

ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA VARIABILIDAD DE CORTO PLAZO DEL RECURSO SOLAR EN ARGENTINA UTILIZANDO LOS DATOS DE LA RED SAVER-NET

Anabela Rocío Lusi – anabelalusi@gmail.com

Pablo Facundo Orte

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), CABA – Argentina
Departamento de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones (DEILAP), UNIDEF (CITEDEF-CONICET), Villa Martelli – Argentina

Rodrigo Alonso Suárez

Laboratorio de Energía Solar, Departamento de Física del Litoral, CENUR Litoral Norte, UDELAR, Salto – Uruguay

Gianina Giacosa

Department of Physics and Atmospheric Science, Dalhousie University, Halifax – Canadá

Elian Wolfram

Servicio Meteorológico Nacional (SMN), CABA – Argentina

Resumen. *La variabilidad de la irradiancia solar introduce limitaciones a la producción de energía solar fotovoltaica (PV) ya que dificulta su despacho. Por lo tanto, su cuantificación es importante para el desarrollo en gran escala de sistemas PV y su contribución relativa a la matriz eléctrica. Argentina posee un gran potencial para la generación solar, con un extenso territorio que recibe una irradiación promedio anual de 5 kWh/m²/día. Además, cuenta con el respaldo de políticas públicas y regulaciones que fomentan la transición hacia fuentes de energía renovable. En este trabajo se cuantificó la variabilidad de corto plazo (minutal, 10-minutal y horaria) mediante la desviación estándar de los cambios en el índice de cielo claro (k_c). Se analizaron las series temporales de los años 2019 y 2020 en 6 estaciones de la red Argentina de radiación solar Saver-Net. Se encontró un promedio de variabilidad nominal en los sitios de 0,09, 0,13 y 0,15 para 1 minuto, 10 minutos y 1 hora, respectivamente. Estos valores sugieren una variabilidad intermedia del recurso solar a lo largo del territorio.*

Palabras clave: *Fluctuaciones, GHI, Energía solar.*

1. INTRODUCCIÓN

La variabilidad de la irradiancia solar hace referencia a las fluctuaciones en la cantidad de radiación solar que llega a la superficie terrestre. Estas fluctuaciones están sujetas a variaciones tanto espaciales como temporales, influenciadas por la geometría Tierra-Sol, y por las condiciones atmosféricas. Entre estos factores, la nubosidad juega un papel importante, ya que es la fuente que puede experimentar cambios significativos en cortos periodos de tiempo. Los efectos de las nubes sobre la irradiancia solar son determinantes e intermitentes, y su impacto en la producción de energía solar es difícil de predecir a corto plazo dada la tecnología actual. Por lo tanto, comprender y caracterizar esta variabilidad es importante para el desarrollo efectivo de sistemas de energía solar.

Argentina tiene un gran potencial para la generación de energía solar, con un promedio anual de irradiación solar de 5.12 kWh/m²/día. Especialmente en las regiones del noroeste argentino (NOA) y Cuyo la irradiación global horizontal oscila entre 2400 y 2700 kWh/m²/año (ESMAP, 2019). El país ha asumido el desafío de incorporar fuentes de energía renovable, ratificando el Protocolo de Kioto mediante la Ley Nacional 25.438. Además, diversas políticas públicas y regulaciones han continuado impulsando la transición hacia un mayor uso de energía renovable. A fines del segundo trimestre del año 2023, Argentina contaba con 202 proyectos operativos que sumaron más de 5 GW de potencia renovable en la matriz energética, permitiendo abastecer la demanda eléctrica de más de 5,8 millones de hogares en el país (Ministerio de economía, 2023). El objetivo es alcanzar para el año 2025 el 20% del abastecimiento eléctrico del país con energía renovable. Por lo tanto, se espera que esta tendencia de crecimiento continúe en el futuro, consolidando así la transición energética del país.

Existen diferentes antecedentes de evaluación de la variabilidad de corto plazo del recurso solar. Uno de los primeros artículos (Suehrcke and McCormick, 1989) destacó que los datos de irradiancia de alta frecuencia (del orden de minutos) difieren sustancialmente de los datos de frecuencia más baja (horarios). Esta distribución de frecuencia de la irradiancia a corto plazo se caracteriza por una distribución más bimodal que los datos horarios, lo que refleja la naturaleza intermitente de la radiación solar, principalmente en la componente directa (Hoff and Perez, 2010). Otros trabajos, como el de Skartveit and Olseth (1992), han desarrollado modelos que permiten parametrizar la variabilidad de la irradiancia solar a escala sub-horaria en función del índice de claridad horario (definido como la irradiancia horaria global horizontal a nivel de superficie terrestre normalizada por su correspondiente valor en el tope de la atmósfera).

La investigación sobre la irradiancia solar en Argentina ha sido objeto de interés desde la década de 1970 (Grossi Gallegos, 2021). Algunos autores (C. Raichijk, 2007) han utilizado datos de heliofanía correspondientes a la Pampa Húmeda (Argentina, Uruguay y sur de Brasil) para analizar la variabilidad espacial. Otros estudios han abordado la variabilidad de corto plazo analizando los cambios abruptos en los niveles de irradiancia (Aristegui et al., 2019; Wolfram et al., 2018). Trabajos en la región, han analizado el filtrado espacial de la variabilidad a través de la generación conjunta (Giacosa et al., 2016). Este estudio tiene como objetivo caracterizar las fluctuaciones de irradiancia global horizontal (GHI) durante los años 2019 y 2020 en estaciones pertenecientes a la red Saver-Net de Argentina en el corto plazo a escalas minutal, 10-minutal y horaria.

2. FUENTES DE DATOS

2.1 Red Saver-Net

Los registros de GHI se determinaron a partir de mediciones terrestres con piranómetros Kipp & Zonen CMP-21 en el rango de onda corta en un plano horizontal, con un tiempo de adquisición de 1 minuto, a excepción de uno de los sitios donde los datos se registraron con un piranómetro Kipp & Zonen CMP-11. Estos instrumentos tienen una incertidumbre típica menor a $\pm 2\%$ para los totales diarios (“CMP 21 Piranómetro secundarios estándares - Kipp & Zonen,” n.d.) y pertenecen a la red Argentina de radiación solar SAVER-Net (<http://www.savernet-satreps.org/es/>) (Orte et al., 2022). Para el análisis se consideraron seis nodos de monitoreo. La Fig. 1 muestra las ubicaciones geográficas y la Tabla 1 presenta las coordenadas geográficas y la cantidad de datos considerados en cada estación. El periodo de tiempo analizado incluye los años 2019 y 2020. La Fig. 2 presenta las series temporales de GHI minutal para cada ciudad. Las mediciones se sometieron a diversos procedimientos de control de calidad para garantizar su confiabilidad. Por un lado, las medidas de altura solar menor a 7° fueron filtradas para evitar datos de incertidumbre relativa más alta, afectados por el error coseno de los instrumentos. Además, se llevaron a cabo inspecciones visuales de las series temporales y se realizaron diagramas solares y de dispersión entre los valores de GHI y el coseno del ángulo cenital y el índice de cielo claro. De esta forma, se detectó y descartó cualquier periodo defectuoso, ya sea por la presencia de sombras o valores físicamente imposibles, con el fin de cumplir con los criterios establecidos por la Baseline Surface Radiation Network (BSRN) (Ohmura et al., 1998).

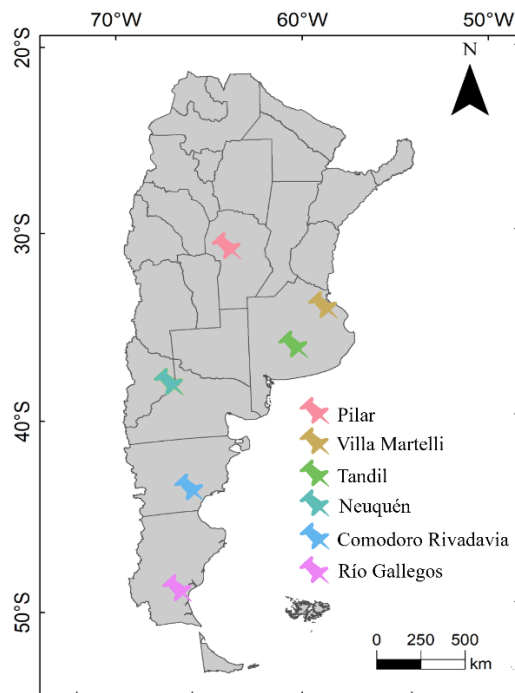


Figura 1- Nodos de la red de monitoreo Saver-Net de Argentina considerados en este estudio.

Tabla 1 - Ubicaciones y disponibilidad de datos de las estaciones de la red Saver-Net.

RED SAVER-NET			
ESTACIÓN	UBICACIÓN Y ALTITUD	INSTRUMENTO	NÚMERO DE MUESTRAS
Pilar	31,68°S, 63,87°W; 330 m s.n.m.	Kipp & Zonen CMP-21	433178

RED SAVER-NET			
ESTACIÓN	UBICACIÓN Y ALTITUD	INSTRUMENTO	NÚMERO DE MUESTRAS
Villa Martelli	34,58°S, 58,48°W; 25 m s.n.m.	Kipp & Zonen CMP-21	455672
Tandil	37,32°S, 59,08°W; 205 m s.n.m.	Kipp & Zonen CMP-11	465223
Neuquén	38,95°S, 68,14°W; 270 m s.n.m.	Kipp & Zonen CMP-21	465361
Comodoro Rivadavia	45,78°S, 67,50°W; 43 m s.n.m.	Kipp & Zonen CMP-21	435712
Río Gallegos	51,60 °S, 69,32°W; 15 m s.n.m.	Kipp & Zonen CMP-21	404996

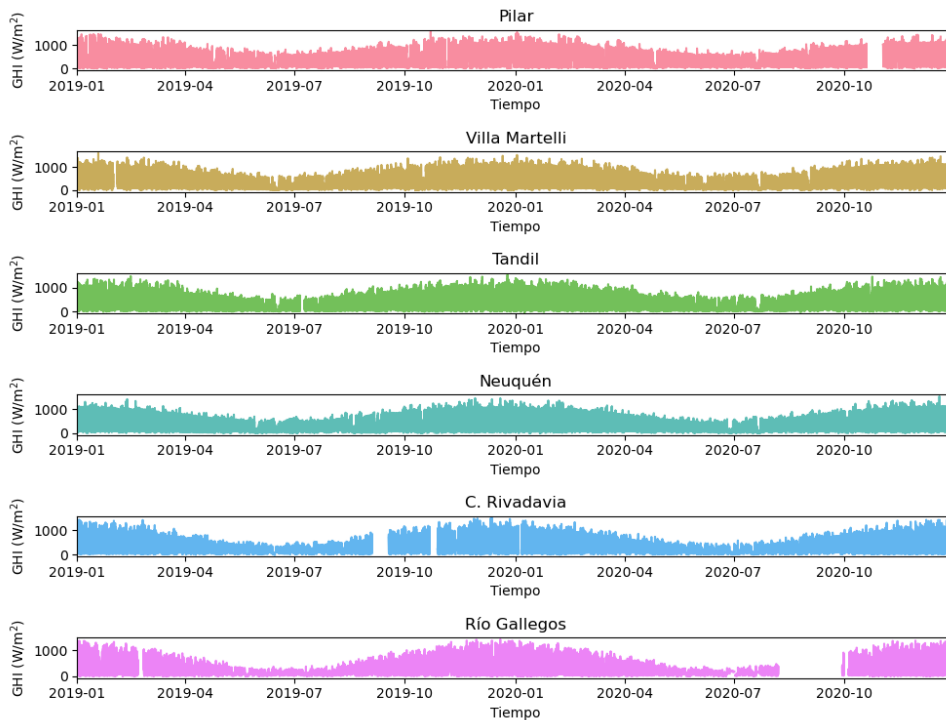


Figura 2- Series temporales de GHI (W/m^2) en 6 estaciones de la red Saver-Net de Argentina durante los años 2019 y 2020.

2.2 Modelo de cielo despejado

Para la estimación de GHI en condición de cielo claro se utilizó el modelo físico McClear. Este método computa irradiancias directas y globales de onda corta a nivel de superficie. Utiliza las propiedades de los aerosoles, el vapor de agua y la columna total de ozono producidos por el proyecto MACC (Monitoring Atmosphere Composition and Climate) como insumo para la simulación de transferencia radiativa de la atmósfera a través del libRadtran (Emde et al., 2016; Mayer and Kylling, 2005). En este trabajo se utilizaron las estimaciones minutas que se obtuvieron a través del portal del CAMS (<https://www.soda-pro.com/>). Este modelo fue evaluado previamente en los sitios de Villa Martelli y Pilar de la red Argentina Saver-Net para el mismo periodo de tiempo de este estudio (Lusi et al., 2023), donde se encontró una alta correspondencia con las mediciones terrestres de cielo despejado con desvíos cuadráticos medios del orden del 2% para ambos sitios.

3. METODOLOGÍA

3.1 Cuantificación de las fluctuaciones

La cuantificación de las variaciones de irradiancia se determinó a partir de la metodología propuesta en Hoff and Perez (2010), donde la métrica de variabilidad nominal (σ_p) para un sitio se define como la desviación estándar de los cambios del índice de cielo claro (k_c) utilizando un intervalo de tiempo específico (Δt) para el cual se está evaluando la variación. En este estudio se analizaron intervalos Δt de 1 minuto, 10 minutos y 1 hora.

El índice de cielo claro se define como:

$$k_c = \frac{GHI}{GHI_{cs}} \quad (1)$$

Donde GHI representa las mediciones terrestres registradas en las estaciones y GHI_{cs} representa las estimaciones del modelo McClellan. Luego, se calcularon las variaciones de k_c y σ_p para el periodo de evaluación considerado (2019-2020).

$$\Delta k_c(t) = k_c(t) - k_c(t + \Delta t) \quad (2)$$

$$\sigma_p = std(\Delta k_c(t)) \quad (3)$$

Los indicadores utilizados en este trabajo incluyen la variabilidad nominal (σ_p) (Ec. 3) (Perez et al., 2016), una métrica clásica para este propósito, y las variabilidades al 5% (σ_5) y 1% (σ_1). Estas dos últimas métricas se proponen para cuantificar las fluctuaciones más extremas. Para ello, se utiliza la distribución de probabilidad acumulada de las fluctuaciones de k_c . Luego de verificar la correspondencia entre los valores de la media y la mediana (ambas nulas), y el índice de asimetría (Skewness), se determinó que la distribución es simétrica y centrada en cero. De esta manera, se definió σ_5 como la media de los valores absolutos de los percentiles 97,5% y 2,5%, y el valor σ_1 como la media de los valores absolutos de los percentiles 99,5% y 0,5%. Estos valores se pueden expresar como:

$$\sigma_5 = \frac{(|\sigma_{97,5}| + |\sigma_{2,5}|)}{2} \quad (4)$$

$$\sigma_1 = \frac{(|\sigma_{99,5}| + |\sigma_{0,5}|)}{2} \quad (5)$$

Donde σ_x es el valor del percentil x en la distribución acumulada de las variaciones de k_c .

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las Fig. 3, 4 y 5 presentan los resultados de la variabilidad para intervalos de tiempo de 1 minuto, 10 minutos y 1 hora, respectivamente. En cada gráfico, el valor medio de la variabilidad de todas las estaciones se representó mediante una línea punteada.

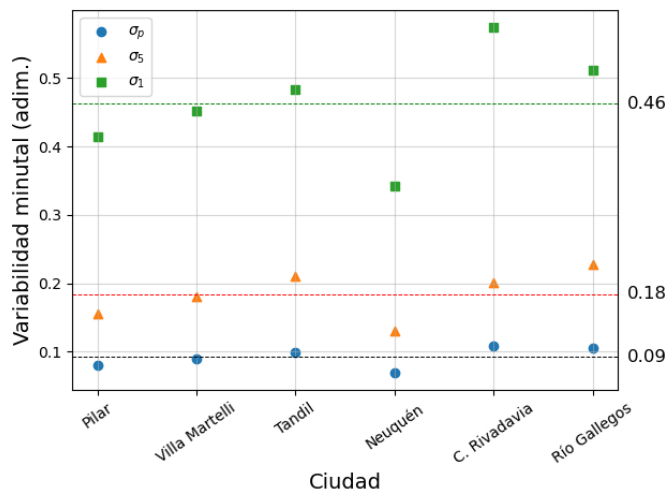


Figura 3- Variabilidad nominal (σ_p), al 5% (σ_5) y 1% (σ_1) para fluctuaciones de un minuto.

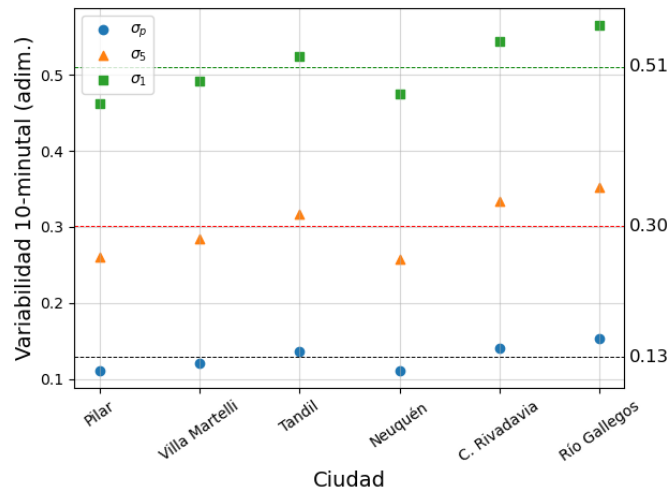


Figura 4- Variabilidad nominal (σ_p), al 5% (σ_5) y 1% (σ_1) para fluctuaciones de 10 minutos.

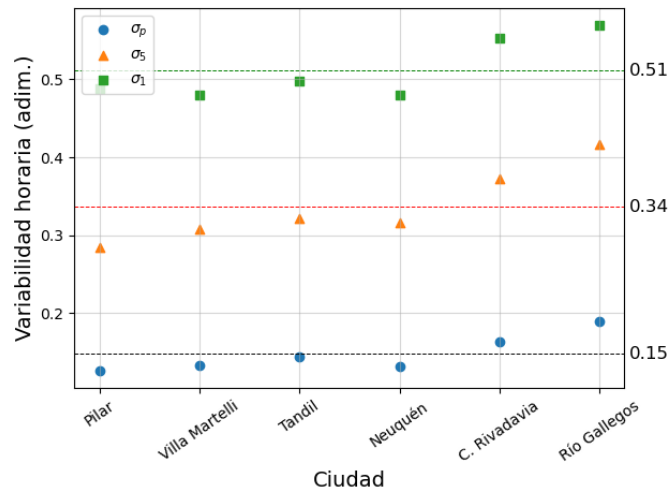


Figura 5- Variabilidad nominal (σ_p), al 5% (σ_5) y 1% (σ_1) para fluctuaciones de 1 hora.

En términos generales, el comportamiento de la variabilidad nominal a corto plazo se mantiene homogéneo entre estaciones para los tres intervalos analizados en los diferentes sitios. Asimismo, se destaca que a medida que aumenta el intervalo de tiempo, los valores de σ_p promedio de las estaciones también aumentan. Estos promedios reportaron valores de 0,09, 0,13 y 0,15, para los intervalos de 1 minuto, 10 minutos y 1 hora, respectivamente. Estos resultados indican una variabilidad intermedia del recurso solar en los seis sitios de la red de radiación solar Saver-Net (Hoff and Perez, 2012). Como referencia, la variabilidad 10-minutal típicamente varía entre 0,08 y 0,25 para sitios con baja y alta variabilidad, respectivamente (Alonso-Suárez et al., 2020). Además, en lo que respecta a la variabilidad horaria, se observa que los dos sitios de mayor latitud son los que presentan un comportamiento por encima del valor medio reportado.

Con respecto a la variabilidad al 5%, se observan valores promedio de 0,18, 0,30 y 0,34 para los periodos de 1 minuto, 10 minutos y 1 hora, respectivamente. Al igual que la variabilidad nominal, el promedio de σ_5 para todas las estaciones aumenta a medida que el intervalo de tiempo considerado es más extenso. En el caso de los periodos de 1 minuto, 10 minutos y 1 hora, las estaciones de Neuquén, Villa Martelli y Pilar tienen valores por debajo del promedio. Tandil muestra este comportamiento solo en el intervalo horario. Por otro lado, las estaciones de Comodoro Rivadavia y Río Gallegos superan el valor medio, y esta diferencia se acentúa a medida que aumenta el intervalo de tiempo. Es relevante destacar que Río Gallegos, la estación más austral del estudio, alcanza un valor de σ_5 de 0,42 en el intervalo horario.

Por último, en el caso de las fluctuaciones al 1%, se encontraron valores promedio de 0,46, 0,51 y 0,51 para los intervalos de 1 minuto, 10 minutos y 1 hora, respectivamente. En esta métrica, se observan patrones de comportamiento claramente diferenciados para algunas ciudades. Comodoro Rivadavia y Río Gallegos superan el valor medio en todos los periodos de tiempo considerados, mientras que Neuquén se posiciona por debajo del valor medio, al igual que Pilar, aunque en menor medida.

Con el fin de visualizar la dispersión de las muestras, se presenta en la Fig. 6 un gráfico de estimación de Densidad de Kernel (KDE). En esta Figura, el eje x representa el índice de cielo claro, mientras que el eje y muestra la desviación

estándar de Δk_c para intervalos de 10 minutos, es decir, la variabilidad nominal en el entorno de las 4 muestras más cercanas. Este gráfico permite observar la distribución de las muestras en un espacio que representa valor actual y variabilidad entorno al valor (inestabilidad). En cada caso, los colores más oscuros indican una mayor densidad de probabilidad.

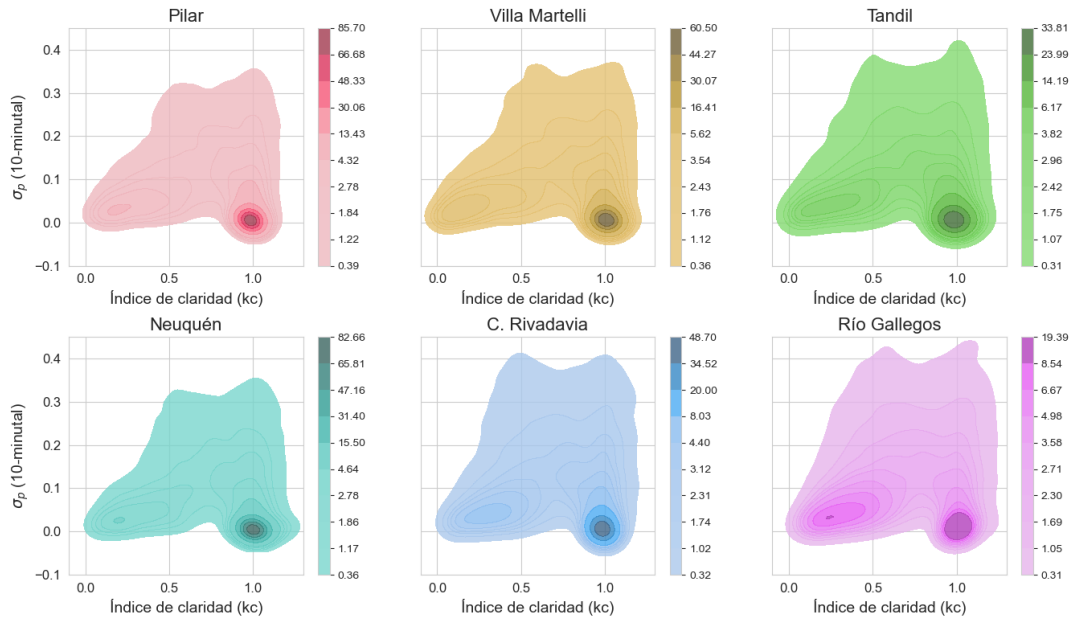


Figura 6- Estimación de la Densidad de Kernel de la variabilidad nominal de 10 minutos para cada sitio.

Se observa que las muestras con baja variabilidad son especialmente las correspondientes a periodos de cielo despejado (k_c cercano a 1) y a aquellos que representan periodos 10-minutales con nubosidad total (k_c próximos a 0,2). En todas las estaciones, se encuentra una densidad de probabilidad mayor para muestras de cielo despejado. No obstante, Río Gallegos presenta un comportamiento notablemente diferente; además de tener una alta densidad de muestras con baja variabilidad en los días despejados, también muestra una densidad considerable en los días de alta nubosidad. En otras palabras, se aprecia una distribución de la variabilidad más amplia que en el caso de las otras estaciones. Este patrón notablemente distinto no se refleja en una gran diferencia de las métricas clásicas de variabilidad, como σ_p , que indica una ligera desviación con respecto al valor medio en este sitio. Las métricas de variabilidad al 5% y 1% presentan una diferencia mayor. La búsqueda de métricas de variabilidad que permitan distinguir más claramente comportamientos es parte de nuestro trabajo actual.

5. CONCLUSIONES

En este estudio se cuantificó la variabilidad nominal, y las variabilidades al 5% y al 1% del recurso solar de corto plazo en seis sitios de la red Saver-Net. Los intervalos de corto plazo estudiados fueron 1 minuto, 10 minutos y 1 hora. Se observó que los sitios tienen una variabilidad intermedia, y que a medida que se consideraron intervalos de tiempo mayores, la variabilidad nominal también aumentó. Las variabilidades al 5% y 1% revelaron las fluctuaciones más significativas y permitieron identificar diferencias entre las estaciones más australes y el resto de los sitios, que no fueron captadas por la métrica usual. Este resultado sugiere la necesidad de seguir investigando en esta línea. Por otra parte, la variabilidad nominal 10-minutal es un marco de referencia para comparar la intermitencia de GHI en diferentes sitios, utilizada en ocasiones para cuantificar la dificultad del sitio para técnicas de pronóstico al corto plazo, por lo que este trabajo presenta información valiosa.

Si bien este estudio constituye un enfoque preliminar, se espera que futuras investigaciones profundicen en el entendimiento de la variabilidad de corto plazo en esta región. Además, se prevé la inclusión de periodos de mediciones más prolongados, así como la incorporación de otros sitios de medida.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) por el financiamiento del proyecto Saver-Net y a las instituciones SMN y CITEDEF por el mantenimiento y operación en los nodos de monitoreo de la red. Además, agradecemos al Instituto Franco-Argentino de Estudios sobre el Clima y sus Impactos (UMI-IFAECI) por el financiamiento y apoyo continuo. Anabela Rocío Lusi es estudiante del Doctorado en Ciencias Aplicadas mención Ambiente y Salud (DCAAS, UNICEN, Argentina). R. Alonso-Suárez agradece a la Comisión Sectorial de Investigación

Científica (CSIC) de la Universidad de la República, Uruguay, por el apoyo financiero al Laboratorio de Energía Solar a través del programa de Grupos de I+D.

REFERENCIAS

- Alonso-Suárez, R., David, M., Branco, V., Lauret, P., 2020. Intra-day solar probabilistic forecasts including local short-term variability and satellite information. *Renew. Energy* 158, 554–573. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.05.046>
- Aristegui, R., Iturbide, P., Stern, V., Lell, J., Righini, R., 2019. Variabilidad de corto plazo y valores extremos de la irradiancia solar en La Pampa húmeda argentina. *Av. En Energ. Renov. Medio Ambiente - AVERMA* 23, 19–30.
- C. Raichijk, H.G.G. y R.R., 2007. VARIABILIDAD ESPACIAL DE LA HELIOFANÍA (DURACIÓN DE LA INSOLACIÓN) EN LA PAMPA HÚMEDA ARGENTINA, URUGUAY Y SUR DEL BRASIL. *Congr. Bras. Energ. Sol. - CBENS*.
- CMP 21 Piranómetro secundarios estándares - Kipp & Zonen [WWW Document], n.d. URL <https://www.kippzonen.es/Product/211/CMP21-Pirano metro> (accessed 5.22.23).
- Emde, C., Buras-Schnell, R., Kylling, A., Mayer, B., Gasteiger, J., Hamann, U., Kylling, J., Richter, B., Pause, C., Dowling, T., Bugliaro, L., 2016. The libRadtran software package for radiative transfer calculations (version 2.0.1). *Geosci. Model Dev.* 9, 1647–1672. <https://doi.org/10.5194/gmd-9-1647-2016>
- ESMAP, 2019. *Global Solar Atlas 2.0*. Wash. DC Worldbank.
- Giacosa, G., Alonso-Suárez, R., Laguarda, A., 2016. FILTRADO ESPACIAL DE LA VARIABILIDAD DEL RECURSO SOLAR: APLICACIÓN A LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA EN URUGUAY. *Av. En Energ. Renov. Medio Ambiente - AVERMA* 20, 47–57.
- Grossi Gallegos, H., 2021. SOBRE LA NECESIDAD DEL MANTENIMIENTO DE LA MEDICIÓN DEL RECURSO SOLAR EN ARGENTINA.
- Hoff, T.E., Perez, R., 2012. Modeling PV fleet output variability. *Sol. Energy, Progress in Solar Energy* 3 86, 2177–2189. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2011.11.005>
- Hoff, T.E., Perez, R., 2010. Quantifying PV power Output Variability. *Sol. Energy* 84, 1782–1793. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2010.07.003>
- Lusi, A.R., Orte, F., Alonso-Suárez, R., D'Elía, R., Wolfram, E., 2023. EVALUACIÓN DE LOS MODELOS DE RADIACIÓN SOLAR GLOBAL HELIOSAT-4 Y MCCLEAR EN DOS SITIOS DE ARGENTINA. *An. AFA* 34, 76–81.
- Mayer, B., Kylling, A., 2005. Technical note: The libRadtran software package for radiative transfer calculations - description and examples of use. *Atmospheric Chem. Phys.* 5, 1855–1877. <https://doi.org/10.5194/acp-5-1855-2005>
- Ministerio de economía, 2023. Energías Renovables: se sumaron más de 173 MW al sistema eléctrico en el segundo trimestre del año [WWW Document]. *Argentina.gob.ar*. URL <https://www.argentina.gob.ar/noticias/energias-renovables-se-sumaron-mas-de-173-mw-al-sistema-electrico-en-el-segundo-trimestre> (accessed 10.17.23).
- Ohmura, A., Dutton, E.G., Forgan, B., Fröhlich, C., Gilgen, H., Hegner, H., Heimo, A., König-Langlo, G., McArthur, B., Müller, G., Philipona, R., Pinker, R., Whitlock, C.H., Dehne, K., Wild, M., 1998. Baseline Surface Radiation Network (BSRN/WCRP): New Precision Radiometry for Climate Research. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 79, 2115–2136. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1998\)079<2115:BSRNBW>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1998)079<2115:BSRNBW>2.0.CO;2)
- Orte, F., Wolfram, E., Luccini, E., D'Elia, R., Lusi, A., Pallotta, J., Nollas, F., Carmona, F., Papandrea, S., Cabezas, M.D., Benítez, G.C., Mizuno, A., 2022. RED DE MONITOREO DE LA IRRADIANCIA SOLAR UV-TOTAL EN ARGENTINA “SAVER-NET.” *METEOROLOGICA* 47. <https://doi.org/10.24215/1850468Xe016>
- Perez, R., David, M., Hoff, T.E., Jamaly, M., Kivalov, S., Kleissl, J., Lauret, P., Perez, M., 2016. Spatial and Temporal Variability of Solar Energy. *Found. Trends@ Renew. Energy* 1, 1–44. <https://doi.org/10.1561/27000000006>
- Skartveit, A., Olseth, J.A., 1992. The probability density and autocorrelation of short-term global and beam irradiance. *Sol. Energy* 49, 477–487. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(92\)90155-4](https://doi.org/10.1016/0038-092X(92)90155-4)
- Suehrcke, H., McCormick, P.G., 1989. Solar radiation utilizability. *Sol. Energy* 43, 339–345. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(89\)90104-7](https://doi.org/10.1016/0038-092X(89)90104-7)
- Wolfram, E., Orte, F., Pallotta, J., D'Elía, R., Libertelli, C., Luccini, E., Porello, N., Ubogui, J., 2018. ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA TASA DE CAMBIO A CORTO PLAZO DE LA IRRADIANCIA SOLAR CON APLICACIONES EN ENERGÍA FOTOVOLTAICA 22, 49–56.

PRELIMINARY ANALYSIS OF SHORT-TERM VARIABILITY OF SOLAR RESOURCE IN ARGENTINA USING SAVER-NET DATA

Abstract. *Solar irradiance variability introduces limitations to photovoltaic (PV) solar energy production because it hinders energy dispatch. Therefore, their quantification is important for large-scale development of PV systems and their relative contribution to the electrical grid. Argentina has a significant potential for solar energy generation, with an extensive territory receiving an average annual irradiation of 5 kWh/m²/day. Furthermore, it is supported by public*

policies and regulations that promote the transition to renewable energy sources. This study quantified short-term variability (minute, 10-minute, and hourly) using the standard deviation of changes in the clear sky index (kc). Time series for 2019 and 2020 were analyzed at six stations from the Argentine solar radiation network Saver-Net. Average nominal variabilities of 0.09, 0.13, and 0.15 was found for 1 min, 10 min, and 1 h, respectively. These values suggest an intermediate variability in solar resources across the territory.

Keywords: *Fluctuations, GHI, Solar Energy*