

Factor de emisión de CO₂ debido a la generación de electricidad en el Ecuador durante el periodo 2001 – 2011

René Parra^{1*}

¹Universidad San Francisco de Quito - Instituto de Investigaciones Atmosféricas - Colegio de Ciencias e Ingeniería
Diego de Robles S/N, Cumbayá.

*Autor principal/Corresponding author, e-mail: rrparr@usfq.edu.ec

Editado por/Edited by: Cesar Zambrano, Ph.D.

Recibido/Received: 23/04/2013. Aceptado/Accepted: 21/05/2013.

Publicado en línea/Published on Web: 28/06/2013. Impreso/Printed: 06/06/2013.

Abstract

Electricity is a key energetic component to socio-economic development. Its production is based on non-renewable resources (fossil fuels), renewable sources and nuclear energy. The generation by fossil fuels produces the emission of air pollutants and greenhouse gases, whose magnitude depends on the matrix or mix of power generation. The percentage of CO₂ emissions around the world attributed to electricity and heat generation reaches 41 %. The CO₂ emission factors per unit of electricity available for consumption in Ecuador were estimated for the period 2001-2011. The results vary between 214.0 and 397.5 g CO₂ kWh⁻¹. The highest value corresponds to 2010, the year with the highest participation of non-renewable resources (52.2 %). The lower value corresponds to 2003, year with lowest participation of non-renewable resources (34.5 %). The most recent value, for the year 2011, is 313.3 g CO₂ kWh⁻¹. This emission factor serves to establish indicators of sustainability (as the carbon or the ecological footprint) in different areas. It is a basic parameter in energy planning.

Keywords. ecological footprint, carbon footprint, mix of generation, sustainability, energy performance

Resumen

La electricidad constituye un elemento energético clave para el desarrollo socioeconómico. La producción de electricidad se basa en recursos no renovables (combustibles fósiles), fuentes renovables y energía nuclear. La generación mediante combustibles fósiles produce la emisión de contaminantes del aire y de gases de efecto invernadero, cuya magnitud depende de la matriz o mix de generación eléctrica. El porcentaje de las emisiones de CO₂ de todo el mundo que se atribuye a la electricidad y la generación de calor alcanza el 41 %. Se estimaron los factores de emisión de CO₂ por unidad de electricidad disponible para consumo en el Ecuador para el periodo 2001 – 2011. Los resultados varían entre 214.0 y 397.5 g CO₂ kWh⁻¹. El mayor valor corresponde al 2010, año con la mayor participación de fuentes no renovables (52.2 %). El menor valor corresponde al 2003, año con la menor participación de fuentes no renovables (34.5 %). El valor más reciente, para el año 2011, es 313.3 g CO₂ kWh⁻¹. Este factor de emisión sirve para establecer de indicadores de sustentabilidad (como la huella de carbono o la huella ecológica) en diferentes ámbitos. Es un parámetro básico en la planificación energética.

Palabras Clave. huella ecológica, huella de carbono, mix de generación, sustentabilidad, rendimiento energético.

Introducción

La electricidad constituye un elemento energético clave para el desarrollo socioeconómico en todos los ámbitos. Durante el año 2011 en el Ecuador se generaron 20 544.14 GWh de electricidad y se importaron 1294.59 GWh; totalizando 21 838.73 GWh. De este valor, el 86.6 % se destinó a consumo público; y el restante 13.4 % para

procesos productivos y de explotación [1].

La electricidad se genera en parte por la combustión de recursos no renovables, como los combustibles fósiles (carbón, diesel, bunker, gasolina, gas natural, gas licuado de petróleo, otros); que se utilizan típicamente en calderos, turbinas o motores de combustión interna. Estos dispositivos a su vez accionan un generador eléctrico. Los rendimientos energéticos (electricidad produci-

ISSN 1390-5384



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 ₂			Densidad			Observaciones
	Valor	Unidad	Fuente	Valor	Unidad	Fuente	Valor	Unidad	Fuente	
Fuel oil	40.4	TJ Gg ⁻¹	[6]	77 400	kg TJ ⁻¹	[2]	944	kg m ⁻³	[7]	Se asume la densidad de la gasolina
Diesel 2	43	TJ Gg ⁻¹	[6]	74 100	kg TJ ⁻¹	[2]	845	kg m ⁻³	[7]	
Nafta	44.5	TJ Gg ⁻¹	[6]	73 300	kg TJ ⁻¹	[2]	739	kg m ⁻³	[7]	
Gas natural	48	TJ Gg ⁻¹	[6]	56 100	kg TJ ⁻¹	[2]	673	kg m ⁻³	[7]	
Residuo	40.4	TJ Gg ⁻¹	[6]	77 400	kg TJ ⁻¹	[2]	944	kg m ⁻³	[7]	
Crudo	42.3	TJ Gg ⁻¹	[6]	73 300	kg TJ ⁻¹	[2]	874	kg m ⁻³	[7]	70 % propano + 30 % butano
Gas licuado de petróleo	47.3	TJ Gg ⁻¹	[6]	63 100	kg TJ ⁻¹	[2]	528.6	kg m ⁻³	[7]	
Bagazo de caña	2220	kcal kg ⁻¹	[8]	780	kg Mg ⁻¹	[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
Emissiones totales netas	3050.2	3253.3	3052.7	3499.8	4398.7	5324.1	5460.9	4612.3	6779.1	8101.7	6841.3

Tabla 3: Emisiones de CO₂ (kt año⁻¹) debido a la generación bruta de electricidad en el Ecuador durante el periodo 2001-2011.

da/calor liberado de combustión) con tecnologías convencionales son normalmente bajos, varían entre 0.3 y 0.35. Las tecnologías de cogeneración (generación de electricidad y aprovechamiento del calor de los gases de combustión) o de ciclo combinado (generación de electricidad y aprovechamiento del calor de los gases de combustión para generar una cantidad adicional de electricidad) permiten obtener rendimientos mayores, entre 0.4 y 0.55. El uso de combustibles fósiles para la generación de electricidad, implica la emisión de contaminantes del aire y de gases de efecto invernadero.

Las fuentes renovables (hidroeléctricas, biomasa, parques eólicos, parques fotovoltaicos, otras) y de energía nuclear, contribuyen en la generación de electricidad con un impacto mínimo o nulo en la generación de gases de efecto invernadero, aunque generan o presentan otros impactos o riesgos ambientales.

En el año 2008 se generaron 19.1 PWh de electricidad en todo el planeta, de los cuales el 67.2 % fue producido mediante combustibles líquidos, gas natural y carbón; el 19.3 % fue generado con fuentes renovables, y el 13.5 % en centrales nucleares. Para el año 2035 se proyecta que la participación de combustibles líquidos, gas natural y carbón sea del 60.2 % [4].

El porcentaje de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) que se atribuye a la electricidad es importante. Para el año 2010 se estima que la emisión de CO₂ de todo el mundo fue de 30.3 Gt; de las cuales, el 41 % corresponde a la generación eléctrica y de calor [5].

La matriz o mix de generación se refiere a la infraestructura de un país o región para la producción eléctrica. Define el nivel de emisiones de contaminantes del aire y de gases de efecto invernadero.

Una magnitud clave para el cálculo de indicadores de impacto o de sustentabilidad, es el factor de emisión de CO₂ por la generación de una unidad de electricidad.

Se presenta la estimación del factor de emisión de CO₂, debido a la generación de electricidad en el Ecuador, durante el periodo 2001 - 2011.

Métodos

Se recopiló información del Consejo Nacional de Electrificación (Conelec), en relación al consumo de combustibles para producción bruta de electricidad en el periodo 2001 - 2011 (Tabla 1). La producción bruta corresponde a la cantidad de electricidad generada mediante toda la infraestructura existente en el país, destinada tanto para servicio público y no público [2].

Para los combustibles de la Tabla 1, se recopiló información del poder calorífico, el factor de emisión de CO₂ debido a la combustión por unidad de combustible y la densidad (Tabla 2).

Adicionalmente se recopiló la información sobre la producción 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

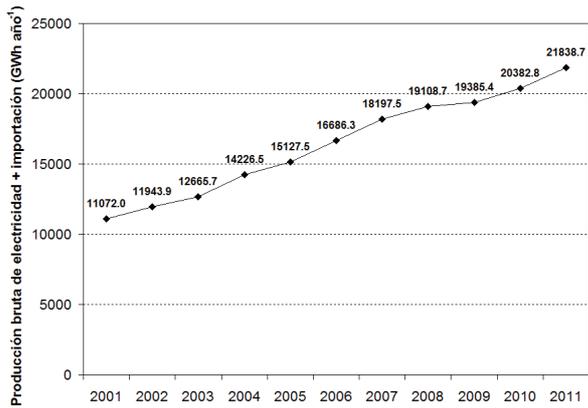


Figura 1: Producción bruta de electricidad en el Ecuador más energía importada (GWh año⁻¹) durante el periodo 2001–2011 [4, 5].

renovables (hidráulica principalmente; en menor grado, térmicas que usan bagazo de caña de azúcar; y eólica – fotovoltaica con participaciones marginales), no renovables (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.

Resultados y Discusión

Con los datos de las Tablas 1 y 2, se calculan las emisiones de CO₂ debido a la generación bruta de electricidad (Tabla 3). Las emisiones totales netas no incluyen los valores de la caña de azúcar, considerando que al ser biomasa, su combustión no genera emisiones netas de CO₂.

El factor de emisión de CO₂ por cada unidad de electricidad disponible para consumo se establece dividiendo las emisiones totales netas de la Tabla 3, para los valores de producción bruta de electricidad más energía importada de la Figura 2. Los resultados se indican en la Figura 3.

Los resultados indican que las emisiones anuales de CO₂ debido a la generación bruta de electricidad en el Ecuador,

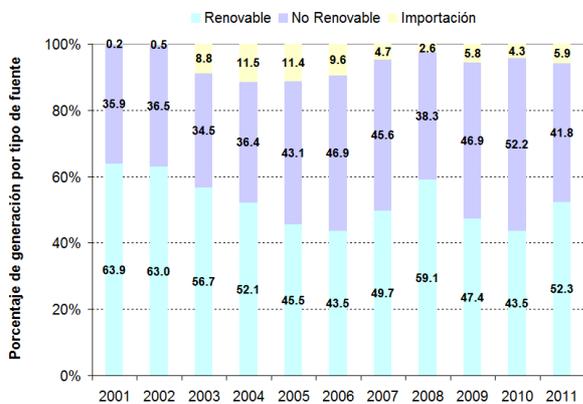


Figura 2: Composición en porcentaje de la generación de electricidad en el Ecuador durante el periodo 2001–2011 por tipo de fuente [2, 3, 9–17].

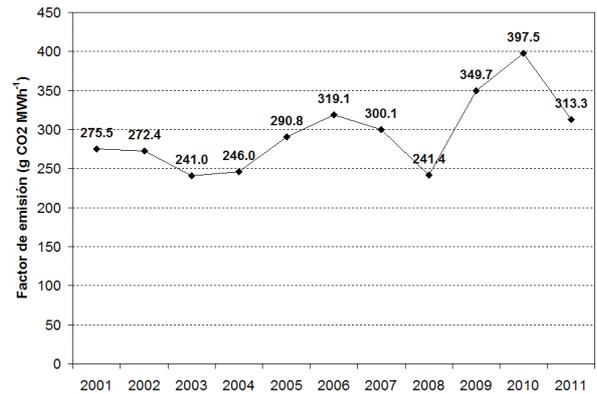


Figura 3: Factor de emisión de CO₂ (g kWh⁻¹) para la generación de electricidad en el Ecuador durante el periodo 2001–2011

en el periodo 2001–2011, variaron entre 241.0 y 397.5 g CO₂ kWh⁻¹.

El factor de emisión de CO₂ por cada unidad de electricidad disponible para consumo, varió entre 241.0 y 397.5 g CO₂ kWh⁻¹. El mayor valor del factor de emisión corresponde al año 2010, año con el mayor porcentaje de participación de fuentes no renovables (52.2 %). El menor valor corresponde al 2003, año con la menor participación de fuentes no renovables (34.5 %).

La Agencia Internacional de la Energía [3] reporta el valor medio del factor de emisión para el Ecuador, para el periodo 2008 – 2010, igual a 319.3 g CO₂ kWh⁻¹. El valor medio del periodo 2008 – 2010, de la Figura 3 es igual a 329.5 g CO₂ kWh⁻¹, con una diferencia del 3.2 %.

Algunos países con el promedio 2008 – 2010 del factor de emisión mayores al Ecuador son: Estonia (1059), India (936), China (790), Grecia (730), Estados Unidos (528), México (447), Chile (398), Argentina (365) [3].

Algunos países con el promedio 2008 – 2010 del factor de emisión menores al Ecuador son: Canadá (183), Colombia (153), Brasil (81), Suecia (22), Noruega (10) [3].

El valor más reciente que se puede deducir en base a la información pública del CONLEC corresponde al 2011, que presenta un factor de emisión de 313.3 g CO₂ kWh⁻¹. En este año los porcentajes de participación fueron del 52.3 %, 41.8 % y 5.9 % para las fuentes renovables, no renovables e importación, respectivamente.

Conclusiones

El factor de emisión de CO₂ por el consumo unitario de electricidad es utilizado en varios ámbitos: nacional, regional, local, institucional, familiar, personal; en evaluaciones de indicadores de sustentabilidad, como la huella de carbono, la huella ecológica. Es un parámetro básico en la planificación energética para evaluar el cambio de las emisiones con nuevas configuraciones de la matriz o mix energético.

Para reducir las emisiones por la generación de electricidad, se deben trabajar de manera prioritaria en ahorro y eficiencia energética; así como en la reducción del factor de emisión. Para el segundo punto, se pueden analizar la viabilidad del cambio a tecnológicas más eficientes, como las centrales de ciclo combinado; y el incremento de la generación de fuentes renovables, eligiendo opciones con el mínimo impacto y riesgo ambiental.

Agradecimientos

A María del Carmen Cazorla, por sus observaciones y sugerencias; así como por la revisión del texto en inglés.

Referencias

- [1] Conelec. 2012. "2011 Estadísticas del sector eléctrico ecuatoriano. Folleto Resumen". *Quito, Ecuador*, 46.
- [2] Conelec. "Estadísticas del Sector Eléctrico Ecuatoriano. Año 2001" Versión Preliminar. *Quito – Ecuador*.
- [3] Conelec. 2012. "2011 Estadísticas del Sector Eléctrico Ecuatoriano". Folleto Multianual. *Quito – Ecuador*.
- [4] EIA. 2011. "International Energy Outlook 2011". *U.S. Energy Information Administration. Washington – USA*, 292.
- [5] IEA. 2013. "IEA Statistics. 2012 Edition. CO₂ Emissions From Fuel Combustión. Highlights". *International Energy Agency. Paris – France*, 125.
- [6] IPCC. 2006. "2006 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*.
- [7] USEPA. 1985. "Miscellaneous Data & Conversion Factors". *Apendix A*.
- [8] USEPA. 1996. "Bagasse combustion in sugar mills". *US Environmental Protection Agency. AP 42, Fifth Edition, Volume I. Chapter 1: External Combustion Sources*.
- [9] Conelec. 2003. "Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano. Año 2002". *Primera Revisión. Quito – Ecuador*, 350.
- [10] Conelec. "Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano. Año 2003". *Quito – Ecuador*, 394.
- [11] Conelec. "Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano. Año 2004". *Quito – Ecuador*, 425.
- [12] Conelec. "Estadísticas del Sector Eléctrico Ecuatoriano. Año 2005".
- [13] Conelec. 2007. "Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano. Año 2006". *Quito – Ecuador*, 310.
- [14] Conelec. 2008. "Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano. Año 2007". *Quito – Ecuador*, 367.
- [15] Conelec. 2009. "Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano. Año 2008". *Quito – Ecuador*, 362.
- [16] Conelec. 2010. "Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano. Año 2009". *Quito – Ecuador*, 388.
- [17] Conelec. 2011. "2010. Boletín Estadístico del Sector Eléctrico Ecuatoriano". *Quito – Ecuador*, 204.