

# ***APROVECHAMIENTO DE LA INTERMITENCIA DE LA RADIACIÓN SOLAR EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA***

[Melisa Tuirán, Universidad EIA, melisa.tuiran@eia.edu.co]

[Camila Ochoa, Universidad EIA, camila.ochoa@eia.edu.co]

## **Introducción**

La intermitencia de la radiación solar representa una limitación para la producción de energía fotovoltaica a gran escala. Esta se caracteriza por la intercalación de períodos de intensa y poca actividad y responde a la variación de la radiación solar en escalas temporales como la estacional, diurna y de minutos debido a condiciones meteorológicas (Notton, y otros, 2018). Las fluctuaciones en la cantidad de radiación solar a lo largo del día pueden ocasionar problemas de frecuencia y voltaje en la generación de energía eléctrica (Barnes, Balda, & Escobar-Mejia, 2015). Esto limita la confiabilidad del recurso y restringe la implementación de la energía fotovoltaica a gran escala en mercados que le apuestan a la transición energética.

Aunque estudios como el de Poddar, Kay, Prasad, Evans y Bremner (2023) exploran la variabilidad de la radiación solar a nivel local, persiste una brecha en las metodologías para cuantificar su intermitencia e incorporar estos resultados en la estimación del almacenamiento de energía, una solución utilizada para gestionar la variabilidad del recurso solar a corto plazo. En este estudio, se pretende abordar esa brecha y cuantificar la intermitencia de la radiación solar mediante una metodología novedosa y evaluar posibles opciones de almacenamiento de energía basadas en los resultados obtenidos. Se pretende aportar a la potencialización de la integración de la energía solar en el mercado eléctrico y a la optimización del uso de recursos solares y económicos derivados de la gestión de la intermitencia.

## **Método**

Se cuantificó la intermitencia de la radiación solar haciendo uso de los conceptos de Burstiness y Memory propuestos por Goh & Barabasi (2008) y usados por Schleiss & Smith (2016) para cuantificar la intermitencia de series de precipitación diarias

Burstiness (B) es un coeficiente que se calcula con la media y desviación estándar de los datos de una serie, como se muestra en la ecuación 1. B calcula la dispersión de los tiempos entre cantidades, un concepto introducido por Schleiss & Smith (2016). Los tiempos entre cantidades permiten saber si la diferencia de la radiación solar entre valores que superen o no un determinado umbral es mucha o poca. El umbral escogido será la SSRD media diaria y los valores de interés serán los que no lo superen. B tiene un dominio entre -1 y 1, siendo -1 un patrón de radiación con iguales tiempos entre valores de radiación y 1 un patrón de radiación con tiempos entre eventos de lluvia completamente distintos.

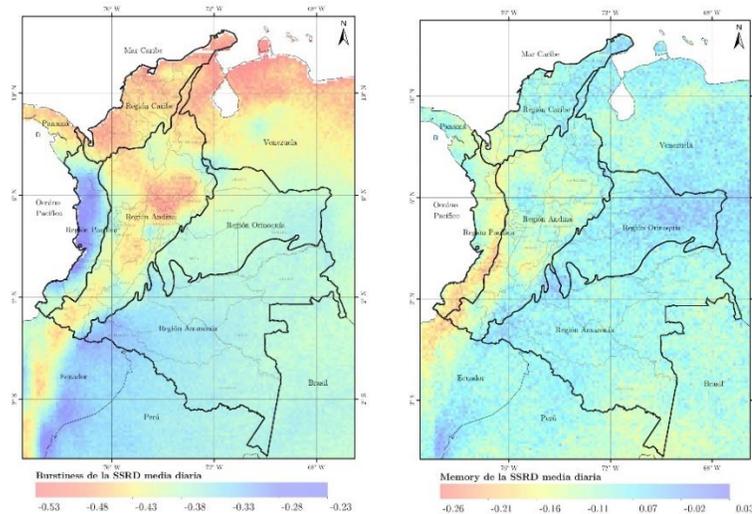
Por su parte, Memory (M) es una medida de la autocorrelación de los tiempos entre cantidades. Para calcularla se utiliza el coeficiente de correlación de Spearman de ragazo 1.

$$B(\mu) = \frac{\sigma_{\mu} - \mu}{\sigma_{\mu} + \mu} \quad (1)$$

Se tiene a Colombia y parte de los países limítrofes como caso de estudio. Para cuantificar la intermitencia en la región se utilizaron datos horarios y diarios de 2018 a 2022 de las variables Surface solar radiation downwards (SSRD) de ERA5-Land con una resolución espacial de 0.01°.

## **Resultados**

En la Figura 1 se muestran los resultados de B y M para Colombia y parte de países limítrofes para la variable SSRD.



**Figura 1.** Resultados de B y M de la SSRD media diaria de Colombia y partes de países limítrofes.

## Conclusiones

La radiación solar presenta intermitencias en escalas temporales pequeñas y grandes que afectan la generación de energía. Para contrarrestar efectos en la red como fluctuaciones de voltaje se utilizan sistemas de almacenamiento. La cuantificación de la intermitencia de la radiación solar permite determinar las características que debe tener dicho almacenamiento. En casos de baja intermitencia y cantidades de radiación entre valores similares, es posible que no sea necesario el almacenamiento de energía para garantizar la estabilidad de la generación, lo que haría viable aprovechar el recurso en el lugar de estudio y complementarse con otros sitios que lo necesiten. Por el contrario, si la intermitencia es alta, se recomienda implementar sistemas de almacenamiento con una capacidad acorde al nivel de intermitencia observado.

En Colombia, B tiene un rango de -0.53 a -0.23 y M tiene un rango de -0.26 a 0.03. Es decir, que las cantidades entre valores de radiación tienen a parecerse entre sí pero no hay una correlación entre valores importante. La región Caribe y el departamento de Santander tienen las cantidades de más uniformes entre valores de radiación que no superan la radiación media diaria. Por ello, estos lugares tienen un alto potencial para la recolección de radiación solar. La región Pacífica tiene una intermitencia de la radiación diaria más alta. Esto indica que la región no es una zona adecuada para aprovechar el recurso por las diferentes cantidades que puede haber entre valores de radiación. Sin embargo, en la región se puede implementar un sistema de almacenamiento de energía para reducir los efectos de la intermitencia de la radiación solar.

## Referencias

- Barnes, A., Balda, J., & Escobar-Mejia, A. (2015). A Semi-Markov Model for Control of Energy Storage in Utility Grids and Microgrids With PV Generation. *Journal of Energy Storage*, 6(2), 546–556. doi:10.1109/tste.2015.2393353
- Goh, K.-I., & Barabasi, A.-L. (2008). Burstiness and memory in complex systems. *EPL (Europhysics Letters)*, 81(4), 48002. doi:10.1209/0295-5075/81/48002
- Notton, G., Nivet, M.-L., Voyant, C., Paoli, C., Darras, C., Motte, F., & Fouilloy, A. (2018). Intermittent and stochastic character of renewable energy sources: Consequences, cost of intermittence and benefit of forecasting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 87, 96-105. doi:10.1016/j.rser.2018.02.007
- Poddar, S., Kay, M., Prasad, A., Evans, J., & Bremner, S. (2023). Changes in solar resource intermittency and reliability under Australia's future warmer climate. *Solar Energy*, 266, 112039. doi:10.1016/j.solener.2023.112039
- Schleiss, M., & Smith, J. (2016). Two Simple Metrics for Quantifying Rainfall Intermittency. *Journal of Hydrometeorology*, 17, 421–436. doi:10.1175/JHM-D-15-0078.1