

UN ENFOQUE SOSTENIBLE SOBRE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN COLOMBIA

A SUSTAINABLE APPROACH ABOUT THE RENEWABLE ENERGY IN COLOMBIA

Santiago Forero Bustamante¹

Fecha de Recepción: 27/03/2023

Fecha de aprobación: 30/06/2023

Resumen

De acuerdo a las evidencias teóricas actuales es posible hablar de un enfoque sostenible en base a la utilización de las energías renovables en Colombia. Sin embargo, la influencia de diversos factores relacionados con las tecnologías de energías renovables (TER) complica el panorama de la implementación y aplicación para el desarrollo social, económico y ambiental futuro. Por ello, el propósito de este artículo fue reconocer e interpretar mediante postulados teóricos las ideas primordiales que se vinculan de manera directa con el estado actual de las energías renovables en Colombia y la capacidad competitiva que pueden llegar a presentar en un escenario a corto y largo plazo. Finalmente, se pudo observar que Colombia tiene una gran capacidad para promulgar y poner en marcha nuevos

¹ Estudiante perteneciente al proyecto curricular de Tecnología en Gestión Ambiental y Servicios Públicos de la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, sede Bosa Porvenir Bogotá D.C., Colombia. Contacto: sforerob@correo.udistrital.edu.co, sforero20@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6857-9854>

proyectos asociados a las energías renovables, siempre y cuando el Gobierno se comprometa a cooperar con los respectivos estudios para la transición energética, especialmente en los proyectos relacionados con la energía hidráulica, eólica y por biomasa que prometen efectuar cambios esenciales en el sector eléctrico colombiano y en la reducción de los impactos asociados al cambio climático.

Palabras clave: Recursos energéticos, sector eléctrico, energías alternativas, desarrollo sostenible.

Abstract

According to current theoretical evidence, it is possible to speak of a sustainable approach based on the use of renewable energies in Colombia. However, the influence of various factors related to renewable energy technologies (RET) complicates the landscape of implementation and application for future social, economic and environmental development. Therefore, the purpose of this article was to recognize and interpret through theoretical postulates the primordial ideas that are directly linked to the current state of renewable energies in Colombia and the competitive capacity that they can present in a short and long-term scenario. Finally, it was observed that Colombia has a great capacity to promulgate and launch new projects associated with renewable energies, as long as the Government undertakes to cooperate with the respective studies for the energy transition, especially in projects related to hydropower, wind and biomass that promise to make essential changes in the Colombian electricity sector and in the reduction of the impacts associated with climate change.

Keywords: Energetic sources, electricity sector, alternative energies, sustainable development.

Introducción

Colombia, a lo largo de su historia, ha demostrado ser un país altamente dependiente de sus recursos naturales los cuales son aprovechados para las diferentes actividades de carácter productivo. Dentro de dichas actividades, se encuentra la ejecución y utilización de los servicios públicos domiciliarios, aunque, sustancialmente; este estudio se enmarca dentro del sector eléctrico colombiano el cual presenta ciertas “fallas” a la hora de obtener la energía eléctrica y emplearla.

Actualmente, el calentamiento global y el cambio climático representan un desafío para el planeta a causa del incremento de los gases de efecto invernadero (GEI) y de la explotación incesante y apresurada de los combustibles fósiles. Debido a esta actividad, se evidencia un notorio deterioro en los ecosistemas y recursos naturales del mundo (Perdomo, 2017), especialmente en Colombia, donde la calidad de vida de los ciudadanos y el desarrollo cada día se ven con más riesgos.

No es una mentira para nadie que el desarrollo de nuevas tecnologías ha facilitado la vida de los seres humanos y es por ello que su implementación es necesaria para generar grandes cambios en cualquier aspecto al que se le haga mención. Además, la ejecución, aplicación e implementación de las nuevas tecnologías puede generar una menor cantidad de impactos ambientales, económicos y sociales producto de las actividades que se llevan a cabo en la actualidad (como las mencionadas en los anteriores dos párrafos). Tal es el caso de las tecnologías de energías renovables.

Las fuentes de energías renovables según Merino (2012) son comprendidas como “aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana. El sol está en el origen de ellas” (p.3). De esta manera, las tecnologías de energías renovables podrían ser entendidas como la utilización de la maquinaria y herramienta necesaria producto de la ingeniería que pone a disposición la energía obtenida de las diferentes fuentes a todo el mundo.

Así pues, gran parte de los impactos generados producto de los GEI podrían ser minimizados a gran escala gracias al uso de estas tecnologías; de hecho, aquellos países que presentan modelos robustos de desarrollo y sostenibilidad ambientalmente positiva, son los mismos que, en su mayoría² se idealizan, integran, interpretan y comprenden como de “primer mundo”.

En este amplio sentido, el siguiente artículo investigativo busca dar a conocer y definir las diferentes alternativas y soluciones³ que existen frente al consumo excesivo de la energía y con relación a las problemáticas generadas por la extracción, consumo y utilización de la misma, pues; al parecer, Colombia tiene un modelo insostenible de generación y producción de energía (por extracción de combustibles fósiles) que no perdurará por muchas más décadas.

El artículo se encuentra dividido en las siguientes secciones: la primera desarrolla una intersección entre la historia eléctrica de Colombia, la matriz energética y las energías alternativas; la segunda da a conocer a partir de la revisión de literatura las energías renovables existentes y su participación dentro del país; la tercera explica con base a la sección dos y al artículo de Georg Caspary cuáles son las energías renovables más competitivas para el territorio; por último, se proceden a dar las conclusiones, recomendaciones y agradecimientos.

Desarrollo: Reflexión

Un pequeño acercamiento histórico de la energía eléctrica en Colombia y su relación con las energías alternativas:

² No en su totalidad.

³ Esta parte se refiere específicamente a las Energías Alternativas o también llamadas “Renovables”.

Colombia, a lo largo del tiempo, ha evolucionado de diferentes maneras frente al desarrollo de la adquisición y distribución de sus recursos energéticos. Por ejemplo, a finales del siglo XIX, la prestación del servicio público de energía eléctrica surgió por iniciativa de inversionistas de carácter privado los cuales tuvieron como objetivo principal la generación, producción, y comercialización de la electricidad⁴(Rodríguez y Beltrán, 2010). En paralelo a estas épocas, se comenzó a estructurar el sistema energético que alimentaría a Colombia, en donde se pudo observar que el país tenía un gran potencial para generar electricidad a partir de la energía que se produce por el agua (Unidad de Planeación Minero Energética [UPME], 2015).

Tiempo después, a mitades del siglo XX Colombia mantuvo un esquema de propiedad privada⁵el cual fue administrado a largo plazo por el Estado debido a la presión continua por parte de la clase política de la época (Rodríguez y Beltrán, 2010).

En los años 80, el sector eléctrico colombiano entra en crisis y genera impactos en el desempeño y funcionamiento del mismo a futuro, tanto así que, debido a esto, se genera el gran racionamiento nacional que comprendió los años de 1991 y 1992 (Rodríguez y Beltrán, 2010).

Posteriormente y a merced del desarrollo de la Constitución Política de 1991 se genera una reestructuración frente a la prestación de los servicios públicos domiciliarios en base a los Artículos 365, 366, 367, 368, 369 y 370.

Finalmente, en 1994 el Gobierno Nacional procede a reformar el Ministerio de Minas y Energía y crea tres unidades administrativas especiales para la distribución del poder las cuales son: la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y la

⁴ A partir de la explotación de los combustibles fósiles.

⁵ Son los derechos de las personas y empresas de poseer capital, bienes u otras propiedades (Billin, s.f.).

Unidad de Información Minero Energética (UIME) (Comisión de Regulación de Energía y Gas [CREG], s.f.).

Hasta la actualidad, los procesos de transformación y evolución mencionados anteriormente con relación a la energía eléctrica en Colombia se llevan a cabo de la misma forma. Tanto así que aún permanecemos en la prestación de los servicios públicos de “tercera generación” (Fonseca, 1999).

Fonseca (1999) afirma que la tercera generación de los servicios públicos es aquella en donde “prima la racionalidad de ‘precios = costos marginales’, entran en juego compañías multinacionales y se consolidan grandes empresas privadas o de carácter mixto, en las cuales el Estado está presente, pero con carácter pasivo” (p.1).

En este sentido y como consecuencia, se obtiene un sistema corriente, sin mayores beneficios⁶, con afectaciones negativas directas e indirectas en el medio ambiente y con un incremento de dinero a la hora de adquirir el servicio de energía a los suscriptores. Todos y cada uno de estos aspectos deberían en lo máximo posible ser evitados en su totalidad, principalmente porque el rendimiento es ineficiente⁷ y la sostenibilidad es prácticamente nula.

Por ello, establecer un modelo sostenible con base a la implementación y utilización de las tecnologías de energías renovables, podría, a grandes rasgos, generar una “revolución” en el sector eléctrico colombiano la cual tenga un rendimiento eficiente en los diferentes sectores de las actividades

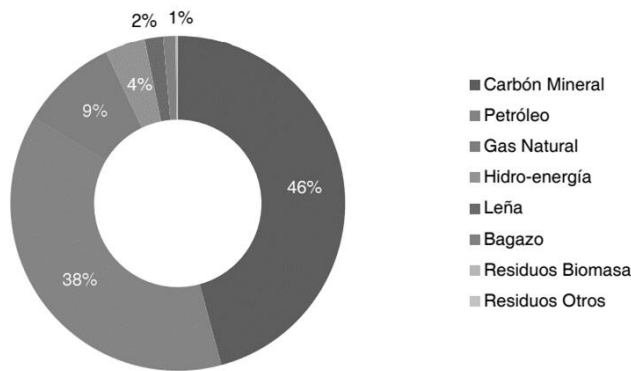
⁶ A excepción del propio servicio de energía eléctrica que se recibe en los hogares, recintos, compañías e industrias.

⁷ Hablando respectivamente de los aspectos ambientales, inversión técnica y el producto obtenido de dichos procesos (la energía).

productivas, minimizando la mayor cantidad de efectos negativos en el medio ambiente y obteniendo como producto una “cuarta generación”⁸ de los servicios públicos (Fonseca, 1999).

En adición y con base a lo apuntado anteriormente, es de vital importancia reconocer la composición de la matriz eléctrica⁹ colombiana, principalmente porque con el transcurso de los años se podría acercar hacia esa “nueva revolución eléctrica” que a futuro, marcará el cambio en el desarrollo de la calidad vida de las personas. De esta manera, se procederá a ilustrar la matriz eléctrica colombiana desde cada uno de sus puntos (Figura 1).

Figura 1. Explotación y producción nacional de los recursos energéticos en el año 2012



Fuente: UPME (2015).

⁸ Gracias a los avances tecnológicos, los usuarios que reciban el servicio de energía podrían inclusive, generar y vender a la misma red el mismo servicio, lo cual los convierte, en cierto sentido en accionistas del negocio. Logrando la máxima eficiencia en los caracteres sociales, económicos y ambientales (Fonseca, 1999).

⁹ La matriz eléctrica o también denominada como matriz energética muestra la participación que tienen los energéticos capturados directamente de recursos naturales en el consumo total de energía eléctrica en un país.

Nota. Según la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) (2015): “la explotación y producción energética del país está constituida a grandes rasgos en un 93% de recursos primarios de origen fósil, aproximadamente un 4% de hidroenergía y un 3% de biomasa y residuos” (p.25).

Por un lado, como se observa en la Figura 1, la explotación y producción pertenece en gran parte a los recursos no renovables, en donde el petróleo es utilizado en su mayoría para la exportación y no para la generación. Por otra parte, la generación de energía que se distribuye a través del Sistema Interconectado Nacional (SIN)¹⁰ pertenece en un 70% a la energía hidroeléctrica, la cual se constituye a grandes rasgos como recurso y fuente de energía renovable (UPME, et al., 2015, p.25-26).

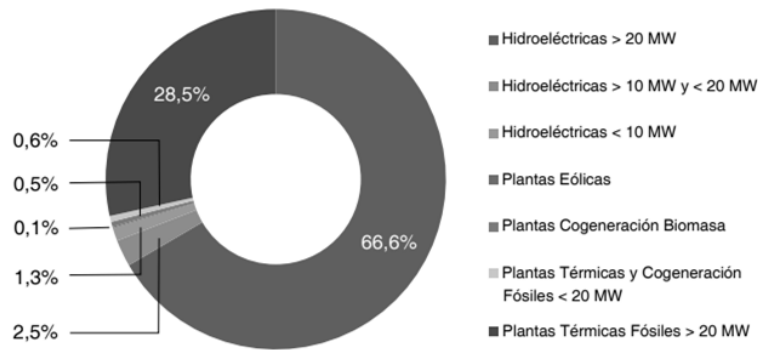
En este sentido, tal y como se muestra en la Figura 2, la capacidad total de generación eléctrica del SIN se atribuye en un 70,4%¹¹ aproximado de energía producida a partir de hidroeléctricas, las cuales en su mayoría presentan una potencia de entre más de 20 y 10 MW (Megavatios). Además, hacen presencia en pequeños porcentajes (0,6%)¹² otros tipos de energías alternativas que dan energía al SIN como lo son las plantas de energía eólica y de cogeneración por biomasa.

¹⁰ La prestación del servicio público de energía eléctrica y su continua expansión se efectúan mediante la conexión física de los usuarios al Sistema Interconectado Nacional – SIN (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2017).

¹¹ Este valor se obtiene sumando el 66,6% perteneciente a la generación de energía hidroeléctrica > 20 MW con el respectivo valor de las hidroeléctricas de > 10 MW y < 20 MW (2,5%) y < 10 MW (1,3%).

¹² Dicho valor se obtiene de la suma de los porcentajes de las plantas eólicas y de las plantas de cogeneración biomasa los cuales son de 0,1% y 0,5% respectivamente. No se debe confundir con el 0,6% de las plantas térmicas y cogeneración fósiles <20 MW.

Figura 2. Capacidad de generación eléctrica del SIN a diciembre de 2014



Nota. Según la UPME, el BID y el GEF (2015) “la matriz eléctrica, que produce aproximadamente un 17% de la energía final consumida en el país, cuenta con la amplia participación de la energía hidroeléctrica como recurso renovable, que representa entre el 70% y 80% de la generación” (p.25).

Fuente: UPME (2015).

Una vez reconocida la matriz eléctrica colombiana tanto en explotación como en generación se puede decir que la energía renovable en Colombia (hasta el momento) influye significativamente en la prestación del servicio público de energía eléctrica, aunque prime en mayores instancias el uso la energía hidráulica.

En términos generales, es necesario mencionar que el uso intensivo de otro tipo de energía alternativa dentro de la matriz eléctrica influiría de manera significativa en la forma en que se distribuye y transforma la energía en la actualidad. Inclusive, se podría esperar una disminución en la alta dependencia que presenta el país en materia de la utilización de los recursos hídricos para la generación

de electricidad y se plantearía la amplificación en cobertura para las Zonas No Interconectadas (ZNI)¹³ del país.

Las energías renovables y su participación en Colombia

Actualmente, existe una amplia variedad de recursos renovables los cuales son capaces de generar energía eléctrica a partir de sus características natas. Dichas energías, serían capaces de generar cambios eficientes en la forma en cómo se comporta la matriz eléctrica actual, en cómo se desarrolla el futuro energético colombiano y en cómo se logra alcanzar la disminución de gran parte de los impactos provocados por el calentamiento global y el cambio climático. En este sentido, las energías provenientes de recursos renovables conocidas hasta la fecha son: la energía solar, la energía hidráulica¹⁴, la energía eólica, la energía por biomasa y la energía geotérmica.

Energía solar

La energía solar es aquella que se obtiene a partir del calor y la radiación solar (Roldán, 2013). La energía solar se puede adquirir mediante paneles solares fotovoltaicos y captadores solares, los cuales dependen del tipo de tecnología a la que se haga referencia (ver Tabla 1). Es recomendable hacer uso de este tipo de energía ya que, según Santamarta (2004) “la energía solar absorbida por la tierra en un año es equivalente a 20 veces la energía almacenada en todas las reservas de combustibles fósiles en el mundo y diez mil veces superior al consumo actual” (p.35).

¹³ Las Zonas no Interconectadas – ZNI, son aquellas áreas geográficas que no se encuentran acopladas de forma eléctrica al SIN (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2017).

¹⁴ La cual engloba a las energías mareomotriz y undimotriz. Dichas energías aprovechan el movimiento de las mareas y olas respectivamente para convertirlas en energía eléctrica.

Colombia se encuentra posicionada como uno de los países con mayor radiación solar en el mundo, y por lo tanto tiene el potencial para abastecer de energía al SIN. De hecho, el país presentó un incremento constante respecto a la capacidad instalada de energía solar desde el año 2015 hasta el año 2021. Por ejemplo, si se pone en comparación la capacidad instalada en el año 2020 a la del 2021, se puede observar que el crecimiento representó un total del 113,95%, los cuales se traducen en 184 MW de potencia instalada en el territorio (Statista Research Department, 2022).

Energía hidráulica

La energía hidráulica es una energía renovable la cual consiste en aprovechar el movimiento y la fuerza del agua para obtener electricidad. Mediante este proceso se genera energía cinética y potencial, las cuales se convierten en energía mecánica. Dicha energía mecánica es convertida en energía eléctrica por medio de un generador eléctrico (Torres, 2020).

Asimismo, la producción hidroeléctrica en el mundo representa en la actualidad el 2,2% del total de la energía primaria y alrededor del 19% de la electricidad (Agencia Internacional de Energía, 2005, como se citó en Soria, 2010). Del mismo modo, como se apuntó anteriormente, la energía hidráulica representa aproximadamente un 70% y 80% de la generación de energía eléctrica dentro de Colombia y un 70% dentro del SIN.

Energía eólica

Cuando el viento actúa como principal elemento para la generación, desarrollo y producción de energía se le denominará como energía eólica. La energía eólica, según ENEL Perú (2018) “es una fuente

de energía renovable que se obtiene de la energía cinética del viento que mueve las palas de un aerogenerador el cual a su vez pone en funcionamiento una turbina que la convierte en energía eléctrica”. Dicha energía es comprendida como una de las más “limpias”¹⁵ y usadas en el mundo. De hecho, Santamarta (2004) afirma que “la energía eólica podría proporcionar cinco veces más electricidad que el total consumido en todo el mundo, sin afectar las zonas con mayor valor ambiental” (p. 38). Por tal razón, la energía eólica podría ser junto con la energía solar, una de las energías renovables más viables para futuro. En la actualidad, Colombia cuenta con el Parque eólico Jepirachi administrado por las Empresas Públicas de Medellín (EPM) el cual tiene una capacidad instalada de 19,5 MW de potencia nominal (Empresas Públicas de Medellín [EPM], s.f.) pero que no distribuye su energía al SIN. De igual modo, el país también cuenta con el nuevo parque eólico Guajira I administrado por ISAGEN, el cual se convierte en el primer parque eólico en entrar en operación luego de 17 años, con una capacidad instalada de 20 MW de potencia nominal que se convertirá en el primero en alimentar de energía eléctrica al SIN (Revista Portafolio, 2022).

Energía por biomasa

La biomasa es un tipo de energía renovable en donde su contenido energético procede de la energía solar fijada por los vegetales en el proceso de fotosíntesis. Dicha energía es liberada al romper los enlaces de los compuestos orgánicos en el proceso de combustión, obteniendo como productos el dióxido de carbono (CO₂) y el agua (H₂O) (Fernández, 2003). Finagro (s.f) afirma que “Colombia tiene enormes oportunidades y potencial” para desarrollar y reforzar adecuadamente el sector de las energías

¹⁵ Ningún tipo de energía renovable es completamente limpia, ya que existen factores dentro de algunas etapas (como las de construcción y mantenimiento) que pueden generar impactos negativos en el medio ambiente.

renovables relacionadas con la biomasa, especialmente en las zonas rurales del país en donde existe una mayor incidencia de generación y utilización de las materias orgánicas.

Energía geotérmica

La energía geotérmica se comprende como la energía contenida en forma de calor dentro de la tierra la cual se transfiere posteriormente a la superficie para hacer uso de ella. Dicho calor se genera en la estructura interna de la tierra y es elaborado por procesos físicos que tienen lugar dentro de la superficie (Barbier, 2002). Al parecer, Colombia no presenta en la actualidad ningún tipo de proyecto relacionado con la energía geotérmica, principalmente por su costosa inversión en estudios térmicos, uso de maquinaria, impactos ambientales, impactos sociales, impactos culturales y puesta en marcha.

No obstante, la empresa ISAGEN S.A. E.S.P se encuentra realizando los respectivos estudios relacionados con dos proyectos de energía geotérmica en áreas con altos potenciales geotérmicos. El primero de ellos se encuentra localizado en el Macizo Volcánico del Ruiz (MVR) y el segundo en la zona de influencia de los volcanes Tufiño, Chiles y Cerro Negro en la frontera con el Ecuador (Marzolf, 2014).

Habiendo hecho una pequeña recapitulación sobre las energías alternativas y su participación en Colombia es necesario comprender que las formas de adquisición de cada una de las energías renovables dependen del tipo de tecnología a la que se haga mención. Por ello, es pertinente traer a colación el contenido expuesto en la Tabla 1.

Tabla 1. Tipos de energías renovables, tecnologías, adquisición y usos finales

Tipo de energía	Tecnología	Adquisición	Uso
Solar	Fotovoltaica	Paneles solares	Electricidad
	Térmica	Captadores solares	Calor y electricidad
Hidráulica	Centrales hidroeléctricas	Grandes y pequeñas centrales hidráulicas – GCH y PCH	Electricidad
	Pequeños embalses de aprovechamiento	Turbinas	Electricidad
Eólica	Fuerza motriz por aire	Aerobombeo	Fuerza motriz
	Energía mecánica	Aerogeneradores	Electricidad
Biomasa	Gasificación	Gasificador	Combustible de Gas
	Digestión anaerobia	Biodigestor	Biogás combustible

	Pirólisis	Pirolisador	Combustible y Bioaceites
	Fermentación	Destilador	Bioetanol
	Combustión	Hornos y calderas	Calor y electricidad
	Esterificación	Unidad de esterificación	Biodiesel, Biogás

Geotérmica	Calor interno de la tierra, géiseres o volcanes	Plantas de Energía Geotérmica/Centrales geotérmicas	Electricidad
	Usos directos	Aguas termales	Recreación

Nota. La tabla ilustra las energías renovables vigentes en la actualidad, sus tecnologías, sus formas de adquisición y sus respectivas aplicaciones. **Fuente:** Elaboración propia y con base a documento técnico de la UPME (2005).

Las energías alternativas más competitivas para Colombia

En el presente apartado se procederá a explicar desde la energía alternativa más competitiva para el país hasta la menos competitiva teniendo en cuenta algunos aspectos tales como la inversión, su eficiencia y su efectividad a corto y largo plazo. Es importante aclarar que los postulados complementados a continuación fueron hechos con base al artículo *Gauging the future competitiveness of renewable energy in Colombia* del autor Georg Caspary.

- Los desarrollos asociados con las *energías hidroeléctricas* presentan las **mejores oportunidades** en lo que respecta al **futuro a corto y a largo plazo** del país, de hecho, se estima que el uso de las grandes y pequeñas centrales hidráulicas podrían ser un gran beneficio en materia de la reducción de impactos ambientales negativos y de la generación de energía eléctrica continua. Además, gran parte de los beneficios con los que cuenta este tipo de energía es que las experiencias ligadas al desarrollo de megaproyectos hidráulicos dentro del país facilitan en cierto modo la ubicación y existencia de los sitios adecuados para el desarrollo de proyectos similares. Por una parte, el Gobierno de Colombia tendría la misión de apoyar los esfuerzos para identificar los sitios prometedores ya que los estudios asociados a este tipo de energía (pre factibilidad y factibilidad) parecen ser una barrera importante, especialmente para las grandes centrales hidráulicas. Por otra parte, las pequeñas centrales hidráulicas parecen ser proyectos financieramente atractivos ya que los costos de producción están relacionados de manera directa con las características específicas del sitio en cuestión.
- La *energía eólica* presenta una **gran capacidad** para adaptarse al mercado **actual** debido a que es una de las tecnologías de energías renovables más competitivas en un escenario futuro a **corto**

plazo (alrededor de 5 a 8 años). Esto se debe especialmente a que los costos de producción de energía eléctrica provenientes de los vientos son los menores y probablemente continúen siéndolo en términos de producción para el 2030. Además, la amplia disponibilidad de recursos eólicos que principalmente se localizan en las regiones del norte de Colombia¹⁶ serían idóneos para generar la suficiente energía para satisfacer el doble de la demanda de energía eléctrica colombiana (Pérez y Osorio, 2002).

- Al parecer, los costos ligados a la generación de energía *eléctrica por biomasa* resultan ser **competitivos** en un escenario a **largo plazo** (alrededor de 15 a 20 años). Sin embargo, hacer uso de la biomasa no sería muy competitivo en un futuro a corto plazo principalmente por la inversión tecnológica que hay que utilizar en muchas de las zonas rurales no interconectadas. Para este último caso, la biomasa podría llegar a convertirse en una opción llamativa en el **futuro cercano**, siempre y cuando el Gobierno colombiano desarrolle políticas de investigación que estén encaminadas y enfocadas hacia este objetivo y en donde la ruralidad sea el principal actor.
- La *energía solar fotovoltaica* se encuentra entre una de las tecnologías de energía renovables **más alejadas de ser competitivas**. Probablemente la competitividad de este tipo de tecnología sea aplicada en un **futuro a largo plazo** (aproximadamente en el 2030), esto debido a sus altos costes de inversión y mantenimiento por pequeñas cantidades de efectividad y producción.
- Finalmente, la *energía geotérmica* se podría comprender como la **energía menos competitiva** en el país. Tal y como se apuntó anteriormente, los estudios ligados al uso y potenciamiento del aspecto geotérmico son realmente complejos ya que los costos e inversión dependen significativamente de la ubicación en donde se encuentre y, por tanto, su competitividad será rentable en un futuro **a largo plazo**. En caso de que se haga la respectiva evaluación de viabilidad

¹⁶ Especialmente la región de la Guajira.

por parte de entidades de carácter nacional, seguirá siendo complejo que el uso de la energía geotérmica aumente y se convierta en competitiva, pues Colombia no tiene muchas experiencias que estén ligadas al aspecto geotérmico.

Conclusiones

Tras el análisis expuesto en el artículo, es posible afirmar que la utilización de las energías renovables traerá más beneficios que contraindicaciones en un futuro a corto y largo plazo. Si bien es cierto que, aunque existan mayores posibilidades de impulsar unas TER más que a otras, es de vital importancia reconocer que los avances tecnológicos no se detienen y que es posible que con el transcurso de los años se complementen nuevos estudios relacionados con la transición energética colombiana y del mundo.

No está de más señalar que, la alta dependencia de los recursos hidroenergéticos para la alimentación y funcionamiento del SIN serán y seguirán siendo una realidad, inclusive en un escenario a largo plazo; sin embargo, lo que se espera es que la matriz energética sea complementada por otros tipos de energías alternativas (tales como la eólica y por biomasa) las cuales permitan reducir algunos impactos que podría llegar a traer la supeditación de los recursos hídricos en Colombia y del cambio climático.

Finalmente, es importante mencionar que el apoyo Gubernamental jugará el papel más significativo en el proceso de transición energética del país, pues, sin el respectivo apoyo de las entidades nacionales e internacionales no será posible acceder a la nueva “revolución” energética colombiana que podría llegar a producir tanto beneficios ambientales, sociales, culturales y económicos, como nuevos movimientos tecnológicos y científicos en el América del Sur.

Recomendaciones

Se recomienda tomar como base este artículo para hacer análisis teóricos relacionados con un solo tipo de energía renovable.

Por otra parte, se recomienda al lector mantener precisión de lo que significan esencialmente las energías renovables para el futuro colombiano y para el mundo, pues es importante mantener en claro que la visión del planeta se regirá en aquello que menos impactos ambientales, económicos y ecológicos produzca.

Agradecimientos

Agradezco a mi familia por el gran apoyo prestado en la realización de este artículo, especialmente a mi madre, quien estuvo allí para escucharme en la producción del artículo y quien estuvo allí en ligeros momentos de confusión y perplejidad.

También quiero agradecer a los docentes de la Universidad Distrital que me inspiraron, contribuyeron y apoyaron en este amplio proceso de investigación de tipo reflexivo, en especial al profesor Rafael Eduardo Ladino Peralta, magister e investigador del grupo de investigación SERVIPÚBLICOS, quien intervino de manera positiva y crítica en este proceso de búsqueda e indagación.

Referencias bibliográficas

Barbier, E. (2002). Geothermal energy technology and current status: an overview. *Renewable and sustainable energy reviews*, 6(1-2), 3-65.

- Bello-Rodríguez, S. P., & Beltrán-Ahumada, R. B. (2010). Caracterización y pronóstico del precio spot de la energía eléctrica en Colombia. *Revista de la maestría en Derecho Económico*, 6(6), 293-316.
- Billin. (s.f.). *¿Qué es la propiedad privada?*. <https://www.billin.net/glosario/definicion-propiedad-privada/>
- Caspary, G. (2009). Gauging the future competitiveness of renewable energy in Colombia. *Energy Economics*, 31(3), 443-449.
- Comisión de Regulación de Energía y Gas [CREG]. (s.f.). *Energía Eléctrica. Historia en Colombia*. <https://www.creg.gov.co/sectores/energia-electrica/historia-en-colombia>
- Empresas Públicas de Medellín [EPM]. (s.f.). *Parque Eólico Jepirachi*. <https://www.epm.com.co/site/home/nuestra-empresa/nuestras-plantas/energia/parque-eolico>
- ENEL Perú. (2018). *¿Qué es la energía eólica y cómo funciona?* Recuperado de: <https://www.enel.pe/es/sostenibilidad/que-es-la-energia-eolica-y-como-funciona.html>
- Fernández, J. (2003). Energía de la biomasa. *Energías renovables para el desarrollo*. Thompson-Paraninfo.
- Fonseca Z., C. (1999). Hacia los servicios públicos de “cuarta generación”: las empresas de capital social. *Con-Texto*, (6), 40–57. Recuperado a partir de: <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/contexto/article/view/1732>
- Marzolf, N. C. (2014). Emprendimiento de la energía geotérmica en Colombia. *Biblioteca Felipe Herrera del Banco Interamericano de Desarrollo*, 86.
- Merino, L. (2012). Las energías renovables. *Energías renovables*, 1(1), 20.

Perdomo-Villamil, M. A. (2017). Importancia de la implementación de la regulación para el uso de energías renovables en Colombia. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Derecho. Bogotá, Colombia.

Pérez Bedoya, E. & Osorio Osorio, J. (2002). Energía, Pobreza y Deterioro Ecológico en Colombia Introducción a las Energías Alternativas. *Medellín: Todográficas.*

Revista Portafolio. (21 de enero de 2022). *Después de 17 años, la Nación estrena nuevo parque eólico.* El Tiempo Casa Editorial. <https://www.portafolio.co/economia/infraestructura/planta-eolica-guajira-1-lista-para-estrenar-energias-renovables-560330>

Roldán Viloría, J. (2013). *Energías renovables. Lo que hay que saber.* Ediciones Paraninfo, SA.

Santamarta, J. (2004). Las energías renovables son el futuro. *World Watch*, 22 (3440.16).

Soria, E. (2010). Energía hidráulica. *Revista Energías Renovables para todos.* Haya.

Statista Research Department. (05 de mayo de 2022). *Capacidad instalada de energía solar en Colombia de 2015 a 2021 (en megavatios).* <https://es.statista.com/estadisticas/1238176/capacidad-instalada-energia-solar-colombia/#:~:text=La%20capacidad%20instalada%20para%20la,en%20relaci%C3%B3n%20al%20a%C3%B1o%20previo.>

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2017). *Zonas no interconectadas – ZNI Diagnóstico de la prestación del servicio de energía eléctrica 2017.* <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/SSPD%20Publicaciones/Publicaciones/2018/Sep/diagnosticozni-superservicios-oct-2017.pdf>

Torres, B.B. (17 de marzo de 2020). La energía hidráulica, aguas turbulentas en la generación de energía.

<https://www.uv.mx/cienciauv/blog/laenergiahidraulicaaguasturbulentasenlageneraciondeenergia>

/

Unidad de Planeación Minero Energética [UPME], Banco Interamericano de Desarrollo [BID] y Fondo para el Medio Ambiente Mundial [GEF]. (2015). *Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia*. La imprenta editores.

Unidad de Planeación Minero Energética [UPME]. (2015). *Atlas Potencial Hidroenergético de Colombia*. Recuperado de: <http://bdigital.upme.gov.co/handle/001/1336>

UPME. (2005). *Energías renovables: Descripción, Tecnología y usos finales*. Bogotá: ICONTEC. [Tabla]. <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Iluminacion/CarFNCE.pdf>