



XIV Congreso Argentino de Meteorología  
(CONGREMET 2022) organizado por el Centro  
Argentino de Meteorólogos (CAM)

Libro de resúmenes extendidos

# VARIABILIDAD DE LA IRRADIANCIA SOLAR EN SUPERFICIE EN EL NOROESTE ARGENTINO SEGÚN EL REANÁLISIS NCEP/NCAR R1

Franco D. Medina<sup>1,2</sup>, María L. Molina<sup>3</sup>, Teresita Heredia<sup>1,2</sup>, Marta M. Zossi<sup>1,2</sup>,  
Gustavo A. Mansilla<sup>1,2</sup>, Ana G. Elias<sup>1,2</sup>  
[fdmedina@herrera.unt.edu.ar](mailto:fdmedina@herrera.unt.edu.ar). Autor correspondiente.

<sup>1</sup>INFINOA (CONICET-UNT)

<sup>2</sup>Laboratorio de Ionosfera, Atmosfera Neutra y Magnetosfera - LIANM (FACET, UNT)

<sup>3</sup>Departamento de Física (FACET, UNT)

**Palabras clave:** radiación solar, tendencias, NOA.

## 1) INTRODUCCIÓN

El estudio de la variabilidad espacial y temporal de la irradiancia solar en superficie tiene una importancia clave en el análisis de viabilidad del aprovechamiento de la energía solar como fuente de energía renovable en una dada localidad o región, y en el dimensionamiento de la tecnología necesaria para este aprovechamiento. También es importante el rol de este parámetro en el intercambio de energía entre la atmósfera y la superficie para comprender fenómenos meteorológicos y procesos de transferencia radiativa. En este trabajo, para caracterizar esta variabilidad en la región del Noroeste Argentino (NOA), se utilizaron los datos de irradiancia solar en superficie del reanálisis NCEP/NCAR R1 (Kalnay et al., 1996) durante un período de 74 años (1948-2021). Los datos del reanálisis, en general, se han utilizado en numerosos estudios de caracterización y variabilidad de diversos parámetros, sobre todo en regiones donde las mediciones en superficie, a pesar de ser más precisas, tienen una cobertura espacial y temporal limitada (Morales-Moraga et al., 2019; Peng et al., 2019).

## 2) DATOS, METODOLOGÍA Y RESULTADOS

Los datos de flujo de radiación solar en superficie, dsrwr (downward solar radiation flux), del reanálisis NCEP/NCAR, provistos por la NOAA/OAR/ESRL PSL, Boulder, Colorado, se obtuvieron del sitio [psl.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis.surfaceflux.html](http://psl.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis.surfaceflux.html). El reticulado tiene una resolución de 2° en latitud × 2° en longitud. Se consideró la región del NOA comprendida entre los 20°S y 30°S en latitud, y 70°O y 60°O en longitud (5×6=grilla de 30 puntos), para el período 1948-2021. A partir de las series con 4 valores diarios (00, 06, 12 y 18 UTC), se determinaron series promedio mensual para cada punto de la grilla y se analizaron las correspondientes a las 12 UTC.

En este trabajo se utilizaron el promedio mensual (analizando por separado cada uno de los 12 meses), promedio anual, y amplitud estacional  $\Delta S$  (diferencia entre los promedios de Junio y Diciembre) para analizar la variabilidad de la irradiancia. Se estimaron cada una de estas 14 series para cada punto de la grilla, para toda la región (promediando sobre los 30 puntos de grilla), y para dos sub-regiones. Esta última subdivisión se hace para tener en cuenta la gran diferencia de relieves que presenta el NOA. Una de las sub-regiones consiste en el área al este y la otra al oeste del meridiano de 65°O (70-65°O y 65-60°O respectivamente, con 15 puntos cada sub-grilla). La región hacia el oeste presenta mayor relieve, incluyendo principalmente partes de la cordillera oriental y de las sierras subandinas, mientras que la región hacia el este comprende parte de la planicie pedemontana subandina (Pereyra, 2018). Para cada serie se estimó el promedio para todo el período y la desviación estándar de este promedio. La Tabla 1 muestra los valores obtenidos, junto con la desviación estándar de la variación espacial

promediada en los 74 años. Por otra parte, la Figura 1 muestra el promedio anual de dsrwr calculado sobre los 74 años que abarca el período analizado. La variación interanual del promedio anual de dsrwr se grafica en la Figura 2 para dos puntos de la retícula: (24°S,68°O) y (24°S,63°O) ubicados en regiones de máxima y mínima irradiancia de la región respectivamente.

*Tabla 1. Valores promedio para el período 1948-2021 (74 años), desviación estándar temporal del promedio en este período y desviación estándar espacial promediada en el mismo período, considerando la región total (entre 70° y 60°O) y dos subregiones: entre 70° y 65°O, y entre 65° y 60°O. Series analizadas: promedio mensual de cada uno de los 12 meses, serie promedio anual y amplitud estacional (Diciembre-Junio).*

Mes	Promedio temporal [W/m <sup>2</sup> ]			Desviación estándar temporal (%)			Desviación estándar espacial promedio (%)		
	70-60° O	70-65° O	65-60° O	70-60° O	70-65° O	65-60° O	70-60° O	70-65° O	65-60° O
1	876	908	843	3	5	4	7	6	5
2	830	863	796	4	5	5	7	6	5
3	772	810	734	3	4	4	7	6	4
4	683	728	639	3	3	5	9	7	4
5	591	625	556	3	3	5	10	9	6
6	535	563	507	4	3	5	11	11	7
7	557	586	529	3	3	4	10	10	7
8	648	691	605	3	2	5	10	8	5
9	759	829	689	3	2	6	11	7	6
10	852	938	766	3	2	5	12	7	5
11	914	984	843	3	3	4	10	7	5
12	915	966	865	2	3	4	8	7	5
Año	744	791	698	2	2	2	8	6	3
ΔS	380	402	359	7	8	11	20	21	17

Se estimó también la tendencia lineal a lo largo de los 74 años que abarca el período de estudio, empleando mínimos cuadrados. La Tabla 2 muestra los valores de tendencia porcentual (respecto al valor promedio anual en cada caso).

### 3) DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

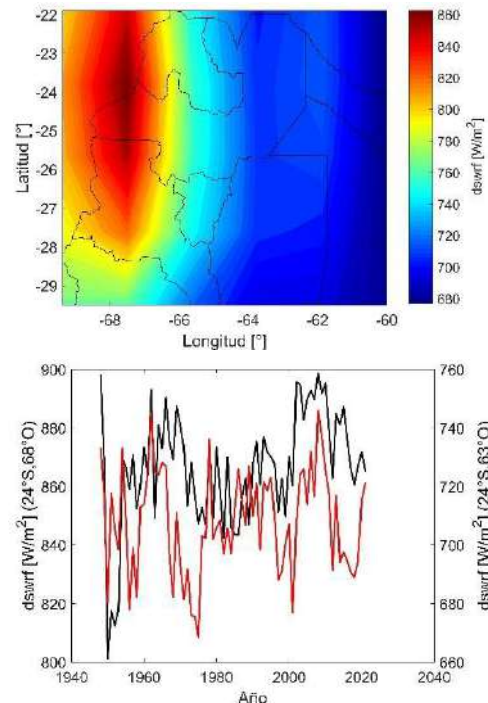
El reanálisis NCEP/NCAR permite determinar características promedio y variabilidad de la irradiancia solar en superficie a lo largo de un extenso período de tiempo, con una multiplicidad de enfoques y metodologías, que deberán ser luego contrastadas con valores experimentales. Para este trabajo se eligieron valores promedios mensuales y anuales, junto con la amplitud estacional, para mostrar su variabilidad y tendencia a lo largo de los últimos 74 años. A partir de valores estimados (Tabla 1) se deduce que la variabilidad espacial es mayor que la interanual, como es esperable debido a la gran variación de relieve de la región. Esto se deduce también de la Figura 1 (panel superior) donde se observa una mayor irradiancia promedio en la región de mayor relieve que en las zonas con llanuras. Por otra parte, si se compara la desviación estándar (Tabla 1) con la tendencia lineal a lo largo de los

74 años (Tabla 2), se puede concluir que la tendencia es casi dos órdenes de magnitud menor que la variación interanual. En este sentido, se destaca una cuasi-periodicidad de ~20 años (Figura 1, panel inferior) que tiene mayor amplitud que la tendencia lineal a lo largo del período. En cuanto a la coherencia espacial de las tendencias, se observa que en los meses de invierno la misma es positiva y de magnitud similar en toda la región. No se observa esto en los meses de verano, lo que podría estar relacionado con las diferencias en las variaciones de los patrones de nubosidad entre las distintas sub-regiones. Con respecto a la amplitud estacional, la tendencia decreciente promedio regional se debe a la tendencia positiva más pronunciada en los meses de invierno que de verano. La misma difiere de acuerdo a la sub-región considerada (negativa al oeste y positiva al este).

Tabla 2. Idem a Tabla 1 para la tendencia en % por año, estimada con mínimos cuadrados para el período 1948-2021 (74 años).

Mes	Tendencia (%)		
	70-60°O	70-65°O	65-60°O
1	0.02	0.07	-0.04
2	-0.02	0.05	-0.09
3	-0.01	0.03	-0.06
4	0.00	0.03	-0.04
5	0.02	0.04	-0.01
6	0.06	0.07	0.05
7	0.07	0.07	0.06
8	0.08	0.05	0.12
9	0.05	0.02	0.09
10	0.04	0.01	0.08
11	0.06	0.06	0.05
12	0.02	0.07	-0.03
Año	0.03	0.04	0.01
$\Delta S$	-0.03	0.06	-0.13

Figura 1. Promedio en el período 1948-2021 del promedio anual de  $ds_{wrf}$  (panel superior). Variación interanual del promedio anual de  $ds_{wrf}$  para dos puntos de la grilla: (24°S,68°O) (negro) y (24°S,63°O) (rojo).



### Agradecimientos

Trabajo enmarcado en el Proyecto de UE del INFINOA: PUE 22920200100008CO.

### REFERENCIAS

**Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., et al., 1996:** The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437-470.

**Morales-Moraga, D., Meza, F.J., Miranda, M. y Gironás, J. 2019:** Spatio-temporal estimation of climatic variables for gap filling and record extension using Reanalysis data. Theor. Appl. Climatol., 137, 1089–1104.

**Peng, X., She, J., Zhang, S., Tan, J. y Li, Y., 2019:** Evaluation of Multi-Reanalysis Solar Radiation Products Using Global Surface Observations. Atmosphere, 10, 42.

**Pereyra, F.X., 2018:** Regiones geomorfológicas de Argentina, UNDAV Ediciones, Buenos Aires.