

## **¿Es posible mitigar los efectos del fenómeno de El Niño en la generación de energía eléctrica en Colombia?**

Edith Alejandra Suarez Martínez

Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación  
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

Desde el punto de vista geográfico, Colombia es un país privilegiado con una gran diversidad natural que cubre la mayor parte de su territorio, eso implica un factor clave en el desarrollo de los recursos hídricos para construir la riqueza del país. Alrededor de cincuenta ríos importantes fluyen por sus regiones, entre ellos cinco vertientes de grandes vías fluviales (Orinoco, Amazonas, Caribe, Pacífico, Catatumbo) y más de 48 mil humedales que incluyen lagos, lagunas, ciénagas, ríos, arrecifes y estuarios, que hacen de Colombia una joya natural del mundo (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IAVH, 2021)). Además, esta abundancia de agua ha convertido al país en una potencia energética en la región. Muchas de estas fuentes de agua se utilizan para la generación de energía hidroeléctrica, dando a Colombia una base energética limpia y sostenible. Este uso eficiente de los recursos naturales también ha convertido al territorio en un referente regional en términos de producción de energía renovable.

Según la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) un aspecto fundamental por lo cual existe riqueza hídrica en el país es por la cantidad de precipitaciones de lluvia que caen en el territorio, gracias a su extensa red de ríos superficiales, el almacenamiento de aguas subterráneas y la presencia de grandes cuerpos de agua como lagos y lagunas, el país cuenta con un ecosistema acuático diverso que representa un recurso valioso para el sustento de las comunidades y la producción de energía; sin embargo, la disponibilidad de agua en Colombia no es uniforme en todo el país. Hay zonas como La Guajira que están expuestas a condiciones muy desfavorables por su ubicación geográfica y clima (UPME, 2004). La Guajira es una región semiárida que se caracteriza de altas temperaturas y extensa sequía, generando problemas de acceso al agua que afectan a la población y actividad económica de la región; aunque, Colombia es uno de los países con mayor potencial hidroeléctrico del mundo. En 2021, la energía hidroeléctrica representó el 71% de la energía eléctrica generada en el

GIPEM 04, agosto (2023)  
pp. 23-27  
[www.gipem.co/revista-gipem](http://www.gipem.co/revista-gipem)  
[gipem\\_fiarman@unal.edu.co](mailto:gipem_fiarman@unal.edu.co)  
©Derechos patrimoniales  
Universidad Nacional de  
Colombia

país. Además, el potencial de energía renovable de Colombia aún no se ha aprovechado por completo, lo que abre oportunidades para el desarrollo de proyectos de energía limpia y sostenible.

El fenómeno de El Niño es un problema constante en Colombia, ya que afecta la generación eléctrica e impacta la calidad de vida de los colombianos. Este fenómeno es causado por el cambio climático en el sistema de conexión entre el océano y la atmósfera del Pacífico tropical, aumentando las temperaturas de los valles durante el día y las reducciones en el caudal de los ríos (Montealegre y Pabón, Montealegre, 2014). Además, un aumento de la radiación ultravioleta que llega a la tierra también puede contribuir a esta disminución. En 1991 y 1992, el impacto ocasionado por el fenómeno del niño provocó la reducción de lluvias y alteración en patrones de precipitación, lo que en el sector hidroeléctrico indujo la disminución de energía eléctrica en el país, lo que generó gran preocupación entre la población. Desde entonces se han realizado esfuerzos para evitar que esta situación se repita, como la diversificación de la matriz energética y la implementación de medidas de ahorro y eficiencia energética. No obstante, los eventos fenómeno de El Niño continúan amenazando la estabilidad del suministro eléctrico del país, lo que requiere una gestión integral y sostenible de los recursos hídricos.

El eje central de este documento es que las Fuentes No Convencionales de Energías Renovables (FNCER) son una solución parcial para mitigar los efectos causados por El Niño en la generación de energía hidroeléctrica en Colombia, para esto se debe tener una contextualización de la capacidad de generación del Sistema Interconectado Nacional Colombiano (SIN) por ende se da una descripción de la distribución de la estructura de la generación eléctrica en Colombia para las diferentes fuentes de energía renovable, en donde se reflejan que un 68,3% proviene de fuentes hidroeléctricas con 11,9 GW. Por otro lado, para la energía eólica tiene una participación del 0,1% con 0,02GW de generación de energía, la energía solar tiene una participación del 0,1% y una producción de energía eléctrica de 0,02GW y para la energía con biogás tiene una participación del 0,0% con una generación de 0.01GW. Finalmente, la generación de energía a partir del bagazo representa el 0,8% con 0,14 GW de producción de energía, y la generación total de energía a partir de fuentes renovables es de 12 GW. En cuanto a la generación de energía a partir de fuentes no renovables, el carbón tiene una participación del 9,6% con 1,7 GW, el gas representa el 14,9% con 2,6 GW de generación de energía y otros combustibles representan el 6,2% con 1,1 GW para tener finalmente una capacidad total instalada de 17,4 GW (UPME, 2021). Se resaltar la dependencia del país de las fuentes hídricas, las cuales aportan más del 50% de la producción de energía eléctrica del país. Por lo tanto, es sustancial considerar el potencial de una menor producción en caso de un evento de El Niño que afecte directamente la producción de energía hidroeléctrica. En este sentido, se ha estudiado la diversificación de la matriz energética por Fuentes de Energías Renovables No Convencionales para obtener un respaldo confiable y atender las necesidades de energía eléctrica del SIN en casos de baja hidrología. Para analizar la capacidad del FNCER en periodos de baja hidrología, se necesita estudiar varios escenarios internacionales y nacionales, pronósticos de generación, Planes Nacionales de Energía (PENS), datos de generación por tipo de fuente para varios meses, estadísticas, cifras y proyectos actuales y futuros de la FNCER de Colombia.

En un panorama para países como China, India y Estados Unidos con una tendencia a hacer un cambio en su matriz energética promoviendo a las FNCER, dando una mejora a la eficiencia energética a partir de políticas públicas e incentivos para esto, un panorama del uso de fuentes para la generación de energía eléctrica para el año 2040 traerá un crecimiento para las fuentes de petróleo y carbón de 0.4% anual, para el gas 1.5% para la energía hidroeléctrica 18% y las renovables será del 6.9% al 10% (Keynes, 2016). En un panorama actual se tiene que la implementación de estas FNCER a nivel mundial desde el año 2010 hasta el año 2016, tiene una capacidad instalada para las plantas de generación eólicas, solares, PCHS menores a 10 MW es de 906,743 MW (IRENA, Departamento Nacional de planeación, 2018), en donde algunos países como Perú buscan por medio de esta generación tener una seguridad energética al garantizar en los periodos de El Niño una disponibilidad ininterrumpida y precio estable en la energía eléctrica, siendo esta una de las ventajas al usar este tipo de FNCER. por otra parte, que no tienen que recurrir a un subsidio dirigido a la generación por medio de fuentes derivadas del petróleo.

Una de las preocupaciones que surge al incorporar las FNCER es su variabilidad en la estabilidad en los sistemas de distribución en los diferentes países que da como consecuencia una indisponibilidad del suministro de energía eléctrica continuo no obstante, se puede evidenciar de índice de duración en la interrupción promedio del sistema interconectado nacional para países como el de Dinamarca y Alemania donde se tiene un / System Average Interruption Duration Index (SAIDI)/ bajo, con una muy buena confiabilidad, para estos países es importante resaltar la participación de las FNCER en su matriz energética donde el 19,2% de la energía eléctrica en el 2015 fue generada con energía eólica (Graichen, 2016). esta situación también sucedió en el año 2013 con España en donde se ve que la confiabilidad en SIN es buena y en sus matrices energéticas hay un peso considerable de producción de energía eléctrica de las FNCER que mejoró al tener una participación del 30%, no obstante, los países con baja participación de estas fuentes no tienen estos buenos niveles de SAIDI. Por otra parte es importante resaltar que esta generación en países como Uruguay en donde la generación por hidroeléctricas no es muy estable, ya que presenta variaciones entre 25% y 100 % respecto al consumo de este país puesto que se cuenta con pocas fuentes hídricas además donde el almacenamiento para el agua de un año a otro es bajo, aquí podemos ver para este país que la generación de energía solar y eólica, puede ayudar a suplir un poco la demanda puesto que para la generación con energía eólica se tiene un aporte del 42.1% de penetración en el 2015 (Paredes J.R y Ramírez J.J., 2017).

La generación con las FNCER a futuro depende de suponer o proyectar este recurso de acuerdo con los patrones que se presentaron en la obtención de la fuente energética en periodos de años pasados documentados. En Colombia la generación depende en su mayoría de un recurso hídrico, por lo cual en momentos de escasez de este recurso por una sequía bajara la producción de energía eléctrica como sucedió en los años de 2009, 2010, 2013, 2014 y 2015. este tipo de situaciones aumentan por el cambio climático (CorpoEma, 2010a; 2010c, UPME. (2015)), la falta de producción de energía por medio de esta fuente encarece los precios de la energía eléctrica, esto puede ser evitado al no depender de esta generación únicamente o de manera tan fuerte una estrategia para esto es fomentar la generación de energía eléctrica mediante las energías renovables no convencionales como es presentado en los planes de expansión de referencia generación - transmisión de la UPME 2013-2027, un ejemplo de cómo se emplea es como en los proyectos llevados a cabo en la Guajira donde la energía eólica apoyaran a la generación de la energía por fuente hídrica se evidencia en este caso que si es posible que la generación con FNCER con una transición se vaya convirtiendo también en un respaldo en pequeña escala en un principio además de traer otros beneficios al hacer uso de estas energías y no suplir esta demanda por medio de centrales térmicas que son convenientes para no dejar el suministro de energía incompleto, pero si tienen un costo en las tarifas mayores para los usuarios no obstante se encuentra en esta situación de sequía son plantas de generación donde su energía tiene un costo monetario mayor frente a la producida por hidroeléctricas.

El aporte de las FNCER en el SIN en un mes se presenta a continuación la generación promedio para el mes de diciembre del año 2021 en el SIN, para un nivel de embalse del 79.1% fue de 203.80 GWh-día, en un 78,51% está predominada por ser renovable. Se puede observar que la mayor parte de esta generación proviene del tipo de fuente hidráulica con un 97.46% en donde se produce 155.95GWh-día aunque se presentó una disminución de los embalses respecto al mes anterior, con una participación de las otras fuentes no convencionales de energía como biomasa con un 1.725%, eólica 0,09% y solar 0.72% (XM, 2022), con los datos anteriores se distribuye la oferta primaria de energía, se buscan alternativas para seguir diversificando la matriz energética, garantizar una soberanía energética y seguridad, a partir de las proyecciones dadas por el PEN 2020-2050, cumpliendo las demandas de la energía presentes con soluciones energéticas correctas con una incorporación en mayor medida de las FNCER. A continuación se dará una breve descripción de los escenarios propuestos para llegar a diversificar la matriz energética y tener menos dependencia de la fuente hidráulica, el primer escenario es la actualización en el sector energético que incorpora tecnologías que tiene el propósito de impactar positivamente el cambio climático, la generación, se caracteriza en apoyar la construcción pequeñas centrales hidráulicas, plantas

térmicas y la generación solar y eólica a nivel distribuido, luego se tienen el escenario de modernización donde se importaran combustibles líquidos y se pretende potenciar la generación solar y eólica además de aumentar la diversificación con la entrada de lo eólico /off-shore/, por otra parte se tendrá el escenario de inflexión el cual implementa la generación con energía solar, geotérmica, nuclear, eólica y más tecnologías. En el escenario de disrupción se busca descarbonatar la matriz energética y la energía eléctrica es producida en su mayoría por FNCE, FNCER así como el hidrógeno verde. (UPME, 2020).

Ahora que se ha descrito cada uno del escenario se podrá ver la distribución de la oferta por la fuente energética para cada escenario para el 2050, estas son las proyecciones en donde se verá el papel que desempeñaran las FNCER y la fuente hidráulica si las FNCER aumentan su producción de energía y se diversifica más la matriz energética, los siguientes datos de proyecciones fueron consultados de UPME. (2020), en donde para el escenario de actualización se tendrá que el petróleo da un aporte de 44%, el carbón del 7%, la hidráulica 9%, la solar y eólica 6%, hidrógeno 0% otros renovables 9%, luego para el escenario de modernización el gas natural da un aporte de 27%, el petróleo y derivados de 39%, el carbón de 7%, la hidráulica de 8%, la solar y eólica de 6%, el hidrógeno de 0% y otros renovables de 10%, para el escenario de inflexión se tendrá la participación hidráulica del 11% y solar y eólica 8% de hidrógeno 0% y otros renovables 12% y finalmente del escenario disrupción hidráulica, la de solar y eólico 8%, el hidrógeno 11% y otros renovables del 12%, donde para estas proyecciones se tendrá que la matriz eléctrica para cada uno de los escenarios para la actualización de su capacidad instalada para el año 2030 en la fuente de energía hidráulica del 58% y FNCER de 17%, del hidrógeno de 25%, en el que para el año 2050 en la hidráulica del 37% y las FNCER de 44%, hidrógeno 19 %, para el escenario de inflexión, se tendrá para la fuente hidráulica del 59% y FNCER de 17%, hidrogeno 23%, para el año 2050 para la fuente hidráulica del 38% y FNCER de 46%, hidrógeno 13% y finalmente para Disrupción para el año 2030 para la fuente hidráulica del 59% y FNCER de 23%, hidrogeno 17%, para el año 2050 en la hidráulica del 36% y FNCER de 45%, hidrógeno 10 % UPME. (2020), dadas estas proyecciones y camino a tomar del sector energético para el que la dependencia a la generación por medio de fuente hidráulica disminuye considerablemente para los años 2030 y 2050, es posible en el futuro mantener seguridad nacional y producción de energía eléctrica dado que suceda un fenómeno del niño como los ocurridos en el año 2014 y 2015.

A modo de conclusión se puede decir que en la actualidad la matriz energética colombiana tiene un gran aporte aun desde la energía hidroeléctrica, puesto que la mayoría de la capacidad instalada del SIN es debido a la generación con fuente hidráulica, dando lugar a el país dependa en su mayoría de este tipo de generación y en caso de ocurrir una sequía que afecte el nivel del caudal y los embalses del país, cubrir la demanda de energía del país tendrá afectaciones, ya que se depende de la generación hidroeléctrica más del 68,3%, para abordar este problema otros países como Uruguay han optado por incentivar y generar más proyectos de FNCER para no depender de su generación influyente de la fuente hidráulica, es posible a futuro ampliar el aporte de otras FNCER en Colombia para un escenario de inflexión o disrupción el incremento de la participación de la fuente energética será mayor a la hidráulica para estos escenarios, para los dos casos de un 8% además de tener una capacidad instalada para el año 2050 del 44% y 45% con las FNCER siendo posible en uno de estos dos escenarios que la producción de energía no sea tan dependiente a la generación por termoeléctricas y poder solventar o dar un respaldo la demanda de energía eléctrica de esta en caso de un fuerte fenómeno de El Niño, finalmente a nivel nacional se tiene una ruta con desafíos para el sector energético en el que se busca diversificar más la matriz energética y tener una soberanía en el abastecimiento de la energía eléctrica para el país.

## Referencias

Departamento Nacional de planeación. (2018). 2018 Energy supply situation in Colombia.DNP. <https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Energia/MCV%20%20Energy%20Supply%20Situation%20vf.pdf>

- Graichen, P. (2016). The energy transition in the power sector: State of affairs 2015. Berlín: Agora Energiewende. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2021, 02 enero). Humedales: un tesoro anfibio que sobrevive en el 26 por ciento de Colombia. [Comunicado de prensa]. Humedales: un tesoro anfibio que sobrevive en el 26 por ciento de Colombia ([humboldt.org.co](http://humboldt.org.co))
- Keynes, J.M. (2016). PRINCIPALES CONCLUSIONES DEL WORLD ENERGY OUTLOOK 2016: INFORME DE LA FUNDACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA Y AMBIENTAL. Funseam. [https://funseam.com/wp-content/uploads/2017/10/k2\\_attachments\\_1889\\_Informe\\_FUNSEAM\\_-\\_Diciembre\\_2016\\_-\\_Principales\\_conclusiones\\_del\\_WEO\\_2016.pdf](https://funseam.com/wp-content/uploads/2017/10/k2_attachments_1889_Informe_FUNSEAM_-_Diciembre_2016_-_Principales_conclusiones_del_WEO_2016.pdf)
- Montealegre Bocanegra, J.E. (2014). Actualización del componente Meteorológico del modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia, como insumo para el Atlas Climatológico: Actividades desarrolladas en el marco del contrato de prestación de servicios profesionales No IDEAM 078 -2014 IDEAM. <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/440517/Actualizacion+Modelo+Institucional+El+Ni%C3%B1o++La+Ni%C3%B1a.pdf/02f5e53b-0349-41f1-87e0-5513286d1d1d>
- Paredes J.R y Ramírez J.J. (2017). Energías renovables variables y su contribución a la seguridad energética: complementariedad en Colombia. Banco Interamericano de desarrollo. UPME (2021). Informe proyección demanda energéticos. UPME.
- UPME. (2015). Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia. La Imprenta Editores S.A.
- UPME. (2020). Plan Energético Nacional 2020-2050. La Imprenta Editores S.A.
- UPME. (2004). ESTUDIO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA BAJO ESCENARIO DE CAMBIO CLIMATICO. La Imprenta Editores S.A.
- UPME. (2015). Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia. La Imprenta Editores S.A.
- UPME. (2016). Proyección de la demanda de energía eléctrica y potencia máxima en Colombia. UPME.
- XM. (2022, 11 enero). 203.80 GWh-día fue la generación de energía en Colombia en diciembre [Comunicado de prensa]. <https://www.xm.com.co/noticias/4568-20380-gwh-dia-fue-la-generacion-de-energia-en-colombia-en-diciembre>