



Notas Económicas Regionales

Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano

No. 151, diciembre 2023

Análisis de Matrices Energéticas en la región CARD y sus Efectos en el Cambio Climático

Penélope Caraballo Gómez
pcaraballo@secmca.org

Juan Quiñonez Wu
jquinonez@secmca.org

Resumen

A partir de datos obtenidos para el periodo de 2000-2021 se analizaron las matrices energéticas de los países de la región CARD, constatándose que, en primer lugar, existe una alta heterogeneidad en la composición de dichas matrices, y, en segundo lugar, la energía hidroeléctrica es la principal fuente de energía renovable utilizada en casi todos los países. Consecuentemente, esto refleja la importancia de la consideración de los fenómenos meteorológicos, en especial, las sequías, huracanes y lluvias torrenciales, y su posible impacto socioeconómico en los países de la región. En adición, tras realizarse un análisis contrafactual sobre la generación de Gases de Efecto Invernadero (GEI), se puede inferir que, si la demanda energética de los países de la región CARD se hubiese suplido en un 100% con combustibles fósiles, la emisión total de la región hubiese ascendido a un 0.16% de las emisiones globales de CO₂; siendo esto 5 veces superior al 0.03% registrado anualmente. Estos resultados sugieren que los esfuerzos de los países de la región han logrado ahorrar cerca de 274 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente (MtCO₂e) cada año.

I. Introducción

A lo largo de los años, la literatura económica ha estudiado la relación entre el crecimiento económico y el consumo de energía; existiendo dos argumentos sobre el vínculo de ambas variables. El primero de ellos establece que la demanda de energía promueve el crecimiento económico; mientras, el segundo, sugiere que el crecimiento económico afecta positivamente al consumo de energía. Aunque la relación causal entre ambas variables no esté claramente definida, se reconoce que la generación de energía a través de combustibles fósiles produce una gran cantidad de gases de efecto invernadero, incidiendo en la degradación del medioambiente y en el cambio climático.

El aumento en la concentración de estos gases está asociado con incrementos en la temperatura del planeta. De acuerdo con IPCC (2018), la temperatura promedio ha aumentado en un rango de 0.8 °C y 1.2 °C durante el periodo 1880-2012, respecto a la era preindustrial. Aunque este rango parezca pequeño, el mismo está asociado a importantes cambios atmosféricos a nivel global, como son: modificaciones en los patrones de precipitación, cambios en la intensidad o en la frecuencia de eventos climáticos extremos, reducción de la criosfera y alza del nivel de mar.

El objetivo de este documento es analizar las matrices de producción energética de los países miembros de la región de Centroamérica y República Dominicana (CARD), examinando la tendencia de estos países a utilizar energías renovables. Asimismo, se realiza un análisis contrafactual, con el fin de cuantificar las emisiones de CO₂ que los países hubiesen emitido si no utilizaran recursos renovables en la generación de energía. En este sentido, el propósito de este análisis es aproximar la cantidad de emisiones de CO₂ que se han evitado y motivar a los países a eficientizar sus matrices energéticas.

La organización del documento se distribuye de la siguiente manera: en la sección II se realizó una breve revisión literaria sobre la relación entre el crecimiento económico y el consumo de energía. En la sección III se analizó la composición y evolución de las matrices energéticas de los países de la región CARD. Mientras, en la sección IV se presenta el análisis contrafactual; finalmente, la sección V contiene las consideraciones finales.

II. Crecimiento Económico y Consumo de Energía

Existe una amplia lista de autores que han estudiado la relación causal entre el crecimiento económico y el consumo energético; así como su impacto en la degradación medioambiental. Entre ellos, Kraft & Kraft (1978) analizaron la relación del crecimiento económico y el consumo energético durante el período de 1947-1974 en los Estados Unidos; encontrando una fuerte relación estadística entre dichas variables y la existencia de causalidad unidireccional desde el Producto Nacional Bruto (PNB) hacia el consumo de energía¹.

Otros autores como Ferguson, Wilkinson, & Hill (2000)² argumentan que existe una correlación positiva el uso de la electricidad y la creación de riqueza, especialmente para los países más desarrollados. Similares resultados fueron encontrados por Bao-Linh, Chi-Chung, & Wei-Chun (2022). Por su parte, otros estudios han encontrado una relación causal bidireccional entre el consumo de energía y el crecimiento económico, entre ellos, Qiang (2003), Guttormsen, A.G. (2007), Almozaini (2019), entre otros.

En la región de América Latina y el Caribe (ALC), autores como Saboori *et al.* (2014) han sugerido que el crecimiento económico tiene un efecto positivo en el consumo de energía y, al menos en una primera etapa, un incremento de las emisiones de CO₂. Otros estudios que han analizado la relación entre el crecimiento económico y el consumo de energía en varios países de la región son Pao y Tsai (2011), Galindo & Sánchez (2005), Rehmann & Pablo-Romero (2018), Al-mulali, YM Lee, Hakim Mohammed, & Sheau-Ting (2013), entre otros.

En general, estos autores han estudiado el vínculo entre el crecimiento económico y la demanda energética, encontrando que esta relación es positiva; aunque su causalidad depende de las características inherentes de cada país. A pesar de que la relación causal entre ambas variables no esté claramente definida, se reconoce que la generación de energía mediante el uso de

¹ Sin embargo, realizando un análisis de causalidad, pero durante los años 1950-1968, Akarca & Long (1980) concluyeron que esta relación entre el PNB y el consumo de energía no existe, al menos para ese período utilizado. A su vez, Yu & Hwang (1984) encontraron que no existe una relación causal entre ambas variables al prolongar el período de estudio de Kraft & Kraft (1978).

² Estos autores estudiaron la relación entre el uso de la electricidad y el crecimiento económico en cien países, los cuales representaron el 99% de la economía mundial.

combustibles fósiles produce una gran cantidad de GEI y tiene un alto impacto sobre el cambio climático.

La región de ALC tiene una baja contribución respecto a las emisiones mundiales de GEI con apenas un 8% en 2020³⁴, sin embargo, agrupa a países que son especialmente vulnerables al impacto del cambio climático, particularmente en el Caribe y América Central⁵⁶ (FMI, 2021).

Ante este escenario, y dado que los combustibles fósiles son importantes en la matriz energética de los países de la región, las mejoras en eficiencia energética son esenciales para contribuir a la separación de las sendas entre el desarrollo económico y el consumo energético (De Freitas y Kaneko, 2011). A su vez, es de suma relevancia la revisión de estrategias que proponen limitar el consumo energético, debido a su posible impacto negativo en el crecimiento económico y en el ingreso (Apergis & Payne, 2009), (Francis, Moseley, & Osaretin Iyare, 2007) y (Chang & Soruco Carballo, 2011).

Los países de ALC tienen el desafío de elaborar políticas públicas que procuren la reducción de las emisiones de GEI, principalmente aquellas provenientes del sector energético. En este sentido, las medidas enfocadas en mejorar la eficiencia energética en hogares e industrias se destacan porque tienen un potencial de reducción de emisiones sin incurrir en costos económicos significativos. Inclusive, estas medidas podrían generar beneficios económicos, además de poder contribuir con una mayor eficiencia y uso de tecnologías limpias (Naciones Unidas & CEPAL, 2017).

III. Evolución de las Matrices Energética en la Región CARD

Para el análisis de la evolución de la matriz energética de los países de la región de Centroamérica y República Dominicana (CARD), se utilizaron datos obtenidos de Our World in Data; abarcando el periodo de 2000-2021 (ver tablas 1A y 2A).

A lo largo del periodo analizado, Costa Rica se destaca como el país en donde la energía renovable es la principal fuente de generación de electricidad; promediando una generación de 9.1 teravatios-hora durante el período de 2000-2021. Esto supone que, en promedio, el 95% de su matriz energética estuvo compuesta por fuentes renovables (ver gráfico 1 y tabla 2A). Es importante resaltar que, desde el año 2015, en promedio, el 98% de la matriz energética de Costa Rica proviene de fuentes renovables, destacándose la energía hidroeléctrica como principal fuente renovable⁷. Por su parte, durante el año 2021, el petróleo apenas representó un 1% de la generación de energía en el país.

³ Equivalente a 3,877.9 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono (MtCO₂e), según datos del Climate Watch.

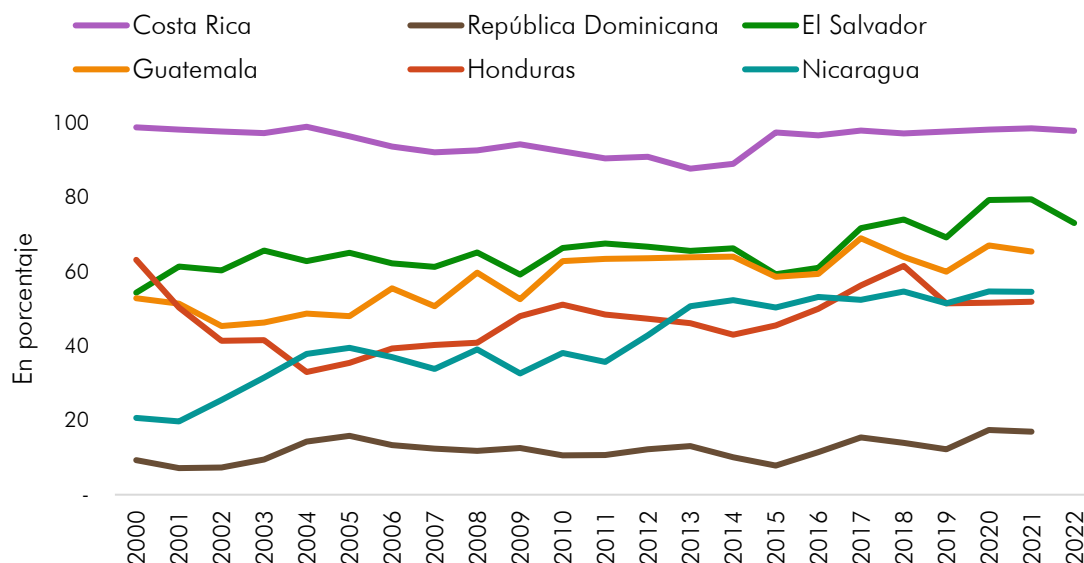
⁴ Incluyendo las emisiones provenientes del uso de suelo y bosques.

⁵ Alrededor del 41% de las emisiones de GEI provienen del sector energético.

⁶ El impacto de los fenómenos climáticos extremos en las infraestructuras cuesta más del 1% del PIB anualmente en Costa Rica, la República Dominicana, Guatemala, Haití, Honduras, Panamá y Paraguay (Banco Mundial, 2022).

⁷ La energía hidroeléctrica representa en promedio el 75% de la matriz energética de Costa Rica durante los años 2000-2021.

Gráfico 1: Evolución de la proporción de energía generada proveniente de fuentes renovables.



Fuente: Elaboración propia con datos de Our World in Data.

En adición, al observar la tendencia de la energía generada por fuentes renovables en Costa Rica, se percibe una ligera disminución en esta proporción a partir del año 2006 y hasta el 2014. Este comportamiento podría ser atribuido a las sequías producidas por el fenómeno “El Niño” durante los años 2003, 2007, 2009 y 2014; provocando la importación de combustibles fósiles y mayor generación de emisiones de CO₂⁸.

Por su parte, en El Salvador, entre los años 2000-2021, en promedio, el 66% de la generación de energía fue proveniente de fuentes renovables; produciendo unos 3.6 teravatios-hora. La energía hidroeléctrica representó en promedio un 30% de la matriz energética del país; siendo la fuente renovable más utilizada. Por otro lado, la energía generada por fuentes fósiles representó en promedio un 34%; siendo el petróleo la única fuente fósil que se utilizó en el país. Puntualmente, en el año 2021, el 80% de la generación de energía provino de fuentes renovables.

En el caso de Guatemala, durante el periodo de 2000-2021, se produjo un promedio de 5.8 teravatios-hora de energía proveniente de fuentes renovables, representando un 59% de la matriz energética. La energía hidroeléctrica es la principal fuente renovable utilizada durante este período, representando alrededor de un 40% del total de la matriz energética. A su vez, el biocombustible es una importante fuente de energía, que concentró en promedio un 15% de la matriz. Adicionalmente, las fuentes no renovables aun conforman una parte significativa de la generación de energía en el país. En promedio, estas representaron un 41% durante el periodo de 2000 a 2021; siendo el petróleo y el carbón los combustibles fósiles comúnmente utilizados.

Cabe destacar que, en Guatemala, las fuentes no renovables han sufrido una importante caída en los últimos 20 años, pasando de representar un 51% de la matriz energética durante los años

⁸ Véase Global Water Partnership (2016), COENOS (2009).

de 2000-2005, a un 36% durante el periodo de 2016-2020. Este comportamiento se atribuye en gran parte en la disminución de la explotación del petróleo como fuente de energía.

En Honduras, la generación de energía a partir de fuentes renovables representó, en promedio, el 48% de la matriz energética durante el periodo 2000-2021. Esto equivale a unos 3.5 teravatios-hora, siendo la energía hidroeléctrica la más utilizada, con una participación promedio de un 36%. En el caso particular del año 2021, la generación a partir de fuentes renovables era de un 52%. Por su parte, durante el periodo 2000-2021, los combustibles fósiles fueron las principales fuentes de generación de energía, representando el 52% de la matriz; siendo el petróleo el combustible más utilizando.

En el caso de Nicaragua, durante el periodo de 2000-2012, la matriz energética del país estuvo significativamente compuesta por fuentes no renovables, que representaron en promedio el 67% de la generación de energía. Sin embargo, es importante mencionar, que desde el año 2012 Nicaragua ha experimentado un incremento sustancial en la generación de energía a partir de fuentes renovables. En tal sentido, durante el período 2000-2011, la generación de energía a partir de fuentes renovables abarcaba en promedio un 33%; no obstante, durante los años 2012-2021, esta cifra ascendió a 52%⁹.

Al cierre del 2021, la matriz energética de Nicaragua estuvo conformada en un 55% por fuentes renovables, siendo principalmente utilizados el biocombustible, la energía eólica y la energía hidroeléctrica como fuentes de energía. Este cambio en la matriz energética de Nicaragua parece estar relacionado a un mayor aprovechamiento de los recursos naturales y la posición estratégica del país¹⁰.

Finalmente, en el caso de República Dominicana¹¹, es la economía de la región en donde, históricamente, las principales fuentes de energía provienen mayormente de combustibles fósiles. Para el período de 2000-2021, en promedio, la generación de energía a partir de combustibles fósiles representó un 88%, siendo el petróleo el combustible mayormente utilizado. En efecto, se podría considerar que ha existido un cambio moderado en la matriz energética del país; si se considera que durante el periodo de 2000-2005 las fuentes renovables representaban un 11% de la matriz energética, y que durante los años 2016-2021 estas representaron apenas un 15%¹².

Respecto a la generación de energía proveniente de fuentes renovables en la República Dominicana, el principal insumo es la energía hidroeléctrica, seguido de la energía solar. Un aspecto importante que resaltar es que, la República Dominicana cuenta con abundantes recursos solares y eólicos y con potencial para el desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas que aún no se ha explotado en su totalidad. Por otro lado, en el ámbito de la bioenergía, los residuos y desechos agrícolas son las fuentes que ofrecen mayor potencial, el cual podría utilizarse para cubrir la demanda creciente de energía y a su vez incrementar la cuota de renovables (IRENA, 2016). No obstante, este país cuenta, por ejemplo, con una menor cantidad

⁹ Nicaragua produce en promedios unos 1.6 teravatios-hora provenientes de fuentes renovables.

¹⁰ No obstante, al cierre de 2021, los combustibles fósiles aún mantenían una alta participación en la matriz energética.

¹¹ En promedio, República Dominicana genera 1.8 teravatios-hora de energía renovable y 12.8 teravatios-hora de energía a partir de fuentes fósiles.

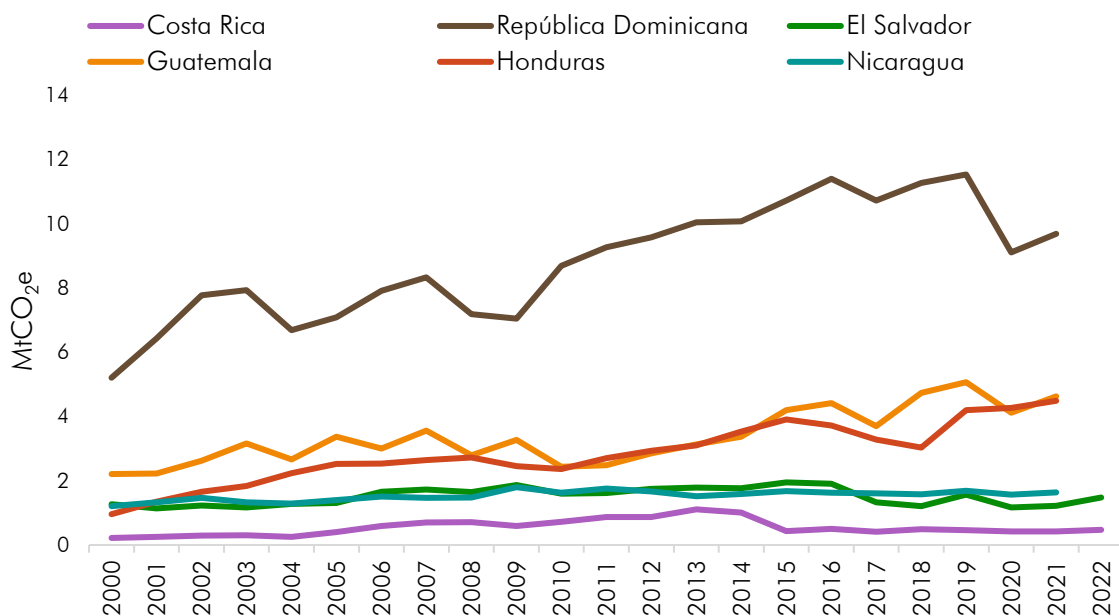
¹² Los datos más recientes del país (2021) indican que, el 17% de la energía generada provino de fuentes renovables.

de recursos renovables de agua dulce per cápita que los demás países de la región; pudiendo ser esta una de las razones por la cual se explota menos el recurso del agua para la generación de energía¹³.

IV. Emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI)

La región CARD aporta cada año un promedio de 0.03% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial. Como se observa en el gráfico 2, la República Dominicana es el país que más GEI provenientes de la generación de electricidad emite, alcanzando los 11.54 millones de toneladas equivalentes de dióxido de carbono en su punto más alto.

Gráfico 2: Emisiones de gases de efecto invernadero producidas en la generación de electricidad, medidas en millones de toneladas equivalentes de CO₂.



Fuente: Elaboración propia con datos de la Our World in Data.

En el gráfico 2A se muestra la evolución de las emisiones de CO₂ por insumo. A partir de ellos, se puede observar que la generación de electricidad proveniente del petróleo produce la mayor cantidad de emisiones de CO₂.

A partir de datos de Our World in Data, relacionados con la producción de electricidad por combustible (en TW/h) y la emisión de gases de CO₂ por combustible (en MtCO₂e), es posible inferir el efecto de la generación de electricidad sobre la emisión de gases (ver tabla 1). En la tabla 1 se resaltan algunos hechos:

- I. Costa Rica exhibe la mayor relación en términos de generación eléctrica por petróleo, debiéndose a que su matriz energética está mínimamente compuesta por petróleo;
- II. República Dominicana es el único país de la región que utiliza las 3 fuentes de energía no renovables o combustibles fósiles. Esto puede explicarse por la baja dotación de

¹³ Véase <https://ourworldindata.org/water-use-stress#renewable-freshwater-resources>

recursos naturales que cuenta esta nación (en comparación del resto de países de Centroamérica).

Tabla 1: Relación generación eléctrica (TW/h) sobre las emisiones de CO₂. En millones de toneladas métricas, promedio 2000-2022.

País	Carbón	Gas	Petróleo
Costa Rica			26.693
República Dominicana	1.983	0.910	1.788
El Salvador			3.331
Guatemala	2.106		4.099
Honduras	0.194		2.155
Nicaragua			2.171

Fuente: Elaboración propia utilizando datos de Our World in Data.

En esta nota realizamos un ejercicio para comparar las emisiones de CO₂ que fueron producidas por los países de la región CARD versus las emisiones que se hubiesen generado, si estos países solo utilizaran fuentes no renovables en la generación de electricidad. Para lograr este objetivo, se utiliza el total de energía generada (en TW/h) y se multiplica por la relación presentada en la Tabla 1.

Utilizando los datos de Our World in Data se calculó el contrafactual de la manera siguiente:

$$CF = (\omega_{Coal_t} * Coal_{ratio} + \omega_{Gas_t} * Gas_{ratio} + \omega_{Oil_t} * Oil_{ratio}) * Demand_t$$

Donde:

CF es el total de gases de CO₂.

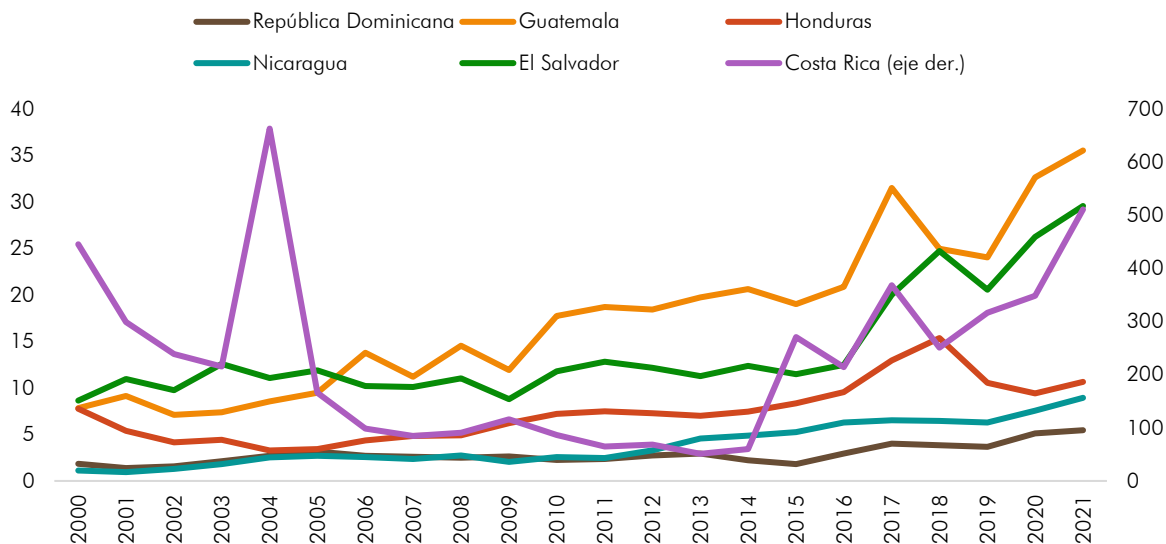
ω_{i_t} es la proporción de electricidad (en TW/h) generada por el combustible i en el año t .

i_{ratio} es la relación del combustible i y su respectiva emisión de CO₂.

$Demand$ corresponde a la demanda energética total (en TW/h) en el año t .

Se incluyen ponderadores de combustibles para capturar los cambios en la composición de las matrices energéticas de los países. Los resultados de estos cálculos por país son presentados en el Gráfico 3A, mientras que, la diferencia de las emisiones registradas por Our World in Data y el contrafactual es presentada en el Gráfico 3. Manteniendo la demanda energética observada, si Costa Rica hubiese basado su producción energética solamente con petróleo, hubiese generado más de 4,500 millones de toneladas de CO₂ (2000-2020), lo que hubiese sido casi 33 veces mayor de las emisiones que fueron registradas. Bajo un escenario similar, Guatemala hubiese producido 2.3 veces más de CO₂, si hubiese suplido su demanda energética basado en la producción de electricidad mediante carbón y petróleo.

Gráfico 3: Diferencia de emisiones de CO₂ (Contrafactual vs Emisiones), en millones de toneladas métricas,



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de Our World in Data.

En términos generales, si los países de la región hubiesen suplido la demanda energética solo mediante combustibles fósiles, estos países hubiesen emitido el 0.16% de las emisiones globales de CO₂, siendo esto 5 veces mayor al 0.03% que ha sido registrado anualmente.

Hasta ahora, la lectura de este análisis se ha enfocado en las emisiones que pudieron ser emitidas, bajo el escenario en que los países produjeran electricidad utilizando fuentes no renovables. Sin embargo, de manera inversa, se puede apreciar los esfuerzos de los países de la región en eficientizar sus matrices energéticas.

Se destaca el hecho de que Costa Rica mantenga más del 90% de su generación eléctrica por medio de fuentes hídricas y eólicas. El Salvador, ha enfocado esfuerzos en aumentar su producción energética utilizando fuentes solares y eólicas. Asimismo, resalta el hecho que Nicaragua es el país de la región con mayor participación de fuentes eólicas en su matriz energética.

V. Consideraciones finales

A pesar de que la región de ALC tiene una baja contribución respecto a las emisiones mundiales de Gases de Efecto Invernadero (GEI) con apenas un 8% en el año 2020, la región contempla países que son especialmente vulnerables al impacto del cambio climático. Se estima que el impacto de los fenómenos climáticos extremos en las infraestructuras cuesta más del 1% del PIB anualmente en Costa Rica, la República Dominicana, Guatemala, Haití, Honduras, Panamá y Paraguay (Banco Mundial, 2022).

Los países de la región CARD han realizado grandes esfuerzos para aprovechar sus recursos naturales y generar energía eléctrica a través de estos. Se destaca el hecho de que Costa Rica mantenga más del 90% de su generación eléctrica por medio de fuentes hídricas y eólicas. Por su parte, El Salvador, ha enfocado esfuerzos en aumentar su producción energética utilizando

fuentes solares y eólicas. Asimismo, resalta el hecho que Nicaragua es el país con mayor participación de fuentes eólicas en su matriz energética de la región.

De acuerdo con el ejercicio contrafactual realizado en este documento, si los países de la región hubiesen suplido la demanda energética con combustibles fósiles, estos países hubiesen emitido el 0.16% de las emisiones totales de CO₂; siendo esto 5 veces superior al 0.03% que ha sido registrado anualmente. Esto indica que los esfuerzos de los países de la región han logrado ahorrar cerca de 274 MtCO₂e cada año.

Finalmente, es importante resaltar que, las energías renovables pueden desempeñar un papel crucial para alcanzar los objetivos de cambio climático, así como para lograr la diversificación del suministro energético. Aunado a esto, el desarrollo acelerado de energías renovables puede reducir el costo energético para los consumidores y la factura de importación de combustibles fósiles. De esta forma, se motiva a los países a continuar con los esfuerzos de “enverdecer” y eficientizar sus matrices energéticas, para de esta forma contribuir con la lucha contra el cambio climático.

VI. Bibliografía

- Akarca, A. T., & Long, T. V. (1980). On the Relationship Between Energy and GNP: A Reexamination. *The Journal of Energy and Development*, 326-331. Obtenido de https://www.jstor.org/stable/24806899?read-now=1&seq=1#page_scan_tab_contents
- Almozaini, M. S. (2019). The Causality Relationship between Economic Growth and Energy Consumption in the World's Top Energy Consumers. *International Journal of Energy Economics and Polic*, 40-53.
- Al-mulali, U., YM Lee, J., Hakim Mohammed, A., & Sheau-Ting, L. (2013). Examining the link between energy consumption, carbon dioxide emission, and economic growth in Latin America and the Caribbean. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 42-48. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113003444>
- Apergis, N., & Payne, J. (2009). Energy consumption and economic growth in Central America: Evidence from a panel cointegration and error correction model. *Energy Economics*, 31(2), 211-216. Obtenido de <https://ideas.repec.org/a/eee/eneeco/v31y2009i2p211-216.html>
- Banco Mundial. (2022). *Hoja de Ruta para la Acción Climática en América Latina y el Caribe 2021-2025*. Obtenido de <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/1a7421c1-fa2b-58b9-b2ed-b8f6e07bf392/content>
- Bao-Linh, T., Chi-Chung, C., & Wei-Chun, T. (2022). Causality between energy consumption and economic growth in the presence of GDP threshold effect: Evidence from OECD countries. *Energy vol. 251*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123902>.
- Chang, C.-C., & Soruco Carballo, C. (2011). Energy conservation and sustainable economic growth: The case of Latin America and the Caribbean. *Energy Policy*, 39(7), 4215-4221. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.04.035>
- COENOS. (2009). *Boletín del ENOS no. 25*. Obtenido de <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/28148/%23%2025>
- De Freitas, L., & Kaneko, S. (2011). Decomposition of CO2 emissions change from energy consumption in Brazil: Challenges and policy implications. *Energy Policy*, 39(3), 1495-150. Obtenido de <https://ideas.repec.org/a/eee/enepol/v39y2011i3p1495-1504.html>
- Ferguson, R., Wilkinson, W., & Hill, R. (2000). Electricity use and economic development. *Energy Policy vol. 28*, p. 923-934. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421500000811>
- FMI. (2021). *El cambio climático y sus desafíos para América Latina y el Caribe*. Obtenido de <https://www.imf.org/-/media/Files/Publications/REO/WHD/2021/Spanish/CH3.ashx>

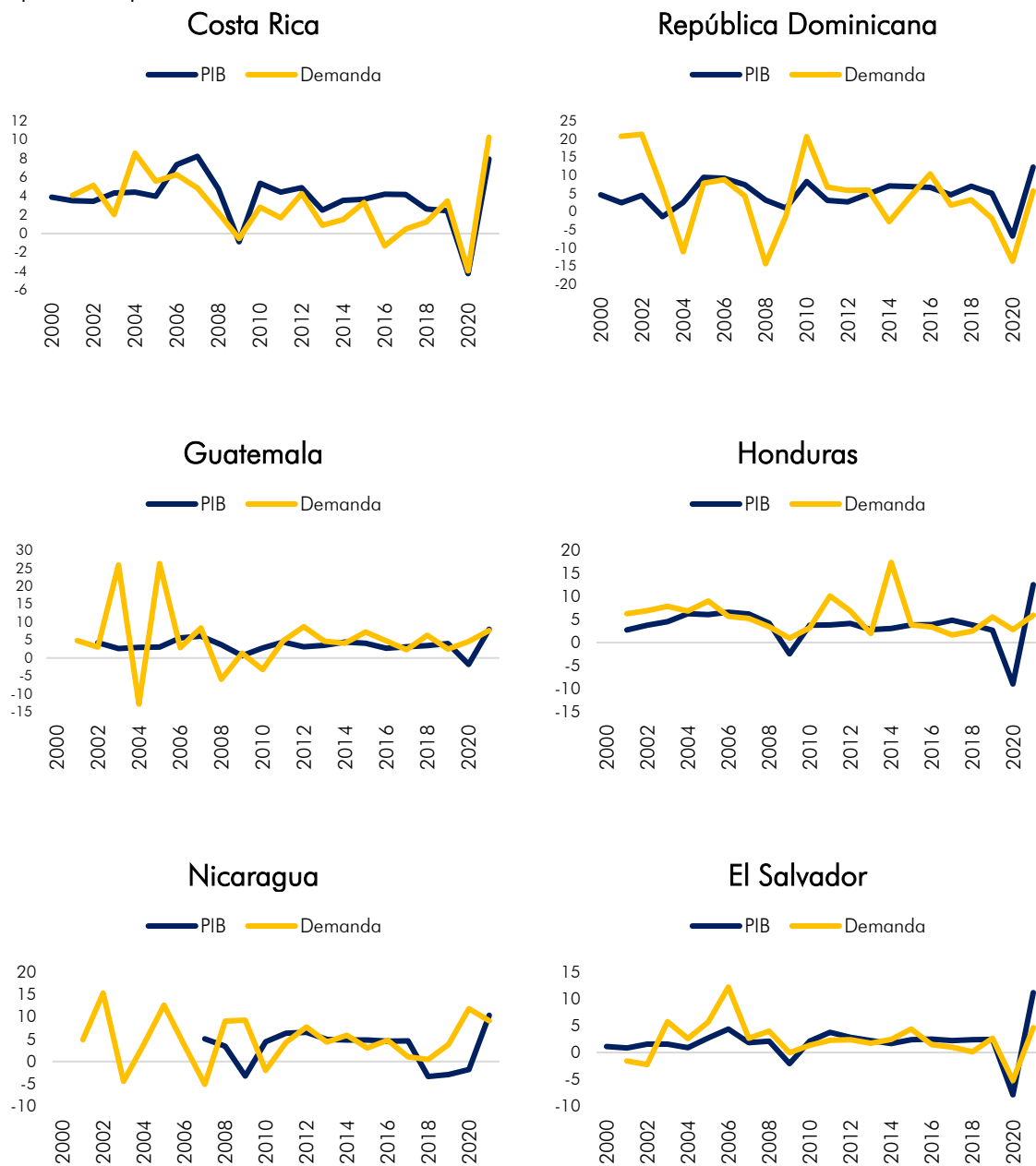
- Francis, B., Moseley, L., & Osaretin Iyare, S. (2007). Energy consumption and projected growth in selected Caribbean countries. *Energy Economics*, 29(6), 1224-1232. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2007.01.009>
- Galindo, L. M., & Sánchez, L. (2005). El Consumo de Energía y La Economía Mexicana: Un Análisis Empírico Con VAR. *Economía Mexicana Nueva Época XIV*, 271-298. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=32314204>
- Global Water Partnership. (2016). *Análisis Socioeconómico del Impacto Sectorial de la Sequía de 2014 en Centroamérica*. Obtenido de https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/impacto-sequia-2014_fin.pdf
- Guttormsen, A. G. (2007). Causality Between Energy Consumption and Economic Growth. *The Journal of Energy and Development*, 33(1), 1-22. Obtenido de <https://www.jstor.org/stable/24813043>
- IPCC. (2018). *Impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways in the context of strengthening the global response to and efforts to eradicate poverty*. doi:<https://doi.org/10.1017/9781009157940.001>
- IRENA. (2016). *Perspectivas de Energías Renovables en República Dominicana*. Obtenido de https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_REmap_Dominican_Republic_summary_2016_ES.PDF?la=en&hash=CE2E1A47F33F599C3B4344065A6449296E483ED7#:~:text=Los%20datos%20proporcionados%20por%20la,capacidad%20instalada%20de%2010%20GW.
- Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On the Relationship Between Energy and GNP. *The Journal of Energy and Development*, 1948-1957. Obtenido de <https://www.jstor.org/stable/24806805>
- Naciones Unidas, & CEPAL. (2017). *El cambio climático y el sector de energía en América Latina*. CEPAL. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45700-cambio-climatico-sector-energia-america-latina>
- Pao, H.-T., & Tsai, C.-M. (2011). Multivariate Granger causality between CO2 emissions, energy consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (gross domestic product): Evidence from a panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) countries. *Energy*, 36(1), 685-693. doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.09.041>
- Qiang, H. (2003). The Relationship between Energy Consumption Growths and Economic Growth in China. *International Journal of Economics and Finance*. Obtenido de <https://ccsenet.org/journal/index.php/ijef/article/view/3403>
- Rehermann, F., & Pablo-Romero, M. (2018). Economic growth and transport energy consumption in the Latin American and Caribbean countries. *Energy Policy*, 22, 518-527. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421518305123>
- Saboori et al. (2014). Economic Growth, Energy Consumption and CO2 Emissions in OECD (Organization for Economic Co-Operation and Development)'s Transport Sector: A Fully

Modified Bi-Directional Relationship Approach. *Energy*, 66, 150-161.
doi:10.1016/j.energy.2013.12.048

Yu, E. S., & Hwang, B.-K. (1984). The relationship between energy and GNP: Further results. *Energy Economics*, 186-190. Obtenido de https://econpapers.repec.org/article/eeeeneeco/v_3a6_3ay_3a1984_3ai_3a3_3ap_3a186-190.htm

VII. Anexos

Gráfico 1A: Crecimiento económico y crecimiento de demanda energética, 2000-2022. En porcentaje.



Fuente: Elaboración propia con datos de la SECMCA y Our World in Data.

Tabla 1A: Composición de las matrices energéticas de la región CARD. En porcentajes.

Costa Rica				
Tipo de energía	2000-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020
Fuentes Renovables	98.05	93.14	91.24	97.68
Biocombustible	0.11	0.42	0.48	0.28
Energía eólica	3.14	3.07	6.34	13.19
Energía hidroeléctrica	80.52	76.54	70.22	72.02
Energía solar	-	-	0.16	0.51
Otras fuentes de energía renovable	14.28	13.11	14.04	11.67
Fuentes no Renovables	1.95	6.86	8.76	2.32
Carbón	-	-	-	-
Gas natural	-	-	-	-
Petróleo	1.95	6.86	8.76	2.32
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

El Salvador				
Tipo de energía	2000-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020
Fuentes Renovables	61.71	62.96	65.18	71.14
Biocombustible	6.36	6.77	11.84	10.87
Energía eólica	-	-	-	0.03
Energía hidroeléctrica	31.78	31.92	28.13	27.03
Energía solar	-	-	0.20	6.57
Otras fuentes de energía renovable	23.57	24.26	25.01	26.64
Fuentes no Renovables	38.29	37.05	34.82	28.86
Carbón	-	-	-	-
Gas natural	-	-	-	-
Petróleo	38.29	37.05	34.82	28.86
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

Guatemala				
Tipo de energía	2000-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020
Fuentes Renovables	48.85	56.37	62.82	63.96
Biocombustible	9.65	13.90	15.18	19.48
Energía eólica	-	-	0.19	2.11
Energía hidroeléctrica	36.28	39.52	44.61	38.40
Energía solar	-	-	0.30	1.58
Otras fuentes de energía renovable	2.92	2.96	2.54	2.40
Fuentes no Renovables	51.15	43.63	37.18	36.04
Carbón	7.05	5.70	10.68	21.46
Gas natural	-	-	-	-
Petróleo	44.10	37.93	26.50	14.58
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

Honduras				
Tipo de energía	2000-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020
Fuentes Renovables	44.23	43.99	46.18	54.27
Biocombustible	1.73	4.34	7.29	9.11
Energía eólica	-	-	4.44	7.03
Energía hidroeléctrica	42.50	39.65	33.47	26.56
Energía solar	-	-	0.99	9.69
Otras fuentes de energía renovable	-	-	-	1.88
Fuentes no Renovables	55.77	56.01	53.82	45.73
Carbón	-	-	0.81	3.80
Gas natural	-	-	-	-
Petróleo	55.77	56.01	53.01	41.93
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

Nicaragua				
Tipo de energía	2000-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020
Fuentes Renovables	29.16	36.20	46.47	53.36
Biocombustible	9.49	13.81	9.52	10.95
Energía eólica	-	1.53	13.44	15.42
Energía hidroeléctrica	11.08	11.83	9.84	9.40
Energía solar	-	-	0.05	0.40
Otras fuentes de energía renovable	8.59	9.03	13.61	17.19
Fuentes no Renovables	70.84	63.80	53.53	46.64
Carbón	-	-	-	-
Gas natural	-	-	-	-
Petróleo	70.84	63.80	53.53	46.64
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

República Dominicana				
Tipo de energía	2000-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020
Fuentes Renovables	10.57	12.15	10.77	14.11
Biocombustible	-	0.07	0.36	1.19
Energía eólica	-	-	1.07	3.45
Energía hidroeléctrica	10.57	12.08	9.28	8.11
Energía solar	-	-	0.07	1.36
Otras fuentes de energía renovable	-	-	-	-
Fuentes no Renovables	89.43	87.85	89.23	85.89
Carbón	5.45	7.02	7.30	12.56
Gas natural	2.81	7.18	9.47	20.38
Petróleo	81.17	73.66	72.46	52.95
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

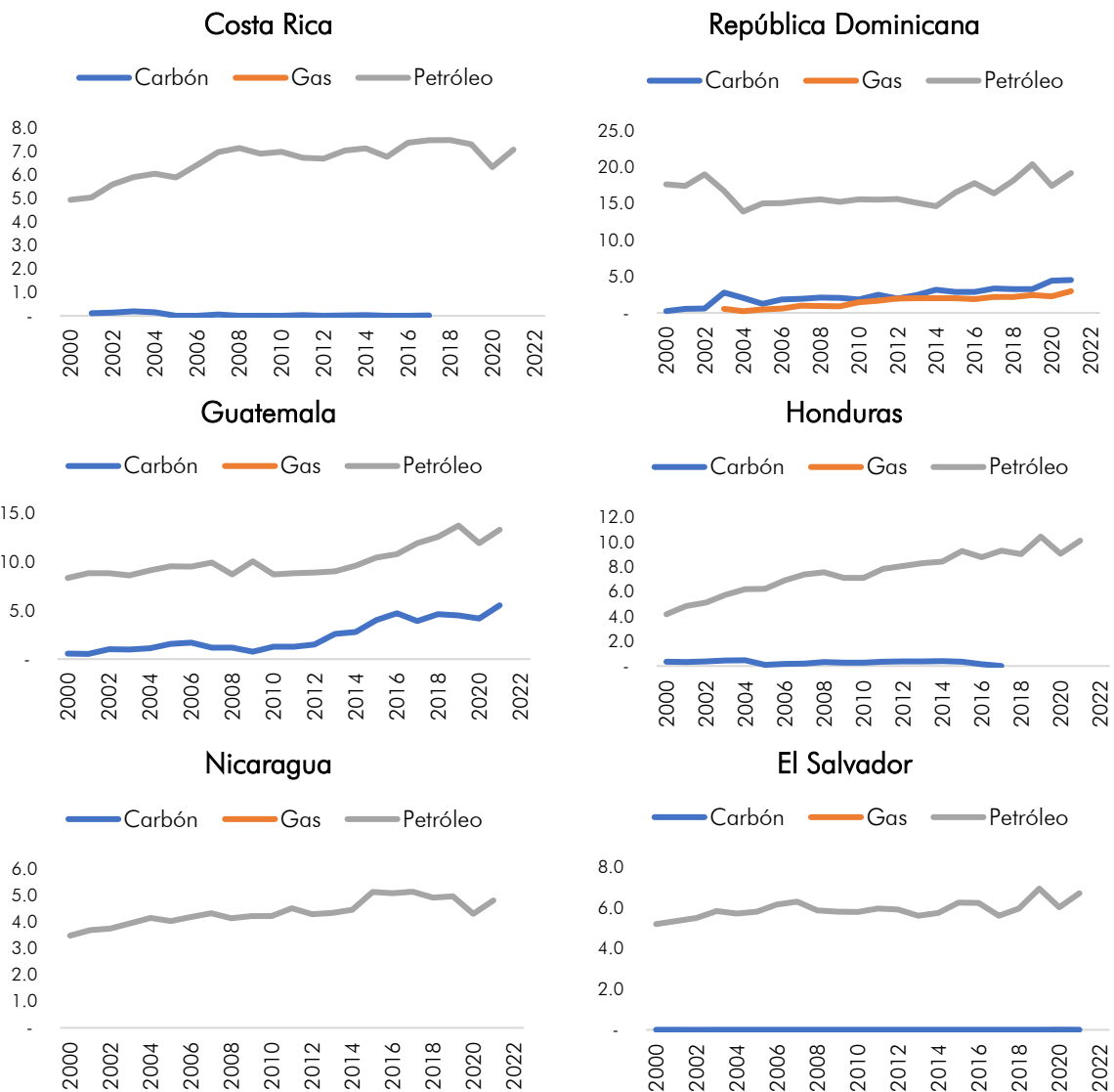
Fuente: Elaboración propia con datos de Our World in Data.

Tabla 2A. Composición de las matrices energéticas de la región CARD, año 2021.

País	Fuentes renovables	Fuentes no renovables	Total
Costa Rica	99%	1%	100%
El Salvador	80%	20%	100%
Guatemala	66%	34%	100%
Honduras	52%	48%	100%
Nicaragua	55%	45%	100%
República Dominicana	17%	83%	100%

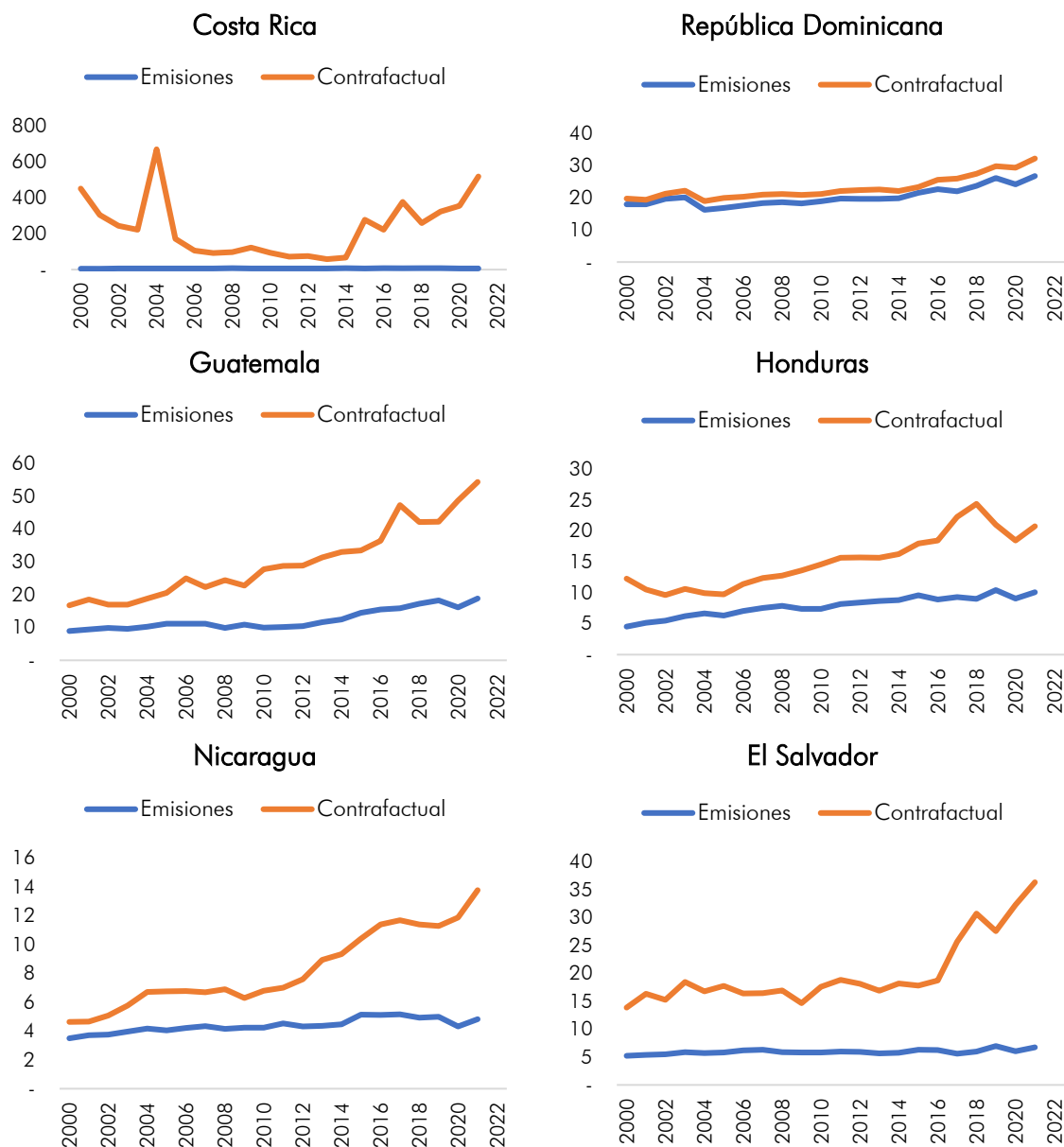
Fuente: Elaboración propia con datos de Our World in Data.

Gráfico 2A: Emisiones de CO₂ en la región CARD. Según combustible, en millones de toneladas métricas.



Fuente: Elaboración propia con datos de Our World in Data.

Gráfico 3A: Emisión de CO₂ observada y emisión de CO₂ contrafactual, en millones de toneladas métricas.



Fuente: Elaboración propia con datos de Our World in Data.