

ANALYSIS OF RENEWABLE ENERGY CONSUMPTION IN COLOMBIA

ANÁLISIS DEL CONSUMO DE ENERGÍA RENOVABLE EN COLOMBIA.

M.Sc. Miguel Arlenzo Duran^{1,2}, M.Sc. Camilo Leonardo Sandoval², M.Sc. Brayan Eduardo Tarazona², M.Sc. Javier Ascanio Villabona², M.Sc. Arly Darío Rincón², Ph.D. Luis Alfonso Del Portillo¹, Ph.D. Yesid Javier Rueda³

¹University of the Basque Country UPV/EHU

²Unidades Tecnológicas de Santander

³Universidad Industrial de Santander

E-mail: aduran@correo.uts.edu.co, csandoval@correo.uts.edu.co, btarazona@correo.uts.edu.co, jascanio@correo.uts.edu.co, arincon@correo.uts.edu.co, luis.delportillo@ehu.eus, yjrueda@uis.edu.co

Abstract: In this work, an analysis of primary energy consumption statistics was made, comparing the consumption of renewable energies, analyzing from global, continental and national statistics. A comparative analysis and a projection of the scenarios in the country was made, considering equivalent renewable energy consumption of the referent countries. A comparative analysis and projection of the scenarios in the country was made, considering equivalent renewable energy consumption in the referent countries, with the purpose of reducing the consumption of fossil fuels. The results of the research show that Colombia has increased its consumption of renewable energy, but is still far from having percentages of consumption close to those of the countries that are in the first places in terms of renewable energy consumption.

Keywords: renewable energy, biomass, consumption, fossil fuels.

Resumen: En este trabajo se realizó un análisis de estadísticas de consumo de energía primaria en comparación del consumo de energías renovables, analizando desde las estadísticas globales, continentales y nacionales. Se realizó un análisis comparativo y una proyección de los escenarios en el país considerando consumos de energía renovable equivalente de los países referentes, con la finalidad de disminuir el consumo de combustibles fósiles. Los resultados de la investigación muestran que Colombia ha aumentado el consumo de energía renovable, pero aún se encuentra lejos de tener porcentajes de consumo cercanos a los países que se encuentran en los primeros lugares en cuanto al consumo de energía renovable se refiere.

Palabras clave: energía renovable, biomasa, consumo, combustibles fósiles

1. INTRODUCCION

Actualmente, la creciente población mundial ejerce presión sobre el uso de la tierra debido al aumento de la demanda de alimentos en los mercados mundiales y la producción de energía para satisfacer el consumo humano de más de 8600 millones de personas estimados para el año 2030.

Estas presiones conllevan a impactos económicos y a incrementan los riesgos ambientales debido al impacto en la categoría de cambio climático. Se

necesitan nuevos modelos de energía renovable y producción de alimentos para disminuir simultáneamente las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), usar la tierra de manera más eficiente y reemplazar grandes cantidades de combustible fósil. Una de las fuentes renovables de energía es la biomasa residual agrícola, se estima que en Colombia hay una producción anual de biomasa cercana a los 45 millones de toneladas (Rincón et al., 2018), que para un país con necesidad de ampliar y diversificar su matriz energética resulta un recurso considerable, esta biomasa puede transformarse mediante procesos

termoquímicos en energía mediante incineración, gasificación o pirolisis, donde estos procesos se diferencian por la cantidad de aire presente en el proceso. Los impactos del cambio climático han superado las proyecciones que años atrás se habían pronosticado, uno de los factores preponderantes en el incremento de sus consecuencias son el uso de combustibles fósiles en mayor proporción que las fuentes de energías renovables.

Por tal motivo es necesario desarrollar y optimizar tecnologías de transformación de energía renovable, que debe garantizar el equilibrio entre la disponibilidad de energía para la población y la preservación de la naturaleza para las generaciones futuras. Dentro de las fuentes de energía renovables. Se observa la biomasa como una de las fuentes de energía renovable que puede impactar positivamente en la sustitución de los combustibles fósiles, el potencial de la biomasa incluye cultivos, árboles, plantas, desechos orgánicos, agroindustriales y domésticos.

América del Sur posee una gran variedad de fuentes de energía amigables con el ambiente, algunos países son grandes productores y tienen grandes reservas de combustibles hidrocarburos, como Argentina, Brasil, Ecuador y Venezuela con sus reservas de petróleo, Bolivia y sus grandes reservas de gas natural, Colombia siendo el cuarto exportador a nivel mundial de carbón, aunque el desarrollo y uso de energías renovables está en expansión (Apergis and Payne 2015). El uso de estas fuentes de energía produce gases de efecto invernadero, polución en incremento del cambio climático, que bajo la mirada de los científicos y la política ha generado gran interés y discusiones respectivamente.

Este documento presentará una revisión de la participación de energía renovable en la matriz energética global, continental y nacional, mostrando las tendencias en el consumo de los diferentes tipos de energías, analizando el De acuerdo con la distribución energética del centro y sur del continente, el consumo de energía derivada del petróleo ha disminuido y mantiene la tendencia global, el gas natural y el carbón han presentado un aumento del 19.7 al 20.8% y del 3.93 al 5.18% respectivamente en los últimos diez años. La energía renovable ha pasado del 3.85% en el año 2009 al 9.53% en el año 2019, representando un porcentaje de aumento mayor al promedio mundial.

¹ One exajoule equals approximately:
Heat units: 239 trillion kilocalories, 948 trillion Btu

panorama de la biomasa en el contexto nacional. También se analizan alternativas en el aprovechamiento de la biomasa, abordando la gasificación como métodos de conversión energética

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. *Análisis del consumo global*

El consumo de energía crece continuamente a nivel global, aunque se aprecia que los países desarrollados mantienen atenuada la tasa de crecimiento, los países en desarrollo evidencian una tasa de consumo mayor. El porcentaje de consumo de energía derivada del petróleo y carbón en los últimos diez años han bajado del 35 al 33% y del 30 al 27% respectivamente, según los datos del reporte estadístico energético en el año 2020, en exajoules¹ (BP 2020). El consumo de energía derivada del gas natural mantiene una tendencia creciente, pasando del 21 al 24% en participación de la matriz energética mundial, sin embargo, las emisiones de CO₂ han presentado un aumento del 15% a nivel mundial, 14% para el centro y sur américa y del 54% para Colombia desde el 2009 al 2019.

Este incremento destaca sobre el porcentaje de aumento global y surcontinental, teniendo en cuenta que la estrategia para disminuir dicho impacto al medio ambiente, es el uso de energías renovables, en ese aspecto a nivel mundial el uso de energías renovables ha pasado de 1.7% a 5%, a nivel surcontinental del 3.85 al 9.5% y en Colombia del 0.8 al 1.1%, mostrando que el aumento porcentual de Colombia se encuentra por debajo de las tasas de incremento global y surcontinental, destacando que sur y centro américa tienen una tasa de incremento mayor al promedio mundial.

La distribución del consumo de energía a nivel mundial muestra que norte América (Canadá, México y Estados Unidos) consumen más energía que el continente europeo (aproximadamente 40%) y que tan solo Estados Unidos consume 2.3 veces más cantidad de energía que Sur y Centro América, estos datos para el año 2019.

Se observa el panorama del centro y sur del continente americano, donde Brasil resalta como el país que consume la mayor cantidad de energía con un 43% del total, le siguen Argentina, Venezuela y Colombia con un 12%, 8% y 6.7% respectivamente.

Solid fuels: 40 tonnes of hard coal, 95 tonnes of lignite and sub-bituminous coal
Electricity: 278 terawatt-hours

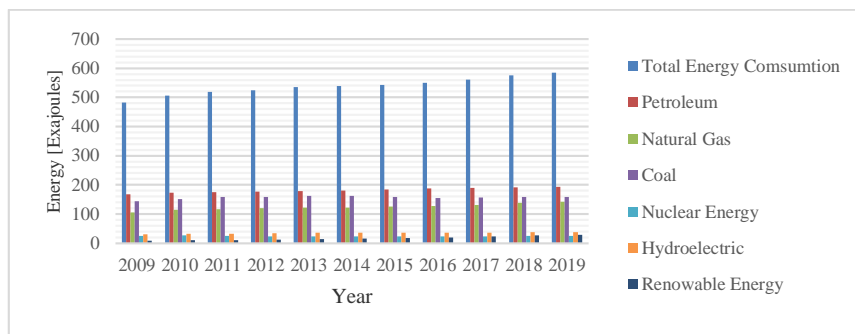


Fig. 1 Distribución del consumo de energía global

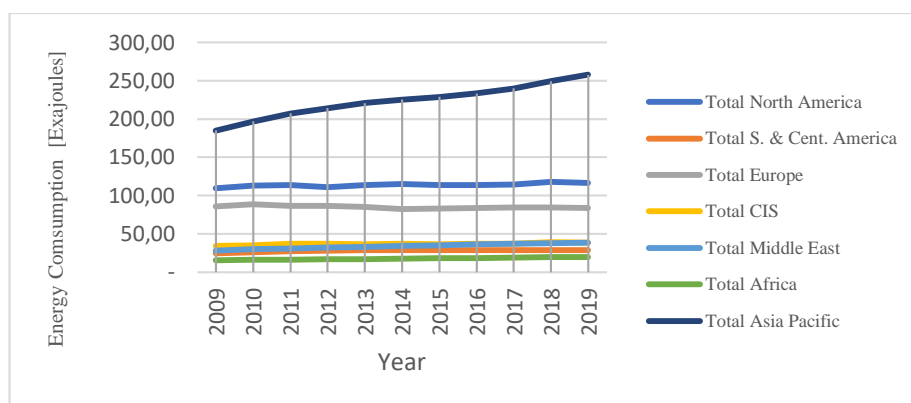


Fig. 2 Consumo de energía por continentes

De acuerdo con la distribución energética del centro y sur del continente, el consumo de energía derivada del petróleo ha disminuido y mantiene la tendencia global, el gas natural y el carbón han presentado un aumento del 19.7 al 20.8% y del

3.93 al 5.18% respectivamente en los últimos diez años. La energía renovable ha pasado del 3.85% en el año 2009 al 9.53% en el año 2019, representando un porcentaje de aumento mayor al promedio mundial.

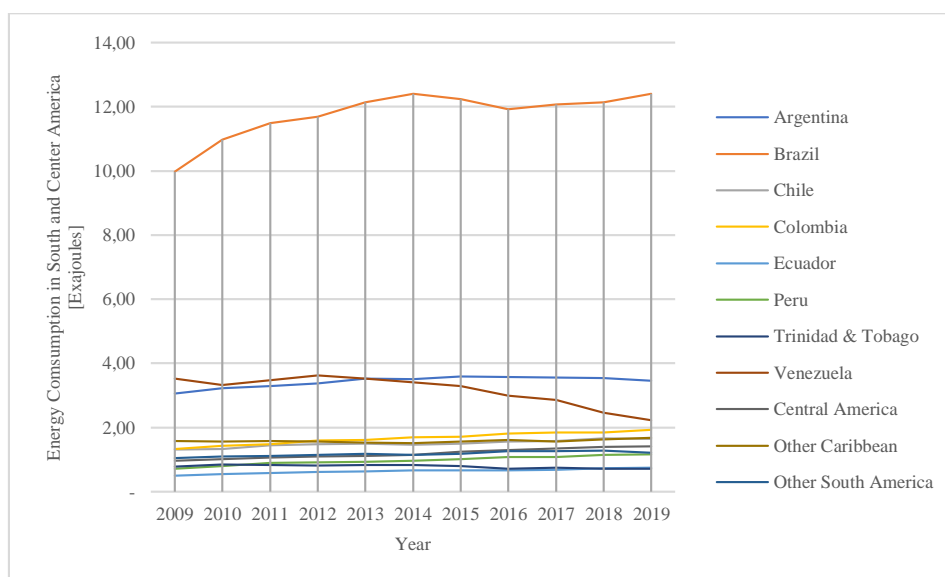


Fig. 3 Consumo de energía en centro y sur América.

2.2. Análisis del consumo de energía renovable en Colombia

En Colombia el consumo de energía renovable está entre el 0.8% y el 1.1% en los últimos diez años aun cuando tiene las tasas de aumento en emisiones de CO₂ mayores en comparación del continente y el mundo en promedio.

De la energía renovable consumida, 5.93 Terawatt-hours en el año 2019 solamente generó 2.23 Terawatt-hours, equivalente al 38% aproximadamente. La generación de energía renovable en Colombia para los años 2018 y 2019 tiene la siguiente distribución:

Tabla 1. Generación de energía renovable en Colombia

Tipo de energía	2018 [%]	2019 [%]
Biomasa y geotérmica	96.9	91.8
Eólica	2.53	2.66
Solar	0.57	5.54

Destaca en materia de energía renovable Brasil, quien consume cerca del 83% de la energía renovable del sur y centro del continente en su matriz energética las energías renovables representan el 16.31% del total consumido para el año 2019, es decir el 74% de la energía del centro y sur del continente.

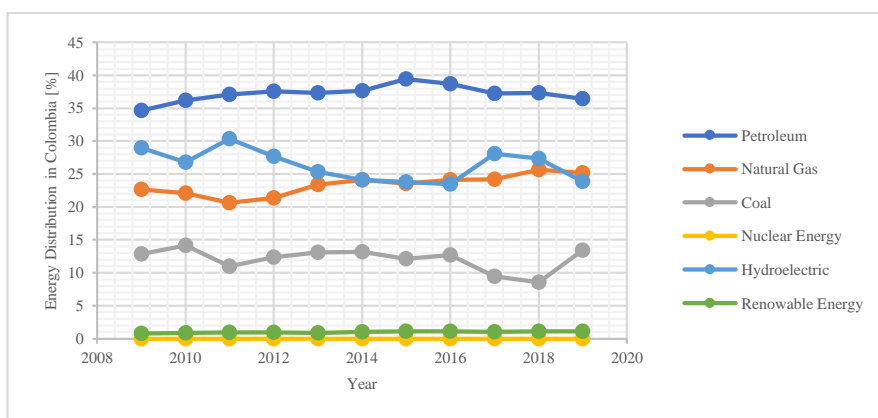


Fig. 4 Distribución del consumo de energía en Colombia

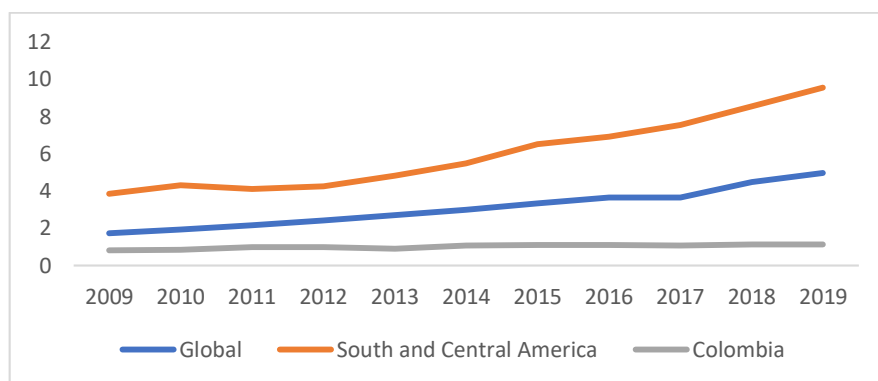


Fig. 5 Porcentaje de consumo de energía renovable respecto a la energía total consumida

El caso contrario al referente Brasil, el análisis de las estadísticas muestra que el consumo de energía renovable en Colombia no ha aumentado significativamente a lo largo de la última década en comparación con el aumento que ha tenido el continente y el mundo en términos porcentuales.

3. RESULTADOS

El consumo de energías renovables en Colombia se encuentra en un porcentaje por debajo de los promedios mundial, sur-continental y del referente a nivel regional que es Brasil, la equivalencia energética bajo la circunstancia de tener el mismo porcentaje de consumo en energía renovable en comparación sería la mostrada en la tabla 2.

Tabla 2. Energía equivalente en Colombia

	Energía equivalente Colombia en [Exajoules]	Energía equivalente en Colombia [Terawatt- hours]
Porcentaje global: 4.96%	0.0954	26.53
Sur y centro America porcentaje: 9.53%	0.183	50.98
Brazil porcentaje: 16.3%	0.313	87.19

Realizando una proyección en función de los porcentajes referentes a Brasil, el escenario del consumo de energía renovables en Colombia y la disminución en el consumo equivalente al aumento de energía renovable en energía proveniente del petróleo se muestra en la figura 6. Se asume que todo el aumento en energía renovable se traduce en la disminución del consumo de la energía derivada del petróleo. Dicho escenario supone una disminución en la emisión de gases contaminantes, incluidos el CO₂.

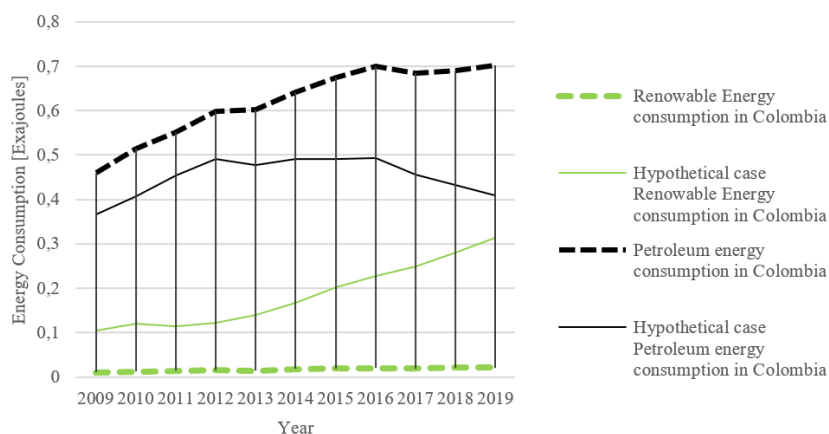


Fig. 6 Escenario de disminución del consumo de combustibles fosiles como consecuencia del aumento del consumo de las energías renovables.

Se muestra en la tabla 3 la distribución de la generación de energía renovable en Colombia. La biomasa representará el objetivo de análisis porque no se cuentan con estadísticas de la energía geotérmica en el reporte estadístico de energía.

Tabla 3. Distribución de la generación de energía renovable en Colombia

Renewable energy generation in Colombia	
Biomass and Geothermal (%)	91.8
Wind (%)	2.7
Solar (%)	5.5

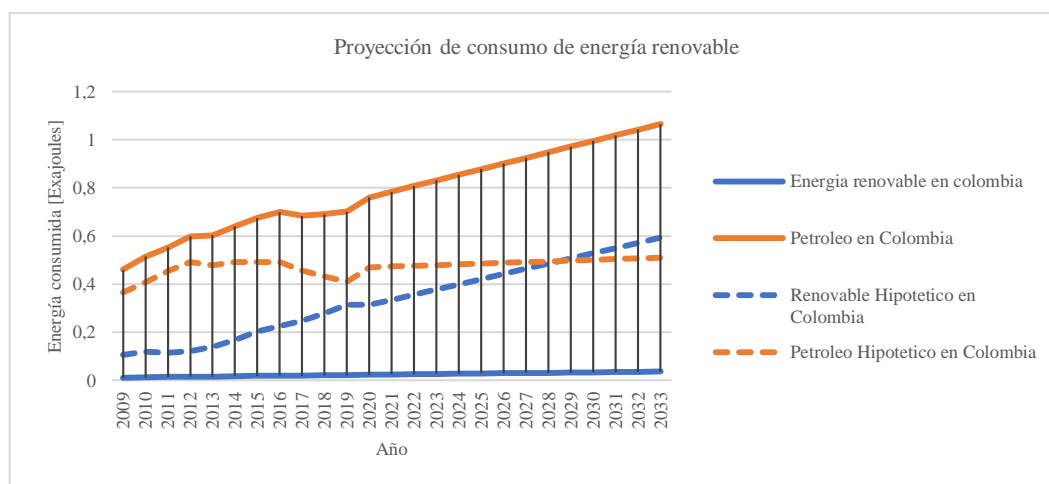


Fig. 7 Proyección del consumo de energía renovable y combustibles fósiles

La proyección del consumo de energía derivada del petróleo, asumiendo que en Colombia se consume el mismo porcentaje de energía renovable que en Brasil, que está cercano al 16 % de la energía total y que ese aumento supone la misma disminución en el consumo de energía proveniente de combustibles fósiles, revela que para mediados del año 2028, los consumos de energía renovable y energía derivada del petróleo serán iguales, a partir de ese año, la energía renovable superará en consumo de combustibles fósiles.

La comunidad científica ha despertado interés en el estudio de la biomasa y las maneras de aprovechar estos recursos en la producción de combustibles y sub-productos como reemplazo de las fuentes de energía no renovables (Y. J. Rueda-Ordoñez 2017)

Teniendo en cuenta las ventajas de la biomasa, es preciso implementar un método eficiente en el aprovechamiento de la energía disponible en la biomasa en energía eléctrica y térmica para procesos agrícolas, para aumentar la eficiencia energética de dichos procesos y disminuir los costos de producción.

Adicionalmente, la modernización de las prácticas agrícolas y la producción de biocombustibles contribuyen actualmente a una reducción del 12,5% en relación con las emisiones totales de GEI establecidas como objetivo en Colombia en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 2015 (COP 21). También abre la posibilidad de modernizar e impulsar la agricultura, mejorar el nivel de vida en las nuevas áreas agrícolas y hacer un buen uso de los vastos recursos naturales (Rueda-Ordóñez 2019).

Para aumentar significativamente los porcentajes de consumo de energía renovable en el país, es imperativo aumentar el uso de las tecnologías de transformación de energías renovables como la gasificación de la biomasa, teniendo en cuenta el potencial que tiene el país en función de su producción agrícola.

Por tal motivo la gasificación se convierte en una alternativa al uso de combustibles fósiles, que traen consigo una serie de efectos nocivos al ambiente, además de los continuos conflictos generados a raíz de que las grandes reservas de dichos combustibles están concentradas en pocos países (Ud and Zainal 2016). La fase gaseosa obtenida en el proceso de gasificación usualmente se llama “Syngas” o gas de síntesis, que contiene un alto poder calorífico que puede usarse en la generación de energía eléctrica o producción de biocombustibles. La fase sólida contiene una parcialidad de biomasa que no logró gasificarse y

materia inerte. (Molino, Chianese, and Musmarra 2016)

La biomasa participa significativamente en el plano energético renovable, según Panwar et al (Panwar, Kaushik, and Kothari 2011) el porcentaje correspondiente a la participación de la biomasa en el consumo total de la energía renovable equivale a un 10.7% para el año 2001, en la actualidad (año 2020) representa un 15.7% y se proyecta que para el año 2030 y 2040 sea de un 20% y 24.6% respectivamente.

El proceso de gasificación tiene la flexibilidad de usar mezclas de biomasa, residuos industriales y comerciales y obtener otros productos a parte del gas, como el compostaje y fertilizantes. Las emisiones de este proceso, comparadas con el proceso de incineración se observa que el proceso de gasificación produce menos emisiones de agentes efecto invernadero que la incineración. (ver tabla 7). El contenido energético extraído en la gasificación de la biomasa, puede aprovecharse en muchos procesos, uno de ellos es en el proceso de generación de energía eléctrica mediante ciclos termodinámicos, como el ciclo Rankine orgánico, éste ciclo puede aprovechar las fuentes de calor de baja y media escala y convertirla en potencia útil (Khan et al. 2017)(Rahbar et al. 2017)

Ventajas de la gasificación

Desde el punto de vista económico, la gasificación representa una alternativa atractiva en la disposición final de residuos orgánicos, comparando la gasificación y la incineración los costos de disposición final están comprendidos entre \$42 y 166\$ por tonelada para la gasificación y entre \$60 y \$90 por tonelada para la incineración (Yassin et al. 2009), se puede apreciar que la gasificación tiene tarifas similares a la incineración, incluso menores, teniendo en cuenta los beneficios que la técnica tiene en comparación a la incineración pues las emisiones de gases contaminantes son menores.

Otro aspecto que es relevante es gas de síntesis obtenido en la gasificación utilizado en la generación de energía eléctrica, térmica o como combustible para otro proceso, se estiman ventas de energía eléctrica proveniente de la gasificación de los residuos de olivas cercanas a los \$20.3 millones. (Luz et al. 2015) también es considerada como la mejor alternativa en explotación de biomasa por su eficiencia y fácil aplicación en comparación de la combustión directa. (Deshmukh et al. 2013).

4. CONCLUSIONES

- El uso de energías renovables puede sustituir en gran medida el consumo de energías no renovables para disminuir el impacto medioambiental como consecuencia de la disminución de la emisión de gases contaminantes como el CO₂.
- La proyección en Colombia asumiendo los porcentajes de participación de energía renovable en Brasil que se duplicó en los últimos diez años del 8% al 16% aproximadamente, asegurarían una disminución en el consumo de energía derivadas del petróleo cercana al 41.7% para el año 2019.
- La relación energía renovable consumida versus energía total consumida en Colombia está por debajo de los promedios continentales y globales, cuya relación fue del 1.1% comparado para el sur y centro del continente que fue del 9.53% y del 4.96% en promedio global para el año 2019.
- El uso de biomasa y energía geotérmica en Colombia representan el 91.8% de la energía renovable generada, seguido de la energía solar con el 5.5% y la energía eólica con el 2.7%.
- Asumiendo los porcentajes de consumo de energía renovable en Brasil, Colombia igualará el consumo de energía proveniente de combustibles fósiles al consumo de energía renovable en el año 2028. Teniendo en cuenta esta estrategia desde el año 2009.

REFERENCIAS

- Apergis, N., and J. E. Payne. 2015. "Renewable Energy, Output, Carbon Dioxide Emissions, and Oil Prices: Evidence from South America." *Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy* 10(3): 281–87.
- BP. 2020. *Statistical Review of World Energy*. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>.
- Deshmukh, Ranjit, Arne Jacobson, Charles Chamberlin, and Dan Kammen. 2013. "Thermal Gasification or Direct Combustion? Comparison of Advanced Cogeneration Systems In the Sugarcane Industry." *Biomass and Bioenergy* 55: 163–74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.01.033>.
- Khan, N., A. Kalair, N. Abas, and A. Haider. 2017. "Review of Ocean Tidal, Wave and Thermal Energy Technologies." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 72(October 2015): 590–604. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.079>.
- Luz, Fábio Codignole et al. 2015. "Techno-Economic Analysis of Municipal Solid Waste Gasification for Electricity Generation in Brazil." *Energy Conversion and Management* 103: 321–37. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2015.06.074>.
- Molino, Antonio, Simeone Chianese, and Dino Musmarra. 2016. "Biomass Gasification Technology: The State of the Art Overview." *Journal of Energy Chemistry* 25(1): 10–25. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jechem.2015.11.005>.
- Panwar, N. L., S. C. Kaushik, and Surendra Kothari. 2011. "Role of Renewable Energy Sources in Environmental Protection: A Review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15(3): 1513–24. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.037>.
- Rahbar, Kiyarash et al. 2017. "Review of Organic Rankine Cycle for Small-Scale Applications." *Energy Conversion and Management* 134: 135–55. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2016.12.023>.
- Rueda-Ordóñez, Diego Andrés. 2019. "Environmental and Economic Assessment of the Co-Firing of the Coal-Bagasse mixture in the Colombian Sugarcane Mills." *Revista UIS Ingenierías* 18(2): 77–88.
- Ud, Zia, and Z A Zainal. 2016. "Biomass Integrated Gasi Fi Cation – SOFC Systems: Technology Overview." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 53: 1356–76. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.09.013>.
- Y. J. Rueda-Ordóñez, K. Tannous. 2017. "Kinetic Analysis of Biomass Thermal Decomposition Applying a Scheme of Independent Parallel Reactions." *UIS Ingenierías* 16(2): 119–28.
- Yassin, Liban, Paola Lettieri, Stefaan J.R. Simons, and Antonino Germanà. 2009. "Techno-Economic Performance of Energy-from-Waste Fluidized Bed Combustion and Gasification Processes in the UK Context." *Chemical Engineering Journal* 146(3): 315–27.