo-López, E.; Moros Gómez, M. 2020. Assessing transport emissions reduction while increasing electric vehicles and renewable generation levels. Transportation Research Part D: Transport and Environment. Vol. 88.

Datosmacro.com. <https://datosmacro.expansion.com/demografia/poblacion>. Consultado el 15 de diciembre de 2023.

Friedrich, J.; Damassa, T. 2014. The History of Carbon Dioxide Emissions. World Resources Institute. <https://www.wri.org/insights/history-carbon-dioxide-emissions>. Consultado el 16 de diciembre de 2023.

Hu, S.; Yang, J.; Jiang, Z.; Ma, M.; Cai, W. 2021. CO₂ Emission and Energy Consumption from Automobile Industry in China: Decomposition and Analyses of Driving Forces. Processes. Vol. 9. pp.810.

Kabir, M; Habiba, U. E.; Khan, W.; Shah, A.; Rahim, S.; De los Rios-Escalante, P. R.; Farooqi, Z.; Ali, L.; Shafiq, M. 2023. Climate change due to increasing concentration of carbon dioxide and its impacts on environment in 21st century; a mini review. Journal of King Saud University - Science. Vol. 35, Issue 5.

Martins, T.; Castro Barreto, A.; Mendonça Souza, F.; Mendonça Souza, A.. 2021. Fossil fuels consumption and carbon dioxide emissions in G7 countries: Empirical evidence from ARDL bounds testing approach. Environmental Pollution. Vol. 291

Nunes, L.J.R. 2023. The Rising Threat of Atmospheric CO₂: A Review on the Causes, Impacts, and Mitigation Strategies. Environments. Vol. 4. 10, 66.

Ometto, J.P., K. Kalaba, G.Z. Anshari, N. Chacón, A. Farrell, S.A. Halim, H. Neufeldt, and R. Sukumar, 2022: Cross-Chapter Paper 7: Tropical Forests. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 2369–2410.

Ravindranath Tagore, Y.; Anuradha, K.; Rajani, K.; Chandra Sekhar, K.; 2022. A review on energy efficient technologies for electric vehicle applications. Journal of Energy Storage. Vol. 50.

Udara Willhelm Abeydeera, L.H.; Wadu Mesthrige, J.; Samarasinghalage, T.I. Global Research on Carbon Emissions: A Scientometric Review. Sustainability 2019, 11, 3972.