

Tema 7–Radiación solar y clima

COMPARACION DE DATOS DE RADIACIÓN SOLAR GLOBAL MENSUAL ESTIMADOS POR SATÉLITE Y GENERADOS POR LA RED DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE LA EEAOC, TUCUMÁN – ARGENTINA

**Jorge D. Forciniti¹, Juan C. Ceballos², María L. Molina³, Ángel M. Leal¹, Federico J. Soria⁴ y
María Lorena Soulé Gómez¹**

¹Sección Agrometeorología, Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. CC
Nº 9 (4101) Las Talitas – Tucumán - Argentina

²Divisão de Satélites e Sensores Meteorológicos – DISSM, Coordenação Geral de Ciências
da Terra – CGCT, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Cachoeira Paulista, São Paulo,
Brasil

³Laboratorio de Ionosfera, Atmósfera Neutra y Magnetosfera – LIANM, Facultad de Ciencias Exactas
y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán

⁴Sección Sensores Remotos y SIG, Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres.

Tel. 0381-4521060 – Fax 0381-4521000 e-mail: jorgeforciniti@gmail.com

RESUMEN: El registro continuo de radiación solar, de estaciones meteorológicas automáticas, de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) en Tucumán y zonas aledañas, permitió comparar estos datos con los obtenidos mediante el modelo físico GL versión 1.2. Dicho modelo proporciona estimaciones de irradiancia solar a nivel de superficie, a partir de imágenes del canal VIS (visible) de satélite geoestacionario GOES-East.

Fueron comparados los valores absolutos y normalizados de las series de radiación solar comprendidas entre enero 2017 y diciembre 2021 provenientes de 16 estaciones meteorológicas.

La alta correlación (entre 0,90 y 0,99) y coeficiente de determinación (entre 0,80 y 0,97) así como el sesgo relativamente pequeño (-12 Wm^{-2} a 34 Wm^{-2}) encontrados entre los datos medidos y el modelo satelital fuertemente sugieren que éste último se puede utilizar para estimar el recurso solar en regiones del noroeste argentino (NOA), circundando Tucumán en localidades carentes de estación solarimétrica.

Palabras clave: radiación solar, satélite, modelo GL, red solarimétrica, Tucumán

INTRODUCCIÓN

La variación temporal y espacial del recurso solar es de gran importancia en aspectos tan diversos como los sistemas de conversión de energía solar, las ciencias del medio ambiente, la climatología y la ecología. Ante la escasez de mediciones de radiación solar en un determinado lugar, se puede recurrir a la estimación a partir de información de satélites meteorológicos o de modelos físicos, o numéricos, entre otros.

Dada la complejidad topográfica y el costo de instalación y mantenimiento de redes solarimétricas, el Noroeste Argentino carece de monitoreo de la radiación solar en escala temporal y espacial detallada. Una alternativa de gran interés y factibilidad actual es la combinación (sinergia) de datos de superficie y estimaciones satelitales confiables, que permita por un lado el control de manutención y calidad de la red, y por otro la estimación del recurso energético en un área geográfica mayor y más detallada.

La EEAOC, ubicada en la provincia de Tucumán, en el Noroeste Argentino, dispone de una red de más de 40 estaciones meteorológicas automáticas instaladas a lo largo de la provincia de Tucumán y en áreas de influencia, la cual es administrada por la Sección Agrometeorología de esta institución. Esta red genera información meteorológica de forma automática desde el año 1994. A partir del año 2006 y por medio de un sistema de telesupervisión permite obtener datos en tiempo real de distintas variables meteorológicas, entre ellas la radiación solar global (Lamelas *et al*, 2006).

La medición de la radiación solar global se realiza mediante solarímetros fotovoltaicos con sensores de fotodiodo de silicio (Grossi Gallegos y Righini, 2007), sensibles en la banda espectral 300-1100 nm pero calibrados para indicar valores de radiación solar comprendida en el intervalo 300-3000 nm. Estos sensores están incorporados en estaciones meteorológicas automáticas Davis Vantage Pro y las especificaciones del fabricante indican una resolución de 1 Wm^{-2} y una precisión del 5% a plena escala. Periódicamente se realiza una limpieza y control del estado de funcionamiento de los sensores.

Adicionalmente, la EEAOC dispone de un piranómetro Kipp&Zonen CM6B, el cual cumple con las especificaciones de las Normas ISO 9060-2018 para ser un instrumento Clase “B” y fue calibrado por el grupo Gersolar de la División Física del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Nacional de Luján (Molina *et al*, 2012) en mayo de 2011.

Para el período 2017-2021, se contrastaron los datos mensuales de radiación global diaria del Kipp&Zonen (I_{KZ}) con los del solarímetro fotovoltaico Davis (I_D), ambos instalados en el observatorio meteorológico central de la EEAOC en la localidad de El Colmenar (código 2049 en la Fig. 1), obteniéndose la recta de correlación que se muestra en la Ec. (1).

$$I_D = 0,85 I_{KZ} - 17,8 \quad R^2 = 0,96 \quad (1)$$

donde:

I_D = Irradiancia solarímetro fotovoltaico

I_{KZ} = Irradiancia Kipp&Zonen

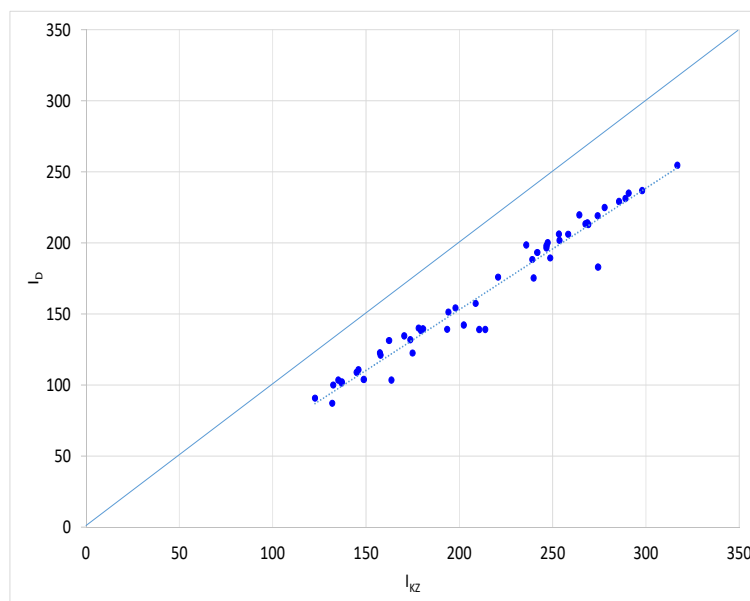


Figura 1. Irradiancia solar global mensual del solarímetro fotovoltaico de El Colmenar (I_D) vs Kipp&Zonen (I_{KZ}).

La alta correlación sugiere el uso de datos de los sensores fotovoltaicos para medición de radiación global, si son sometidos a una corrección simple lineal o multiplicativa.

El modelo GL versión 1.2 es un modelo físico que produce estimaciones de irradiancia solar a nivel de superficie, a partir de imágenes del canal VIS (visible) de satélite geoestacionario (en este caso, la serie GOES-East). La integración temporal de la serie de estimaciones para la serie de imágenes de un día permite evaluar la irradiancia media diaria. El modelo deduce flujos de radiación superficiales a partir de la reflectancia observada en una escala de 4 km, de algunos parámetros de superficie y troposfera, y de las propiedades de propagación de radiación solar en la atmósfera; fue desarrollado por la Universidad Federal da Paraíba (UFPb) y por el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Brasil (Ceballos y Moura 1997; Ceballos et al. 2004). Básicamente, considera que 1) por encima de la troposfera (alturas superiores a 15 km), el ozono absorbe parcialmente la radiación directa en el UV; 2) la radiación solar en la troposfera no es absorbida en el intervalo UVVIS (ultravioleta + visible, $\lambda < 0,70 \mu\text{m}$); 3) el vapor de agua y dióxido de carbono absorben parcialmente en el infrarrojo solar ($\lambda > 0,70 \mu\text{m}$), al pasar entre nubes de tipo cumuliforme (cobertura parcial). La incidencia sobre nubes cumuliformes o estratiformes tiene transmitancia nula. Cabe mencionar que este es un modelo físico, no necesitando de “calibración” con datos de redes superficiales; sus errores son inherentes a las hipótesis y parametrizaciones físicas de propiedades atmosféricas y de superficie. Detalles de los algoritmos se encuentran en Ceballos *et al.* (2004).

El modelo produce datos para el área de América del Sur al norte de 50°S desde 1998, con resolución espacial de 0,04° (aproximadamente 4 km). El análisis de desempeño para la región surde Brasil en 2016 (Porfirio et al. 2020) mostró sesgos de 3 y 14 Wm^{-2} y desvíos estándar típicos de 8 a 15 Wm^{-2} para promedios mensuales, mientras que para la Pampa Húmeda argentina en 2011/2017 (Ceballos et al. 2022) fueron de 5 a -10 Wm^{-2} y 7 a 14 Wm^{-2} respectivamente.

Una primera comparación de datos EEAOC/GL fue comunicada a ASADES en 2011 (Ceballos et al. 2011). La calidad y disponibilidad de resultados sugiere continuar estas comparaciones en períodos más extensos. En este trabajo, son presentados resultados preliminares para datos mensuales del quinquenio 2017-2021.

DATOS Y METODOLOGIA

En la Fig. 2 se muestra la distribución geográfica de 30 estaciones de la red de estaciones meteorológicas automáticas de la EEAOC con registros de radiación solar. Se utilizaron promedios mensuales de irradiancia media (Wm^{-2}) para un periodo 5 años que va desde enero de 2017 a diciembre de 2021.

Las estaciones generan datos con una periodicidad de 15 minutos, obteniendo la radiación media diaria como promedio de los registros generados en 24 horas. Se desearon todos aquellos registros diarios que no contaran, por lo menos, con un 95% de los datos totales de 15 minutos. Con los registros diarios se generaron los promedios mensuales y se descartaron todos aquellos valores mensuales que no estuvieran completos, es decir que les faltaran por lo menos un día de datos. Posteriormente se seleccionaron aquellas estaciones que cumplieran con la condición de disponer por lo menos de un 75% de datos, o sea por lo menos 45 meses con datos promedio de los 60 posibles. Como resultado quedaron seleccionadas 16 estaciones que cumplieran con estos requisitos. Las instalaciones no presentan problemas de sombreado. No se realizó corrección de las medidas por análisis de calibración original y degradación.

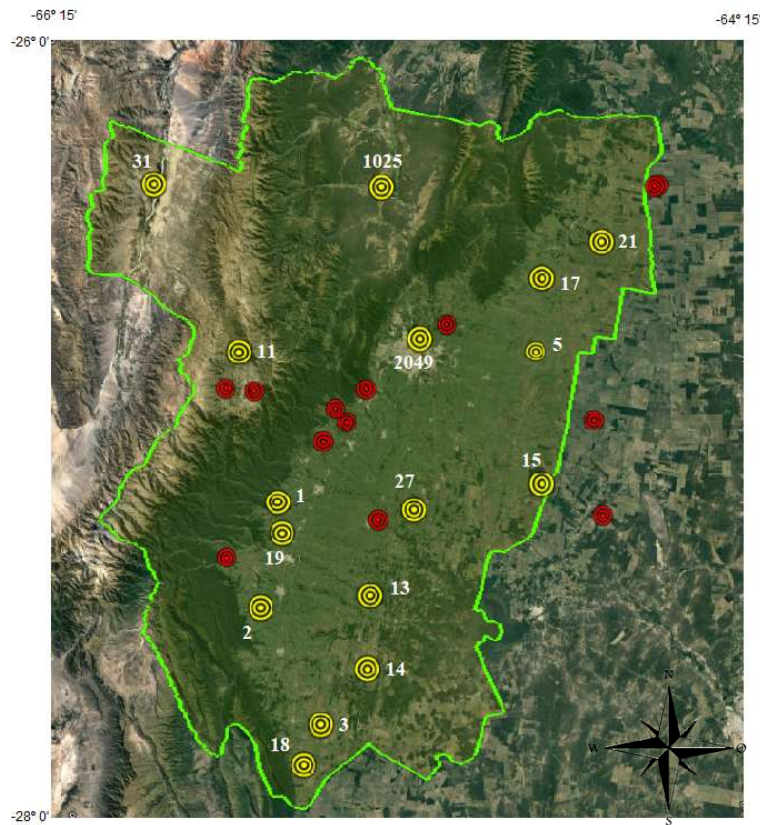


Figura 2. Distribución geográfica de las estaciones meteorológicas de la EEAOC. Con amarillo se marcan las estaciones seleccionadas para este trabajo, con su número de estación.

La Divisão de Satélites e Sensores Meteorológicos/Coordenação Geral de Ciências da Terra/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DISSM/CGCT/INPE) procesa operativamente el modelo GL versión 1.2, generando estimaciones para América del Sur, basado en imágenes de satélite geoestacionario GOES (Ceballos *et al.*, 2004). Los datos diarios de GL son obtenidos por integración temporal de estimaciones del modelo GL 1.2 cada 30 minutos (GOES 13, en 2017) o a cada 10-15 minutos (GOES 13, sensor ABI, 2018-2021). Son presentados en una matriz de 1800×1800 píxeles, cubriendo América del Sur y área oceánica vecina con resolución espacial de $0,04^\circ$ (en torno de 4 km, latitud mínima 50°S y longitud inicial 100°W), cada píxel representa el promedio de valores en 3×3 píxeles en Wm^{-2} .

En la Tabla 1 se muestran las estaciones mencionadas con sus coordenadas geográficas, así como también el promedio y desvío estándar tanto de los valores medidos como de los estimados y el número de meses que se utilizaron para hacer el análisis. Es importante notar que el desvío estándar de G o de GL representa una medida de la variación anual de la variable, acumulando el efecto de ciclo anual, de fluctuaciones meteorológicas y climáticas, y de incertidumbre (eventualmente aleatoria) en el registro de radiación.

Tabla 1. Estaciones meteorológicas georreferenciadas, valor medio (Prom) y desvío estándar (Std) de los valores medidos (G) y estimados (GL) y cantidad de registros mensuales utilizados (Cnt).

Código	Estación	Latitud (° dec.)	Longitud (° dec.)	Altura (msnm)	Prom(G) (Wm ⁻²)	Std(G) (Wm ⁻²)	Prom(GL) (Wm ⁻²)	Std(GL) (Wm ⁻²)	Cnt (meses)
18	Bajastine	-27,872	-65,554	471	182,6	53,6	198,5	57,4	57
1025	Benjamín Paz	-26,394	-65,300	781	178,4	48,6	206,6	55,0	50
3	Casas Viejas	-27,775	-65,504	384	180,6	52,3	193,4	56,5	60
31	Colalao del Valle	-26,377	-65,965	1710	233,2	43,4	220,9	47,3	48
2049	El Colmenar	-26,800	-65,200	481	164,4	46,3	186,5	52,2	60
13	Ingas	-27,410	-65,360	319	161,9	54,5	188,0	61,1	45
21	La Argentina	-26,537	-64,653	425	187,8	51,4	201,6	59,2	46
17	La Cruz	-26,635	-64,835	493	185,7	51,0	200,9	55,2	56
19	Las Faldas	-27,286	-65,589	389	168,5	47,5	193,6	55,5	53
27	Los Quemados	-27,229	-65,220	324	160,4	59,4	194,1	56,9	50
5	Monte Redondo	-26,820	-64,854	394	175,5	54,6	196,6	57,3	60
14	Monte Toro	-27,636	-65,338	312	176,4	54,3	201,5	60,0	58
11	Pinar de los Ciervos	-26,815	-65,723	2437	190,6	34,8	198,6	39,1	51
1	Pueblo Viejo	-27,202	-65,619	435	154,6	43,6	185,1	52,4	58
2	Santa Ana	-27,471	-65,672	391	157,4	50,1	191,3	55,6	59
15	Viclos	-27,172	-64,874	401	182,3	55,2	196,8	56,0	57

Los resultados son presentados según dos criterios: 1) comparación entre valores GL (modelo) × G (observación EEAOC), evaluando los parámetros usuales para la serie de diferencias GL-G entre estimador GL y medida G (sesgo: desvío medio; desvío estándar y desvío cuadrático medio)), así como la linealidad de la relación GL|G (regresión lineal, coeficientes de correlación y de determinación); 2) comparación entre valores GLN × GN, donde “N” indica valor normalizado para el período considerado. Una serie temporal X_n , ya sea de la secuencia G_n de observaciones o de la serie GL_n del modelo, tiene su valor normalizado para XN_n según la expresión de la Ec. (2)

$$XN_n = \frac{(X_n - \bar{X})}{SX} \quad (2)$$

donde:

X_n : Radiación solar del mes n

$\bar{X}$: Promedio de la serie para la localidad

SX : Desvío estándar de la serie para la localidad

La variable normalizada XN es relevante porque contribuye a eliminar o minimizar problemas de comparación entre medidas/estimaciones no calibradas. Sean G y GL las series temporales de observación y de estimación, siendo que $G = \alpha G_0$, $GL = \beta GL_0$, donde G_0, GL_0 son los valores correctos y α, β las constantes (multiplicativas) de calibración para cada variable. Claramente, un diagrama de dispersión $GL|G$ será afectado por las calibraciones de G y GL ; por otro lado, la calibración afecta igualmente las variables y parámetros $G_n, \bar{G}$ y SG en la Ec. (2) de forma que las variables corregidas G_0_n y las observadas G_n tienen la misma secuencia normalizada: $G_n = GNo_n$. Lo mismo ocurre con las secuencias GL_n y $GLNo_n$. Así, al comparar $GLN|GN$ los problemas de calibración (multiplicativa) serán filtrados y otros problemas presentes pueden ser mejor analizados. Los coeficientes de correlación r y determinación r^2 resultan especialmente útiles, porque: a) las variancias de GN_n y GLN_n son unitarias; b) el coeficiente de correlación coincide con la pendiente de la recta de regresión (a), c) los valores de la recta $GLN_n^* = a GN_n$ acumulan una

variancia r^2 ; d) la variancia de la dispersión (“ruido”) de valores GLN con relación a la recta GLN* (“señal”) acumula fracción $1-r^2$ de la variancia.

RESULTADOS

En la Tabla 2 se observan las rectas de correlación entre los valores proporcionados por el modelo GL y los medidos (G). A pesar de que no se realizaron correcciones por degradación y calibración, la alta correlación indica que las correcciones pertinentes serían simples, configurando virtualmente una corrección multiplicativa. La pendiente cercana a 1 para todas las estaciones (excepto Los Quemados y Pinar de los Ciervos), sugiere comportamiento semejante de todas ellas con relación a la calibración, y que el modelo GL describe la radiación solar regional coherentemente con el piranómetro Kipp&Zonen.

Tabla 2. Regresión lineal de los valores diarios de irradiancia estimada por el modelo (GL) con relación a los medidos (G) ($GL^* = a \cdot G + b$), donde a es la pendiente y b la ordenada al origen. Sesgo, Desvío estándar (STD) y RMSE están calculados para la diferencia entre GL y G.

Código	Estación	R	R^2	a	b (Wm^{-2})	Sesgo (Wm^{-2})	STD (Wm^{-2})	RMSE (Wm^{-2})
18	Bajastiné	0,98	0,97	1.05	6,4	16,0	10,7	19,2
1025	Benjamín Paz	0,96	0,91	1.08	13,5	28,2	16,6	32,7
3	Casas Viejas	0,97	0,95	1.05	3,4	12,8	13,1	18,3
31	Colalao del Valle	0,99	0,97	1.07	-29,7	-12,3	8,2	14,8
2049	El Colmenar	0,97	0,94	1.10	6,2	22,1	13,2	25,8
13	Ingas	0,97	0,94	1.09	12,1	26,1	15,7	30,4
21	La Argentina	0,98	0,96	1.13	-10,8	13,8	13,2	19,1
17	La Cruz	0,99	0,97	1.07	2,7	15,2	9,6	17,9
19	Las Faldas	0,97	0,94	1.13	2,8	25,2	15,2	29,4
27	Los Quemados	0,92	0,84	0.88	53,0	33,7	23,7	41,2
5	Monte Redondo	0,98	0,95	1.02	17,1	21,2	12,8	24,7
14	Monte Toro	0,98	0,95	1.08	11,3	25,1	13,7	28,6
11	Pinar de los Ciervos	0,90	0,80	1.01	6,2	8,0	17,3	19,1
1	Pueblo Viejo	0,98	0,95	1.17	3,9	30,5	13,6	33,4
2	Santa Ana	0,95	0,91	1.06	24,6	33,9	16,9	37,9
15	Viclos	0,98	0,96	0.99	15,8	14,5	11,6	18,5

En la estación de Colalao del Valle se obtiene un valor negativo en la ordenada al origen, lo que probablemente estaría indicando un valor alto de radiación difusa que llega al sensor, debido a la alta reflectancia del terreno que no se tiene en cuenta en el modelo. El error cuadrático medio (RMSE), nos da un error absoluto de $14,8 Wm^{-2}$ y $41,2 Wm^{-2}$. Como se puede observar en la Fig.3, existe una elevada correlación y coeficiente de determinación entre G y GL. La tendencia en la distribución de los puntos en general es similar a la de la diagonal principal con un error sistemático que se visualiza de precisión intermedia. Los datos estimados por satélite están en general por encima de los valores medidos (salvo, como ya se adelantó, para la estación de Colalao del Valle). En promedio las estimaciones del modelo GL está un 10% por encima de G para el conjunto de todas las localidades, con un máximo de 17,7% en la localidad de Santa Ana y un mínimo de -5,5% en Colalao del Valle.

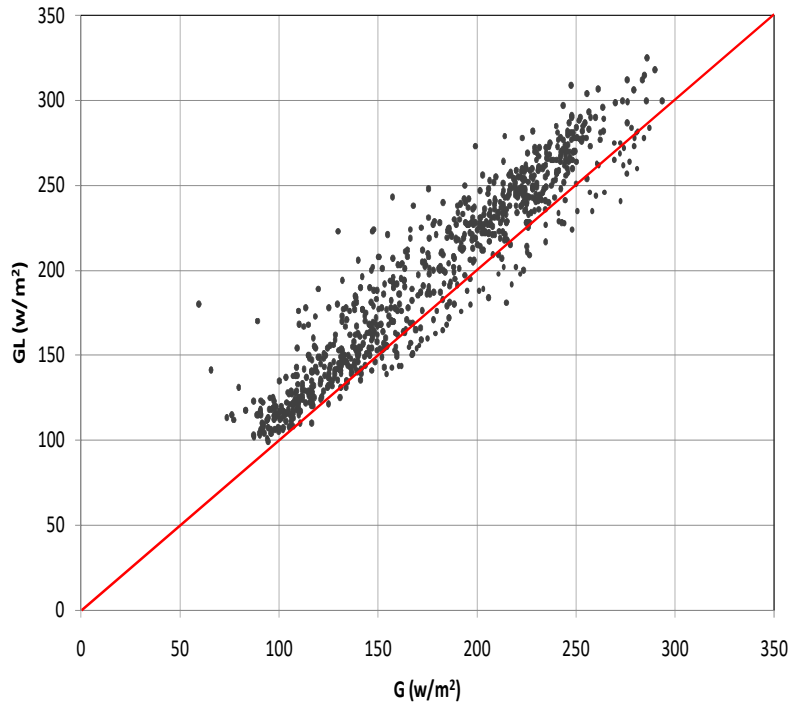


Figura 3. *Dispersión de datos mensuales para valores medidos (abscisas) y estimados (ordenadas) en el periodo 2017-2021*

La Figura 4 ilustra la comparación de valores G_N , GL_N normalizados según la Ec. 2; El hecho de que todas ellas se agrupen ajustándose a una relación cercana a 1:1 indica que la principal influencia en desvíos de los valores G_n medidos con relación a un valor “real” o adecuado, es un factor multiplicativo de calibración. Pocas estaciones (Pinar de los Ciervos y Los Quemados) tienen $r < 0,95$. La misma observación sobre calibración cabe a los valores GL_n estimados por el modelo GL 1.2. Claramente, el conjunto de los puntos muestra una coherencia estricta (a menos de factor de calibración) entre las series temporales medidas y estimadas en la red EEAOC. La variancia asociada a las diferencias $\delta GL_N = GL_N - a G_N$ es $1 - R^2$ y por lo tanto significa menos de 6% para la mayoría de las estaciones. Considerando que los desvíos estándar de las mediciones y estimaciones está en el intervalo $S = 50\text{-}60 \text{ Wm}^{-2}$ (Tabla 1) esta dispersión o “ruido” significa valores típicos menores que $0,06^{1/2} S \approx 13.5 \text{ Wm}^{-2}$; en la hipótesis de un “ruido gaussiano”, 2 veces ese intervalo contiene 95% de las fluctuaciones aleatorias (causadas por limitaciones del modelo de estimativa y por imperfecciones del proceso de medición).

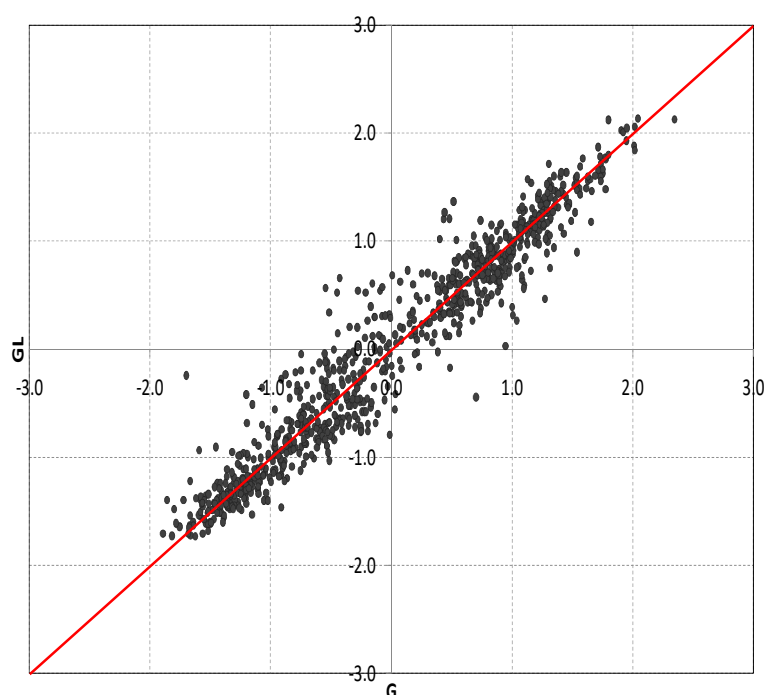


Figura 4. Dispersión de datos mensuales para valores medidos normalizados (abscisas) y estimados normalizados (ordenadas) en el período 2017/-2021.

CONCLUSIONES

La comparación del modelo GL versión 1.2 con las mediciones de la red solarimétrica de la EEAOC comprende un conjunto de 868 pares de puntos durante 5 años, pertenecientes a 16 localidades distribuidas a lo largo de toda la provincia de Tucumán. Las estimaciones del modelo oscilan en el rango de los 99 Wm^{-2} y 325 Wm^{-2} mientras que las mediciones lo hacen en un rango de 59 Wm^{-2} y 294 Wm^{-2} . La alta correlación encontrada indicaría que los valores proporcionados por el modelo GL representa el valor mensual de la radiación solar de la región. El sesgo (entre y los valores de 1 STD y RMSE no superan los 41 Wm^{-2} , además los datos normalizados sugieren un error sistemático pasible de calibrar (ya sean los datos de superficie o los de satélite), al mostrar una marcha acompasada entre el método de estimación y los valores registrados por las estaciones automáticas.

Los resultados indican que el modelo GL 1.2 puede ser utilizado para monitorear de forma sistemática el desempeño de la red y que, a su vez, esta última puede avalar al modelo satelital para describir el régimen de radiación solar en el área del Noroeste Argentino. Para optimizar esta sinérgia entre la estimación por satélite y los datos de la red, la calidad de esta debe ser sistemáticamente controlada por comparación con instrumentos de referencia.

AGRADECIMIENTOS

Los autores reconocen el aporte de la Sección Agrometeorología de la EEAOC, difundiendo datos meteorológico y solarimétricos en la URL <https://agromet.eeaoc.gob.ar/>, así como del grupo G-STAR de la DISSM/CGCT/INPE contribuyendo a la difusión de datos del modelo GL 1.2. Las series mensuales para América del Sur están disponibles (formato geotiff) en la URL <http://satelite.cptec.inpe.br/radiacao/> → medias mensais.

Promedios mensuales del modelo GL 1.2 desde 2000 hasta la actualidad están accesibles en versión geotiff, en la página web de la División de Satélites y Sensores Meteorológicos de la Coordenação

REFERENCIAS

- Ceballos, J.C. y Moura, G.B.A. (1997). Solar radiation assessment using Meteosat-4 VIS imagery. *Solar Energy* vol. 60, 209-219. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(97\)00001-7](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(97)00001-7).
- Ceballos, J. C., Bottino, M. J. y Souza, J.M. (2004). A simplified physical model for assessing solar radiation over Brazil using GOES 8 visible imagery. *J. Geophys. Research* 109: D02211, <https://doi.org/10.1029/2003JD003531>.
- Ceballos, J.C., Lamelas, C. M., Forciniti, J. D. y Rodrigues, M.L. (2011). Radiación Solar en la Provincia de Tucumán: Una Comparación Entre Valores Estimados por Satélite y Medidos por una Red Solarimétrica. XXXIV Reunión de ASADES 2011. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 15, 2011. Área: Radiación Solar y Clima- 71 – 78. ISSN 0329-5184 Accesible en <https://www.researchgate.net/project/Satellite-estimation-of-surface-radiative-fluxes>; también https://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/Record/SEDICI_d60a0f4ecc5825f35b2c6e804b94ce6d.
- Ceballos, J.C., Porfirio, A.C.S., Oricchio, P.A. y Posse, G. (2022). Characterization of the annual regime of surface solar irradiance over Argentine Pampean Region using GL1.2 satellite-based data. *Renewable Energy* 194: 526-537. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.05.038>.
- Grossi Gallegos, H. y Righini, R. (2007). Atlas de Energía Solar de la República Argentina. Universidad Nacional de Luján y Secretaría de Ciencia y Tecnología, Buenos Aires, Argentina, ISBN 978-987-9285-36-7.
- Lamelas, C.M., Forciniti, J.D. y Soulé Gómez, M.L. (2006). Provincia de Tucumán: Desarrollo e instalación de un sistema de telesupervisión y comando para estaciones meteorológicas automáticas. XI Reunión Argentina de Agrometeorología. Trabajos Presentados- Área Agrometeorología: 13 – 16.
- Molina, M.L., Ortiz de Adler, N., Lamelas, C.M., Forciniti, J.D. y Leal, A.M. (2012). Instalación de un piranómetro de primera clase en Tucumán. Análisis preliminar de datos. Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA, Tomo I, pp 38-42. ISSN 1853-7871. Ed. Grupo Loza Impresiones S.R.L. Con referato. Tucumán. 2012.
- Porfirio, A.C.S., Ceballos, J.C., Britto J.M.S. y Costa S.M.S. (2020): Evaluation of Global Solar Irradiance Estimates from GL1.2 Satellite-Based Model over Brazil Using an Extended Radiometric Network. *Remote Sensing* 12, no. 8: 1331. <https://doi.org/10.3390/rs12081331>.

COMPARISON OF GLOBAL SOLAR RADIATION DATA ESTIMATED BY SATELLITE AND GENERATED BY THE NETWORK OF METEOROLOGICAL STATIONS OF THE EEAOC, TUCUMAN - ARGENTINA

ABSTRACT

The continuous recording of solar radiation from automatic meteorological stations at the Obispo Colombes Agroindustrial Experimental Station (EEAOC) in Tucumán and surrounding areas, allowed comparison of these data with those obtained from the GL physical model version 1.2. This model provides estimates of solar irradiance at surface level, based on images of the VIS (visible) channel of the GOES-East geostationary satellite.

Absolute and normalized values of solar irradiance series comprised between January 2017 and December 2021 from 16 meteorological stations were compared. The high correlation (0.90 to 0.99) and determination coefficient (0.80 to 0.97) as well as moderately low bias (-12 to 34 Wm⁻²) found for surface measures and satellite-estimated values strongly suggest that the GL version 1.2 model allows to infer quite accurately the solar resource in regions where there are no solar radiation measurements, especially in the northwestern region of Argentina (NOA) because it is where the province of Tucumán and other areas with records of weather stations are located.

Keywords: solar radiation, satellite, GL model, solarimetric network Tucuman