

## **POTENCIALIDAD ENERGÉTICA DE FUENTES ALTERNATIVAS PARA HACER DE BARINAS UNA CIUDAD SOSTENIBLE**

Recibido: 25/10/2021

Aceptado: 16/12/2021

**William Adolfo Araque Ramírez\***

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora.  
UNELLEZ. Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social VPDS- Barinas  
Venezuela.

### **RESUMEN**

El presente trabajo tiene por objetivo identificar las alternativas para la generación de energía no contaminante en el estado Barinas. Esta investigación responde al paradigma cuantitativo, apoyada en el diseño de investigación de campo y documental descriptiva. Para realizarla, se identificó y se contrastó por distintos autores los tipos de energía renovable que se pueden obtener según las características geográficas que tiene el estado Barinas. Los resultados se focalizan en la composición del sistema de generación eléctrica existente y se demuestra la presencia de otras fuentes de generación alternativas (solar y eólica) que permitan buscar la sostenibilidad. Entre las principales conclusiones se tienen que la energía solar y eólica como energías alternativas, están disponibles en el estado Barinas, Venezuela. El potencial energético en Barinas de estas fuentes no contaminantes como la energía solar no ha sido aprovechado, exhortando a potenciar su uso para la generación de electricidad mediante estas fuentes no contaminantes.

**Palabras clave:** Energía, eólica, solar, renovable, no contaminante.

### **ENERGY POTENTIALITY FROM ALTERNATIVE SOURCES TO MAKE BARINAS A SUSTAINABLE CITY**

### **ABSTRACT**

The present work aims to identify the alternatives for the generation clean energy in the state of Barinas. This research responds to the quantitative paradigm, supported by the design of descriptive documentary and field research. To carry it out, the types of renewable energy that can be obtained according to the geographical characteristics of the state of Barinas were identified and contrasted by different authors. The results are focused on the composition of the existing electricity generation system and the presence of other alternative generation sources (solar and wind) that allow seeking sustainability. Among the main conclusions are that solar and wind energy as alternative energies, are available in the state of Barinas, Venezuela. The energy potential in Barinas of these non-polluting sources such as solar energy has not been exploited, urging that it be used to generate electricity through these non-polluting sources.

**Keywords:** Energy, wind, solar, renewable, non-polluting.

## **INTRODUCCIÓN**

El sistema energético mundial depende en su mayoría de la generación de energía a partir de combustibles fósiles como el petróleo, gas, carbón mineral, energía nuclear entre otras fuentes. Sin lugar a dudas, la generación de la energía eléctrica es fundamental para el desarrollo de la humanidad, y su demanda requiere cada vez más recursos energéticos para satisfacer las necesidades de consumo y bienestar. Las energías provenientes de fuentes renovables (sol, agua y viento), constituyen una excelente opción, ya que su impacto en el entorno es mínimo, siendo esto un aspecto fundamental para lograr el desarrollo sostenible, concepto acogido por las Naciones Unidas.

En el caso de la electricidad, las fuentes de generación pueden ser renovables y los adelantos tecnológicos han permitido mayor eficiencia en su aprovechamiento, demostrando que estos medios de generación son competitivos y efectivos para cubrir las necesidades de la creciente demanda eléctrica.

El Centro de Investigaciones Agrometeorológicas y Climáticas CIAC, ente adscrito a la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora, tiene entre sus objetivos a mediano plazo, diseñar un plan estratégico que permitan hacer de Barinas una Ciudad Sostenible, acción enmarcada en los Objetivos de Desarrollo Sustentable, específicamente el ODS11 que persigue la sostenibilidad de las comunidades y ciudades en todo el planeta, estas metas propuestas en la agenda 2030 por las Naciones Unidas buscan garantizar el bienestar de la humanidad, aprovechando de manera racional los recursos presentes sin poner en riesgo los recursos disponibles, de manera que estos puedan ser utilizados para el beneficio de las generaciones futuras.

Bajo esta perspectiva surge la iniciativa del CIAC para abordar esta investigación, donde se requiere de la identificación de distintos factores que permitan la sostenibilidad del estado Barinas, en este caso en particular se quiere indagar sobre el potencial energético de fuentes alternativas para la generación de energía eléctrica, así como visualizar las ventajas que se tienen al utilizar estas fuentes no contaminantes.

## **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

El aumento considerable de la demanda interna de combustibles para la generación eléctrica, el aumento en el costo de la producción petrolera, el cambio

climático, la contaminación, y la preocupación por el agotamiento de las energías fósiles, ha abierto un nuevo interés sobre las energías renovables y su inclusión en los planes nacionales de desarrollo y un mayor énfasis en las políticas de conservación ambiental (MPPCT, 2013).

Aunado a que uno de los problemas que confronta el país es que las centrales hidroeléctricas están alejadas de los grandes consumidores provocando un extenso sistema de distribución a expensas de importantes pérdidas. La estrategia actual es la generación distribuida en pequeña escala, (Viggiani, Serafín y Hernández, 2012).

Cabe mencionar la definición de sustentabilidad que ofrece Horta (2005) al señalar que son sustentables los sistemas energéticos que utilizan fuentes renovables, ya que impactan mínimamente el ambiente atendiendo al equilibrio social y ecológico y las necesidades de los más pobres.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Esta investigación está enmarcada en el paradigma cuantitativo, sigue un proceso deductivo, secuencial, probatorio y analiza la realidad objetiva (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), apoyada en el diseño de campo y documental descriptiva. Para realizar este abordaje, se identificó y se contrastó por distintos autores los tipos de energía renovable que se pueden obtener según las características geográficas que tiene el estado Barinas.

## **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En el estado Barinas Venezuela, el sistema eléctrico depende de la generación hidráulica y termoeléctrica, por ser un estado con recursos energéticos muy diversos, pero poco desarrollado y concentrado, el nivel de generación de electricidad instalado tiene un 48,6% de la energía hidroeléctrica, seguida por un 51,4% de energía a base de gas y gasoil, Saturno (2018), La Marca, Arriojas y Costa (2018).

En cuanto al consumo, Venezuela ocupa el primer lugar como mayor consumidor de energía per cápita de América Latina 4179 KW/h por habitante (CORPOELEC, 2016) y el estado Barinas con una población estimada de 816.264 habitantes tiene un consumo estimado de 400MW siendo la generación real de solo 180 MW, por lo que el déficit es de 220 MW.

La tendencia mundial para la generación de energía eléctrica es a partir de nuevas tecnologías que garanticen la sustentabilidad del planeta, Sin lugar a dudas, que para satisfacer esta demanda de manera sostenible, es necesario generar energía a partir de recursos renovables, utilizando fuentes no convencionales como la solar y eólica, en el estado Barinas se han identificado diferentes espacios geográficos donde es posible su utilización.

La energía eólica es una alternativa con tecnología moderna amigable con el ambiente. Una expansión hipotética de este tipo de energía renovable solamente llegaría a satisfacer un 15% de la demanda energética de Venezuela, con desarrollos básicamente limitados a los estados Falcón, Sucre, Nueva Esparta y la región de los Andes incluyendo el estado Barinas (La Marca y otros 2018).

En el caso del estado Barinas existe un recurso hidráulico que sirve no solo para abastecimiento del recurso agua a poblaciones sino también para riego y control de inundaciones. La mayoría de estos ríos podría tener pequeñas centrales para la generación hidroeléctrica cuya energía podría incorporarse a una red de distribución local o regional (La Marca y otros 2018).

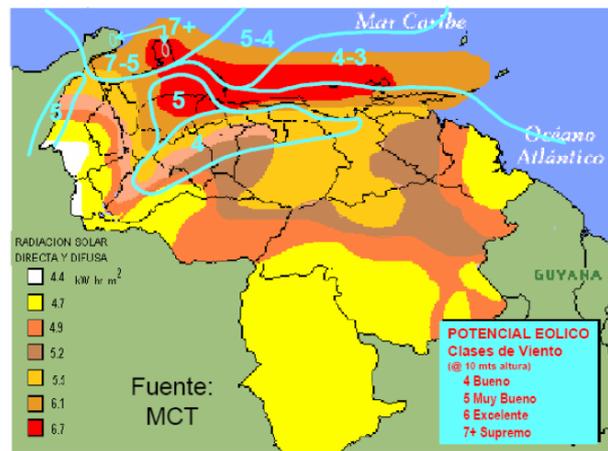
En primer lugar, se considera la energía proveniente del sol, la fuente de energía más segura e inagotable, fuente de vida, ya que los seres fotosintéticos se aprovechan de esta para su desarrollo, constituyéndose en la base de la cadena alimentaria (Araque, 2020). Esta fuente energética se emite en forma de energía electromagnética y al interactuar con la materia es transformada en otras formas de energía útil para el ser humano a través de varios mecanismos naturales, físicos, químicos y biológicos (Estrada, 2013).

Uno de los mecanismos físico es el efecto fotovoltaico, el cual radica en transformar la radiación solar electromagnética en energía eléctrica utilizando como medio de transformación células fotovoltaicas, la generación fotoeléctrica según la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA) por sus siglas en inglés, ha registrado un repunte en los últimos años debido a la masificación de la producción de paneles solares, los cuales han disminuido su costo significativamente en los últimos 10 años.

Para el aprovechamiento de esta fuente energética es necesario considerar la energía solar de onda corta incidente diaria total que llega a la superficie de la tierra en

una área amplia, tomando en cuenta las variaciones estacionales de la duración del día, así como la elevación del sol sobre el horizonte y la absorción de las nubes y otros elementos atmosféricos.

En la figura 1, se observa el potencial de energía solar en Venezuela. En particular en el estado Barinas tiene espacios geográficos donde la radiación solar directa y difusa alcanza valores de 4,9 kWh/m<sup>2</sup>, lo cual representa un potencial intermedio al contrastarlo con otras regiones del país.

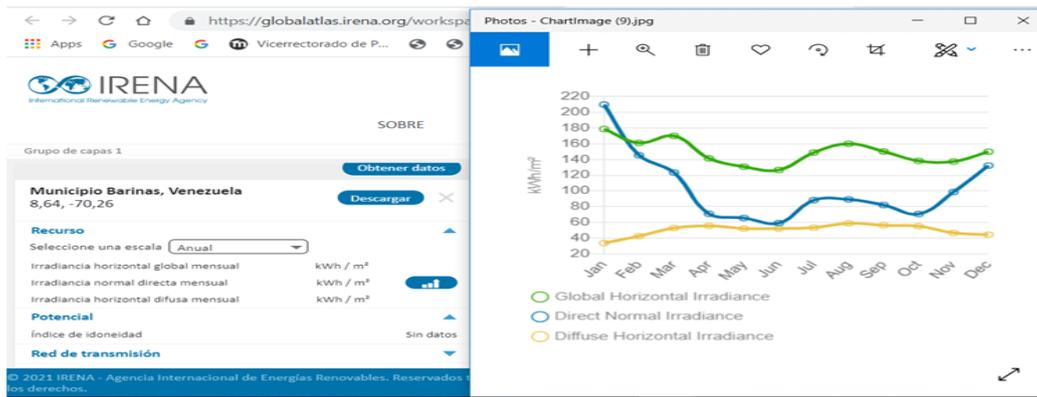


**Figura 1. Potencial de energía solar y eólico de Venezuela**

Fuente: Valbuena (2010)

Además en el estado Barinas, cuenta con espacios geográficos donde se alcanza la altura cénit del sol, que es cuando el sol hace con respecto al plano terrestre una inclinación de 90 grados, esa inclinación da un aprovechamiento máximo de energía solar en los municipios Barinas, Cruz Paredes, Alberto Arvelo Torrealba, Rojas y Sosa, quienes conforman el eje llanero.

En este sentido, el IRENA ha desarrollado una herramienta que permite obtener datos de manera específica sobre el potencial energético en cualquier lugar del planeta, la plataforma web del Atlas Global de Energía Renovable del IRENA, permite a los usuarios encontrar mapas de recursos de energía renovable (solar, eólica, etc.) para ubicaciones en todo el mundo de manera que puedan ser evaluados para la generación de energía eléctrica, como se muestra en la siguiente Figura 2.



**Figura 2. Irradiación solar mensual disponible en el municipio Barinas.**

Fuente: <https://globalatlas.irena.org>.

Otras de las fuentes de energía alternativa es la eólica, generada por la acción del viento, al aprovechar su energía cinética y transformarla en energía mecánica, esta fuente ha sido utilizada desde tiempos remotos para la navegación, molinos de vientos, entre otros (Araque, 2020). Se usan centrales que utilizan el viento como fuente de energía, por lo que es ineludible situarlas en sitios en donde las condiciones geográficas y del viento sean adecuadas para garantizar el máximo provecho posible. Los molinos recogen la fuerza del viento (en sus aspas) y un generador se encarga de convertir la energía mecánica en energía eléctrica.

Básicamente, una turbina de viento es un dispositivo mecánico que sirve como generador de energía eléctrica aprovechando la fuerza del viento (energía cinética) y está constituido normalmente por un poste o torre, un rotor con aspas y un generador eléctrico (Caraballo y Pérez (2012).

En la Figura 3, se observa que la dirección del viento predominante es el este, y se tienen vientos alisios a lo largo del piedemonte andino, considerados como supremos a nivel mundial en la denominada región eje andino de los municipios Bolívar, Barinas, Pedraza, Socopó y Ezequiel Zamora. Esta situación incide de manera positiva para la configuración de sistemas eólicos.



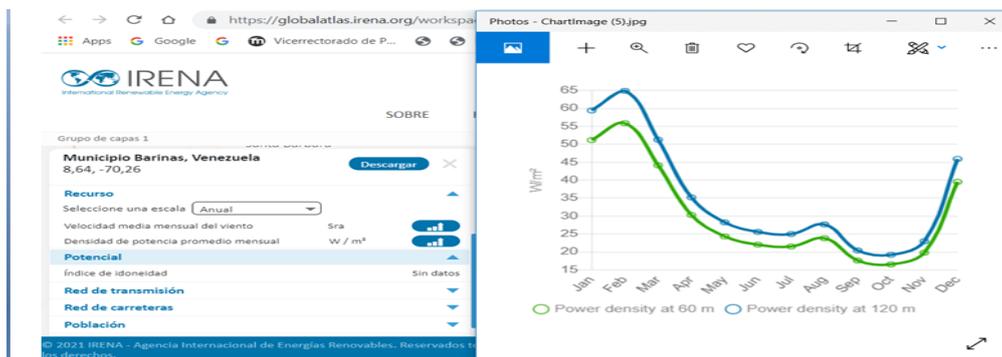
**Figura 3. Dirección del viento.**

Fuente: MERRA-2 Modern-Era Retrospective Analysis de NASA

En este particular, La Marca y otros (2018) señalan que los lugares tienen condiciones relativamente favorables son los sectores medios de cuencas de gran extensión longitudinal donde el fenómeno de brisa de valle y de montaña sea importante, como es el eje andino en el piedemonte andino.

Al respecto, López, Ferrer y Domenech (2019) señalan que los sitios donde han sido instalados los proyectos más recientes en Venezuela, es debido a que han tenido mejores condiciones del viento, debido en parte a su localización cada vez más alejada de los grandes centros urbanos, libres de obstáculos y estructuras artificiales, en territorios de la costa y del eje andino, donde las casas están dispersas y no compiten entre sí cada una por el mejor aprovechamiento del viento.

También en la plataforma web del Atlas Global de Energía Renovable del IRENA, se puede consultar el potencial eólico para cualquier zona en particular para explotar este recurso, como se muestra a continuación, en la Figura 4.



**Figura 4. Densidad de potencia promedio mensual disponible en el municipio Barinas.** Fuente: <https://globalatlas.irena.org>.

Por último, Beltrán, Morera, López y Villela (2017) señalan que el costo de producción de la energía eléctrica, es una medida que permite visualizar, en el futuro inmediato, qué tipo de plantas serán las que prevalezcan. Para determinar el costo se realizan dos tipos de estudio, uno es el costo normalizado de la electricidad (CNE), y el segundo, es el estudio del costo normalizado de la electricidad específico del proyecto de generación (CNEE). En la Tabla 2, se observa como las energía provenientes del sol y eólica son económicamente competitivas hoy y más aún en el futuro cercano.

**Tabla 2. Costo estimado de la energía eléctrica (US\$/MWh) que se producirá en plantas que entrarán en operación en 2022 según la fuente de energía a utilizar.**

	CNE 2022			CNEE 2022	CNE 2040	CNEE 2040
	Mínimo	Promedio	Máximo	Promedio	Promedio	Promedio
Carbón	\$ 129.90	\$ 139.50	\$ 162.30	\$ 61.10	\$ 125.80	\$ 63.60
Gas natural ciclo combinado convencional	\$ 53.40	\$ 58.10	\$ 67.40	\$ 61.00	\$ 57.60	\$ 64.00
Gas natural ciclo combinado con tecnología de captura de carbono	\$ 78.00	\$ 84.80	\$ 93.90	\$ 61.00	\$ 81.10	\$ 64.40
Viento	\$ 43.00	\$ 64.50	\$ 78.50	\$ 56.50	\$ 58.80	\$ 58.80
Viento en altamar	\$ 137.10	\$ 158.10	\$ 213.90	\$ 61.20	\$133.70	\$ 64.60
Solar	\$ 65.60	\$ 84.70	\$ 126.20	\$ 67.10	\$ 65.50	\$ 70.70

Fuente: Beltrán, Morera, López y Villela (2017).

## CONCLUSIONES

Para concluir se evidencia que la energía solar y eólica, son fuentes alternativas para la generación de energía limpia en el estado Barinas, Venezuela, con un potencial que requiere de soluciones novedosas y apropiadas para satisfacer la demanda y con la ventaja de su cercanía a los centros de consumo.

El potencial de la energía solar en el estado Barinas se estima entre 6,3kWh y 4,7kWh siendo valores razonables para la generación de energía eléctrica. En el caso de la energía eólica el piedemonte andino representa el mayor potencial en el estado, con velocidades de viento sobre los 3m/s, siendo este valor catalogado como un potencial eólico marginal, condición esta que hace poco probable su aprovechamiento al menos para medianos o grandes proyectos de generación. Se demuestra con esto que el estado cuenta con un alto potencial energético por desarrollar mediante el aprovechamiento de la energía solar, la cual es una alternativa viable técnicamente y con bajo impacto ambiental.

Ante la presencia de estos recursos energéticos de fuentes renovables, se recomienda la sustitución de equipos de generación eléctrica de fuentes convencionales

(combustibles fósiles), empleados para la generación termoeléctrica y se complementa la matriz energética regional con tecnología que aproveche las fuentes de energía renovables, como es el caso de la fuente solar o eólica, esta última en ubicaciones específicas para pequeños proyectos que pretendan cubrir necesidades en el ámbito rural del estado Barinas. Estas acciones permitirán la sostenibilidad parcial del subsistema energético, contribuyendo para el logro del objetivo final, hacer de Barinas una ciudad sostenible.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Araque W. 2020 Energías Alternativas una Vía para el Desarrollo Sustentable. Revista Ambientellanía Volumen 3, N 1

Beltrán-Telles A. Morera-Hernández M. López-Monteagudo F. Villela-Varela R. 2017. Prospectiva de las energías eólica y solar fotovoltaica en la producción de energía eléctrica. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/> (Consulta: octubre 16, 2021).

Caraballo L. Pérez R. 2012. Generación eólica: desafíos para su implementación y sustentabilidad en Venezuela. Disponible en: <http://redip.bqto.unexpo.edu.ve>. (Consulta: octubre 16, 2021).

CORPOELEC (CORPORACIÓN ELÉCTRICA NACIONAL). 2016. Venezuela ocupa el primer lugar en consumo de energía per cápita de América Latina. Disponible en: <http://www.corpoelec.gob.ve/noticias/venezuela-ocupa-el-primer-lugar-en-consumo-de-energ%C3%ADa-c%C3%A1pita-de-am%C3%A9rica-latina> (Consulta: agosto 22, 2021).

Estrada Gasca, C.A. (2013). Transición energética, energías renovables y energía solar de potencia. Revista Mexicana de Física, Vol. 59, Núm. 2, Octubre 2013, pp. 75-84. Disponible en: <http://www.redalyc.org/> (Consulta: agosto 11, 2021).

Gómez J. 2018. Potencialidades de energías renovables en Venezuela. Hidroelectricidad. Disponible en: <http://verdelatierra.com>(Consulta: agosto 20, 2021).

Hernández R. Fernández C. y Baptista P. 2014. Metodología de la investigación. 6° ed. México: McGraw Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.

Horta L. Perspectivas de Sostenibilidad Energética en los países de la Comunidad Andina. CEPAL – SERIE Recursos naturales e infraestructura. Publicación de las Naciones Unidas. Disponible en: <http://www.cepal.org/>. (Consulta: agosto 22, 2021).

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA, 2006). Manuales de energías renovables 6 Minicentrales hidroeléctricas. Madrid: IDEA.

IRENA.2021. Global Atlas. Disponible en: <https://globalatlas.irena.org>.(Consulta: agosto 22, 2021).

La Marca E. Arriojas M. Costa F. 2018. Represas hidroeléctricas en los andes venezolanos: problemática ambiental, crisis energética y energías alternativas. Saber, Universidad de Oriente, Venezuela. Vol. 30:582-598. (2018)

López-González A. Ferrer-Martí L., B. Domenech B. (2019).Sustainable rural electrification planning in developing countries: A proposal for electrification of isolated communities. Disponible en: [www.elsevier.com/](http://www.elsevier.com/) (Consulta: agosto 20, 2021).

MERRA-2 Modern-Era Retrospective Analysis de NASA. Disponible en: [www.weatherspark.com](http://www.weatherspark.com)

Saturno, S. 2018. EPE II Sector Eléctrico Venezuela en Apagón Informe Noviembre 19, 2018. Disponible en: <http://transparencia.org.ve>

Suarez L. 2008. Ingeniería conceptual para la electrificación de viviendas en zonas alejadas de los puntos de distribución mediante el uso de energías alternativas. Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electricista. Universidad de los Andes. 39 pp.

Valbuena R. 2010. Evaluación de energías renovables en Venezuela aplicadas a las estaciones radio bases Movilnet. Tesis de Especialización en Sistemas de Potencia. Universidad Central de Venezuela. 185 pp.

Viggiani P. Serafín M. Hernández S.2012. La respuesta termosolar ante el compromiso para la generación eléctrica requerido entre las políticas públicas energéticas y ambientales en Venezuela Revista Digital de Investigación y Postgrado de la Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”, Vicerrectorado Barquisimeto. Venezuela.

**\* Doctorando de Ambiente y Desarrollo de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora UNELLEZ. MSc. en Gerencia de Proyectos Industriales. Esp. en Gestión de Aduanas y Comercio Exterior. Ingeniero Mecánico. Correo: waraquer@gmail.com.**