

## Emisión de CO<sub>2</sub> por la generación de electricidad en el Ecuador durante el período 2012-2022.

CO<sub>2</sub> emissions from electricity generation in Ecuador during the period 2012-2022.

**Autor:**

María Indelira Márquez Alcívar



Universidad Técnica Luis Vargas Torres

**Ciudad:** Esmeraldas

**País:** Ecuador

**Correo electrónico:** [maria.marquez.alcivar@utelvt.edu.ec](mailto:maria.marquez.alcivar@utelvt.edu.ec)

Ronny Joel Angulo Guerrero



Universidad Técnica Luis Vargas Torres

**Ciudad:** Esmeraldas

**País:** Ecuador

**Correo electrónico:** [ronny.angulo@utelvt.edu.ec](mailto:ronny.angulo@utelvt.edu.ec)

### Citación/cómo citar este artículo:

Márquez, M., y Angulo, R. (2023). Emisión de CO<sub>2</sub> por la generación de electricidad en el Ecuador durante el período 2012-2022: *Revista Social Fronteriza* 3(2) pp. 169 -178

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.7699286>

**Enviado:** enero 10, 2023 **Aceptado:** febrero 26, 2023 **Publicado** marzo 5, 2023



## Resumen

El efecto invernadero es un proceso natural sin el cual la vida en el planeta no sería posible. El objetivo de este estudio consistió en identificar el dióxido de carbono y el vapor de agua relacionados al efecto invernadero que mantienen estable la temperatura de la atmósfera. Para lo cual se empleó una metodología con enfoque cuantitativo basado en la utilización de la investigación descriptiva y de campo, para detallar el supuesto en estudio entre la variable independiente, Sin embargo, antes de 1950, la concentración de dióxido de carbono atmosférico nunca superó las 330 ppm. Hoy, las emisiones globales de dióxido de carbono han aumentado en casi casi en un 50% desde 1990. Varias iniciativas están actualmente en marcha para detener el calentamiento del planeta. Para cumplir con sus compromisos internacionales, Ecuador ha desarrollado iniciativas diferentes para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Esto se destaca en el sector energético a través de cambios en la matriz energética con la implementación de proyectos hidroeléctricos, eólicos y de energías renovables. Iniciativas como el uso de biocombustibles para generar electricidad en las Islas Galápagos, el reemplazo de bombillas incandescentes por bombillas de bajo consumo, la mejora de la eficiencia energética en la producción de petróleo y la generación de electricidad a partir de biomasa residual.

**Palabras claves:** Dióxido de Carbono; efecto invernadero; electricidad en Ecuador.



## Abstract

The greenhouse effect is a natural process without which life on the planet would not be possible. The objective of this study was to identify the carbon dioxide and water vapor related to the greenhouse effect that keep the temperature of the atmosphere stable. For this purpose, a quantitative methodology based on the use of descriptive and field research was employed to detail the assumption under study among the independent variable, However, prior to 1950, the concentration of atmospheric carbon dioxide never exceeded 330 ppm. Today, global carbon dioxide emissions have increased by almost 50% since 1990. Several initiatives are currently underway to halt global warming. To meet its international commitments, Ecuador has developed different initiatives to reduce greenhouse gas emissions. This stands out in the energy sector through changes in the energy matrix with the implementation of hydroelectric, wind and renewable energy projects. Initiatives such as the use of biofuels to generate electricity in the Galapagos Islands, the replacement of incandescent light bulbs with energy-saving bulbs, improved energy efficiency in oil production, and the generation of electricity from residual biomass.

**Keywords:** Carbon Dioxide; greenhouse effect; electricity in Ecuador.



## Introducción

En Ecuador la electricidad es un elemento energético clave para el desarrollo socioeconómico del país considerando que la nación sudamericana aprovechó los recursos hídricos para construir hidroeléctricas que aporten con el abastecimiento nacional de electricidad. Según la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (2019), “en 2014 se generaron en Ecuador 24,307,2 GWh de energía eléctrica y se importaron 836,7 GWh; un total de 25.143,9 GWh. De este, el 85,5% se destinó al consumo público; y el 14,5% restante para procesos de producción y aprovechamiento”. La electricidad se genera en parte por la quema de recursos no renovables como los combustibles fósiles (carbón, diésel, búnker, gasolina, gas natural, GLP, otros); típicamente usado en calderas, turbinas o motores de combustión interna. El rendimiento energético (electricidad generada/calor liberado) es bajo con la tecnología convencional y normalmente fluctúa entre 0,3 y 0,35. Las tecnologías más nuevas, como la cogeneración (generación de electricidad y recuperación de calor de los gases de combustión) y las centrales eléctricas de ciclo combinado (generación de electricidad y recuperación de calor de los gases de combustión para generar electricidad adicional) tienen puntuaciones entre 0,4 y 0,55, mostrando un mejor rendimiento. El uso de combustibles fósiles para generar electricidad libera contaminantes del aire y gases de efecto invernadero (GEI). Las tecnologías más antiguas producen emisiones más altas que las tecnologías más nuevas debido a su menor capacidad para generar una determinada cantidad de electricidad. Conelec. 2002 A nivel mundial, la generación de energía representa una parte significativa de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), uno de los gases de efecto invernadero más importantes. En 2008 se generaron 19,1 PWh de electricidad, de los cuales el 67,2% provino de combustibles líquidos, gas natural y carbón. El 19,3% se generó a partir de fuentes renovables y el 13,5% a partir de centrales nucleares. Para 2035, la proporción de combustibles líquidos, gas natural y carbón debería ser del 60,2% Conelec. 2013. Las emisiones globales de CO<sub>2</sub> en 2010 se estimaron en 30,3 Gt. De esto, el 41% es atribuible a la generación de electricidad y calor. Por otro lado, las fuentes de energía renovable (hidráulica, biomasa, eólica, solar, etc.) y la nuclear tienen diferentes impactos y riesgos



ambientales, pero tienen emisiones mínimas o nulas de gases de efecto invernadero. Produce energía sin emisiones.

## Metodología

En este estudio se utilizó una metodología descriptiva de tipo cuantitativa utilizando como herramienta ACM002, la cual permite de manera eficaz determinar el factor de emisión de CO<sub>2</sub> que se distribuye en una red eléctrica; así mismo se puede utilizar para cuantificar la cantidad de toneladas de CO<sub>2</sub> que se producen en un periodo por un sistema eléctrico de alta potencia, debido a la operación del conjunto de centrales de generación existentes en la red del sistema eléctrico, pero lo cual se tienen los siguientes métodos de cálculo. (MAE, 2013; UNFCCC, 2015): Para ejecutar el cálculo del factor de emisión de CO<sub>2</sub> de la red eléctrica, como lo establece la metodología ACM002; se utilizó la información estadística disponible para el periodo 2012-2022, en el CENACE (CENACE, 2015), sobre la generación térmica despachada por unidad con sus respectivos consumos de combustibles, estos últimos son convalidados con la información estadística del ARCONEL. (ARCONEL, 2015)

## Resultados y Discusión

La ejecución de la metodología ACM002 para calcular el factor de emisión de CO<sub>2</sub> en una red eléctrica; requiere la tabulación en periodos anuales de la siguiente información:

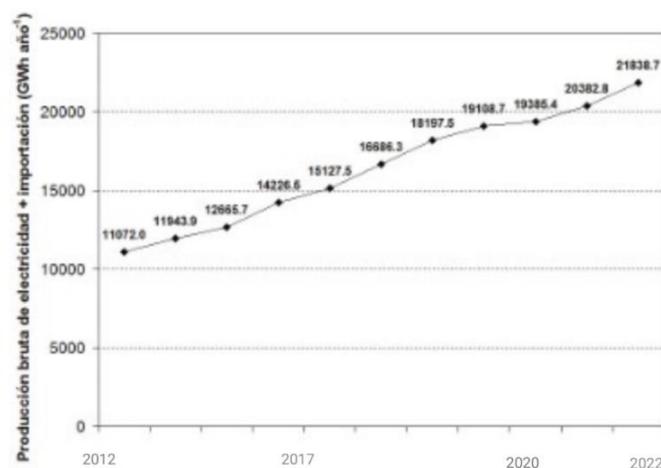


Imagen 1: Producción bruta de electricidad en el Ecuador más energía importada (GWh año<sup>-1</sup>) durante el periodo 2012 - 2021



La matriz de generación consistente con la infraestructura estructura de un país o región en este caso Ecuador, para la producción eléctrica. Según el caso el mix presenta porcentajes variados de participación de fuentes renovables y no renovables, y por ello definir el nivel de emisiones de contaminantes del aire y de GEI. Cuando existe una participación importante de infraestructuras que consumen combustibles fósiles, las emisiones son también importantes.

Por cuanto, se recopiló la información sobre la fabricación bruta de electricidad y de la cantidad de energía importada (Figura 1), y de la composición en porcentaje por tipo de fuente (Figura 2). Las fuentes se agrupan en renovables (hidráulica principalmente; en menor grado, térmicas que usan bagazo de caña de azúcar; y viento- fotovoltaica con participaciones marginales), sin redobles (aprovechamiento energético de los combustibles) fósiles en térmicas que funcionan con motores de combustión interna, turbinas de gas y turbinas de vapor) y las importaciones internacionales.

Combustible	Unidad (en millones)	2001 [2]	2002 [3]	2003 [3]	2004 [3]	2005 [3]	2006 [3]	2007 [3]	2008 [3]	2009 [3]	2010 [3]	2011 [3]
Fuel oil	Galones	184.31	190.13	180.11	169.4	201.29	210.61	220.85	191.9	225.01	235.42	232.22
Diesel 2	Galones	88.46	78.65	55.1	91.78	120.14	171.49	166.47	124.31	207.8	315.2	172.52
Nafta	Galones	9.81	7.13	2.28	5.78	26.5	34.44	4	7.94	9.95	14.64	14.71
Gas natural	Pies cúbicos		5.11	8.92	11.32	12.3	15.72	16.46	14.38	19.3	20.04	17.71
Residuo	Galones							0.68		38.95	38.43	67.88
Crudo	Galones				3.68	5.06	5.51	35.33	37.53	57.04	60.53	62.81
Gas licuado de petróleo	Galones						7.59	7.55	0.93	7.58	7.75	7.07
Bagazo de caña	Toneladas					2.05	1.33	1.94	1.31	0.86	0.91	1.06

Tabla 1: Consumo de combustibles para la producción bruta de electricidad en el Ecuador, durante el periodo 2001-2011

Combustible	Poder calorífico			Factor de emisión de CO <sub>2</sub>			Densidad			Observaciones
	Valor	Unidad	Fuente	Valor	Unidad	Fuente	Valor	Unidad	Fuente	
Fuel oil	40.4	TJ G <sub>E</sub> <sup>-1</sup>	[6]	77 400	kg TJ <sup>-1</sup>	[2]	944	kg m <sup>-3</sup>	[7]	
Diesel 2	43	TJ G <sub>E</sub> <sup>-1</sup>	[6]	74 100	kg TJ <sup>-1</sup>	[2]	845	kg m <sup>-3</sup>	[7]	
Nafta	44.5	TJ G <sub>E</sub> <sup>-1</sup>	[6]	73 300	kg TJ <sup>-1</sup>	[2]	739	kg m <sup>-3</sup>	[7]	Se asume la densidad de la gasolina
Gas natural	48	TJ G <sub>E</sub> <sup>-1</sup>	[6]	56 100	kg TJ <sup>-1</sup>	[2]	673	kg m <sup>-3</sup>	[7]	
Residuo	40.4	TJ G <sub>E</sub> <sup>-1</sup>	[6]	77 400	kg TJ <sup>-1</sup>	[2]	944	kg m <sup>-3</sup>	[7]	
Crudo	42.3	TJ G <sub>E</sub> <sup>-1</sup>	[6]	73 300	kg TJ <sup>-1</sup>	[2]	874	kg m <sup>-3</sup>	[7]	
Gas licuado de petróleo	47.3	TJ G <sub>E</sub> <sup>-1</sup>	[6]	63 100	kg TJ <sup>-1</sup>	[2]	528.6	kg m <sup>-3</sup>	[7]	70 % propano + 30 % butano
Bagazo de caña	2220	kcal kg <sup>-1</sup>	[8]	780	kg M <sub>E</sub> <sup>-1</sup>	[6]				

Tabla 2: Propiedades de los combustibles utilizados para la producción bruta de electricidad en el Ecuador, durante el periodo 2001-2011.

Combustible	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Fuel oil	2059.3	2124.3	2012.3	1892.7	2249.0	2353.1	2467.5	2144.1	2514.0	2630.3	2594.5
Diesel 2	901.5	801.5	561.5	935.3	1224.3	1747.6	1696.5	1266.8	2117.7	3212.1	1758.1
Nafta	89.5	65.1	20.8	52.7	241.8	314.2	36.5	72.4	90.8	133.6	134.2
Gas natural	0.0	262.4	458.1	581.4	631.7	807.3	845.3	738.5	991.2	1029.2	909.5
Residuo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.6	0.0	435.2	429.4	758.4
Crudo	0.0	0.0	0.0	37.7	51.9	56.5	362.4	384.9	585.1	620.9	644.2
Gas licuado de petróleo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	45.3	45.1	5.6	45.3	46.3	42.2
Bagazo de caña	0.0	0.0	0.0	0.0	1599.0	1037.4	1513.2	1021.8	670.8	709.8	826.8
Emisiones totales netas	3050.2	3253.3	3052.7	3499.8	4398.7	5324.1	5460.9	4612.3	6779.1	8101.7	6841.3

En la Utilizando datos de las Tablas 1 y 2, determinaron las emisiones de CO<sub>2</sub> de la generación total de energía (Tabla 3). Las emisiones netas totales no incluyen valores para la caña de azúcar, considerando que la caña de azúcar es una biomasa y su combustión no genera emisiones netas de CO<sub>2</sub>. El factor de emisión de CO<sub>2</sub> para cada unidad de electricidad consumible se establece dividiendo las emisiones netas totales de la Tabla 3 por los valores de la producción eléctrica total y la energía importada de la Figura 2. Los resultados se muestran en la Figura 3. Los resultados muestran que: Las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> de la generación eléctrica total en Ecuador para el período 2012-2021 variaron entre 3050,2 y 8612,3 Gt CO<sub>2</sub> año<sup>-1</sup>. Conelec (2013)

Es importante mencionar que el factor de emisión de CO<sub>2</sub> por cada unidad de electricidad consumible generó una variación entre 241,0 y 397,5 g CO<sub>2</sub> kWh<sup>-1</sup>. El factor de emisión máximo corresponde a 2020, año de mayor participación de recursos no renovables (52,2%). El valor más bajo (241,0 g CO<sub>2</sub> kWh<sup>-1</sup>) corresponde a 2019, año de menor participación de recursos no renovables (34,5%). La Agencia Internacional de Energía reporta un factor de emisión promedio para Ecuador para el período 2008-2010 de 319,3 g CO<sub>2</sub> kWh<sup>-1</sup>. El valor medio del periodo 2016-2017 de la Figura 3 corresponde a 329,5 g CO<sub>2</sub> kWh<sup>-1</sup>. Estos promedios son consistentes con una diferencia de 3,2%. Los países con factores de emisión promedio más altos que Ecuador de 2012 a 2021 son: Estonia (1059), India (936), China (790), Grecia (730), Estados Unidos (528), México (447), Chile (398), Argentina (365). Los países con factores de emisión promedio más bajos que Ecuador para 2015-2017 son Canadá (183), Colombia (153), Brasil (81), Suecia (22) y Noruega (10). EIA. 2016 el último valor que se puede estimar con base en la información publicada por ARCONEL corresponde al año 2014 y arroja un factor de emisión de 342,5 g CO<sub>2</sub> kWh<sup>-1</sup>. Las tasas de participación de este año fueron 47,5%, 49,1% y 3,3% para fuentes renovables, no renovables e importadas, respectivamente. Los factores de emisión de CO<sub>2</sub> para el consumo unitario de electricidad se utilizan en varios campos. En la evaluación de indicadores de sostenibilidad como huella de carbono, huella ecológica. Evaluar los cambios en las emisiones debido a las nuevas configuraciones de la matriz o mix



energético es un parámetro fundamental de la planificación energética. Para reducir las emisiones de la generación de electricidad, la conservación y la eficiencia energética deben ser una prioridad. Así como la reducción de los factores de emisión. En segundo lugar, se puede analizar la viabilidad de cambiar a tecnologías más eficientes como las centrales de ciclo combinado.

## Conclusiones

De acuerdo al ciclo hidrológico existente en la cuenca de la central hidroeléctrica de un sistema eléctrico, determina la participación en la operación de la red térmica analizada, esto determina la magnitud del factor de emisión de CO<sub>2</sub>, si la participación de la tecnología de producción energía eléctrica con combustibles fósiles con altas emisiones de CO<sub>2</sub>, determinando un incremento en el factor de emisión anual, tal como lo hizo en 2020 con respecto a 2021.

La determinación de los factores de emisión por la tecnología de generación eléctrica contenida en el SNI permite determinar la contribución de cada unidad térmica de generación eléctrica al total de emisiones del sector eléctrico.

La unidad generadora térmica de la matriz eléctrica del SNI, de acuerdo al tipo de tecnología, determina sus condiciones técnicas de operación en el sistema eléctrico. Situación que hace que no puedan salir de operación, aunque se presenten caudales elevados a las centrales hidráulicas, dadas las peculiaridades de funcionamiento de estos sistemas eléctricos, esto determina el factor de emisión de CO<sub>2</sub>.



## Referencias Bibliográficas

- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (2019). Control de generación y consumo eléctrico en Ecuador
- Arconel. 2015. "Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2014. Agencia de Regulación y Control de Electricidad. Ministerio de Electricidad y Energía Renovable". Borrador. Quito, Ecuador: 134.
- EIA. 2016. "International Energy Outlook 2011". U.S. Energy Information Administration. Washington USA: 292.
- IEA. 2013. "IEA Statistics. 2012 Edition. CO<sub>2</sub> Emissions From Fuel Combustión. Highlights". International Energy Agency. Paris - France: 125.
- Conelec. 2002. "Estadísticas del Sector Eléctrico Ecuatoriano. Año 2001". Versión Preliminar. Quito - Ecuador.
- Conelec. 2012. "2011 Estadísticas del Sector Eléctrico Ecuatoriano". Folleto Multianual. Quito - Ecuador.
- IPCC. 2006. "2016 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National. Greenhouse Gas Inventories Programme". Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
- USEPA. 1985. "Miscellaneous Data & Conversion Factors". Apendix A.
- USEPA. 1996. "Bagasse combustion in sugar mills". US Environmental Protection Agency. AP 42, Fifth Edition, Volume I. Chapter 1: External Combustion Sources.
- Conelec. 2013. "Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano. Año 2002". Primera Revisión. Quito - Ecuador: 350.
- Conelec. "Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano. Año 2013". Quito - Ecuador: 394.
- Conelec. "Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano. Año 2014". Quito - Ecuador: 425.
- Conelec. "Estadísticas del Sector Eléctrico Ecuatoriano. Año 2015".
- Conelec. 2017. "Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano. Año 2016". Quito - Ecuador: 310.
- Conelec. 2018. "Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano. Año 2017". Quito - Ecuador: 367.
- Conelec. 2019. "Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano. Año 2018". Quito - Ecuador: 362.
- Conelec. 2020. "Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano. Año 2019". Quito - Ecuador: 388.
- Conelec. 2021. "2010. Boletín Estadístico del Sector Eléctrico Ecuatoriano". Quito - Ecuador:



### **Conflicto de intereses**

El autor declara que este trabajo no presenta conflicto de intereses

