

Evaluación del Pronóstico de Radiación Solar del Modelo Weather Research and Forecasting (WRF) en la Provincia de Córdoba, Argentina

Elena Lucia Sandalio^{1,2}, Matías E. Suárez^{1,2,3}, Juan E. Sanchez^{1,2,3}, Denis Poffo^{1,2}, y Andrés Rodríguez^{1,2,3}

elena.sandalio@mi.unc.edu.ar. Autora correspondiente.

¹Laboratorio de Hidrometeorología (FCEfyN - UNC)

²Observatorio Hidro-Meteorológico de la Provincia de Córdoba (OHMC)

³Instituto de Estudios Avanzados en Ingeniería y Tecnología (IDIT-CONICET-UNC)

Palabras clave: Radiación, Solar, Pronóstico, WRF, Evaluación

INTRODUCCIÓN

La radiación solar es de enorme importancia dado que es la principal fuente de energía de la biósfera terrestre y la fuerza impulsora de las circulaciones atmosféricas y oceánicas. Es responsable de fenómenos comunes como la fotosíntesis de las plantas y de mantener el planeta a una temperatura compatible con la formación de la vida. Por este motivo, es evidente la importancia de pronosticar la radiación solar y entender su distribución espacial. En particular, los modelos de predicción del tiempo (NWP, Numerical Weather Prediction) son considerados una herramienta de gran utilidad para la evaluación y el pronóstico de la radiación solar. Al presente se han realizado numerosos estudios acerca de la capacidad de estos modelos para pronosticar la radiación solar. En este trabajo se realiza una evaluación de la radiación solar pronosticada por el modelo WRF que ejecuta el Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Nacional de Córdoba y la medida por tres estaciones de superficie en la provincia de Córdoba (Argentina), durante el año 2021.

METODOLOGÍA

Para realizar la comparación se utilizaron tres estaciones de superficie ubicadas en distintos puntos de la provincia de Córdoba. Al noroeste, se tomó la estación de Los Hornillos (montaña) con una altitud de 1102 msnm, al noreste de la Ciudad de Córdoba se utilizó la estación de Villa Retiro (centro) cuya altitud es de 431 msnm y por último, al sureste de la provincia se tomó en cuenta la estación de La Carlota (llanura) a 146 msnm. Esta comparación se realizó a lo largo de todo el año 2021, permitiendo así poder realizar un análisis tanto anual como por épocas. Para evaluar la calidad del pronóstico se utilizaron las siguientes métricas estadísticas: Coeficiente de Correlación de Pearson (CC), sesgo (BIAS), Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE). Los cuales están definidos por las siguientes ecuaciones:

$$CC = \frac{\sum_{i=1}^N (R_{wrf,i} - \overline{R_{wrf}})(R_{obs,i} - \overline{R_{obs}})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (R_{wrf,i} - \overline{R_{wrf}})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (R_{obs,i} - \overline{R_{obs}})^2}} \quad (1) \quad BIAS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\Delta R_i) \quad (2) \quad RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\Delta R_i)^2} \quad (3)$$

donde $R_{wrf,i}$, $R_{obs,i}$ es el i -ésimo valor de radiación solar pronosticado y medido, las variables con barra corresponden a la media y $\Delta R_i = R_{wrf,i} - R_{obs,i}$.

La radiación solar pronosticada corresponde al modelo WRF 4.2.1 que ejecuta el Laboratorio de Hidráulica de la UNC. Las condiciones iniciales y de contorno utilizadas corresponden a la simulación de las 06Z del modelo GFS 0.25°. El modelo WRF es ejecutado con cuatro configuraciones distintas denominadas A, B, C y D, las cuales se caracterizan por un conjunto de parametrizaciones distintas y un dominio de 270 x 270 puntos de grilla de 4 km que abarca la región central de Argentina (Lighezzolo et al. 2017).

RESULTADOS

En la Figura 1 se presenta la radiación solar diaria máxima a lo largo del año 2021. Se puede observar que la radiación medida alcanza un mínimo en el mes de julio, la cual es simulada adecuadamente por el modelo WRF. Para los cuatro conjuntos de parametrizaciones A, B, C y D se pudo observar una tendencia a sobreestimar el valor de la radiación máxima diaria y que esta diferencia se acentúa en la época abril-septiembre.

Por otro lado, como se muestra en la Figura 2, los conjuntos de parametrizaciones que utilizan el esquema de radiación de Dudhia (B y D) se ajustan mejor a lo observado por las estaciones La Carlota y Villa Retiro, las cuales se encuentran en un terreno llano (Zempila et al. 2015).

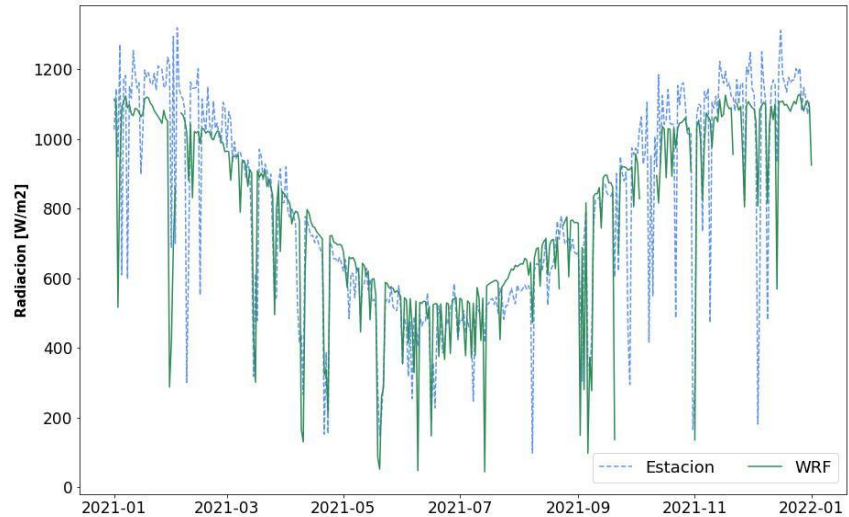


Figura 1: Radiación máxima diaria pronosticada por WRF (verde) y medida por la estación La Carlota (celeste).

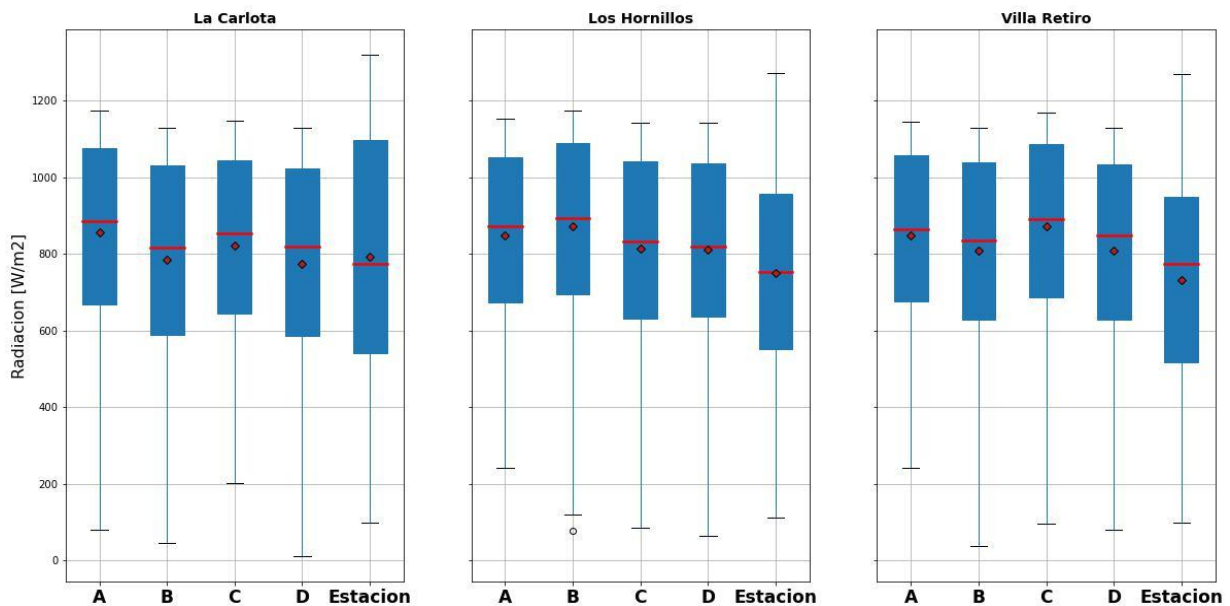


Figura 2: Boxplot de la radiación máxima diaria pronosticada por WRF para los esquemas de parametrización y lo observado por la estación. Siendo la línea roja la mediana y el punto rojo la media.

Estaciones	Coeficiente de pearson				Sesgo(BIAS)				RMSE			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
La Carlota	0.845	0.838	0.845	0.836	62.22	-6.63	23.45	-18.50	170.55	161.71	160.30	164.62
Los Hornillos	0.749	0.724	0.761	0.730	94.31	121.18	65.39	59.38	192.01	214.71	181.84	190.67
Villa Retiro	0.780	0.772	0.746	0.723	111.75	82.06	140.59	77.60	188.14	186.71	221.47	201.45

Tabla 1: Coeficientes estadísticos anuales.

De las tres estaciones estudiadas, el desempeño del modelo a lo largo del año, fue superior en la estación de La Carlota (Tabla 1), cuyo CC es mayor (0.84, en promedio) y BIAS, RMSE menores que en las estaciones Los Hornillos y Villa Retiro.

Estaciones	Coeficiente de pearson				Sesgo(BIAS)				RMSE			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
La Carlota	0.582	0.545	0.553	0.572	25.36	-39.52	-13.57	-52.92	179.24	189.25	182.54	194.61
Los Hornillos	0.415	0.348	0.579	0.507	81.54	108.47	54.96	40.39	210.86	238.75	185.96	203.88
Villa Retiro	0.490	0.577	0.330	0.400	78.44	54.45	110.54	50.48	180.04	169.95	218.24	202.71

Tabla 2: Coeficientes estadísticos Octubre-Marzo.

En las Tablas 2 y 3 se muestran los coeficientes estadísticos asociados a los periodos comprendidos entre los meses de octubre y marzo, y abril y septiembre respectivamente. De estas tablas es posible notar que el modelo presenta, en general, un mejor desempeño durante el periodo abril-septiembre, ya que muestra un mayor CC y menor RMSE, aunque mayor BIAS que en el período octubre-marzo.

Estaciones	Coeficiente de pearson				Sesgo(BIAS)				RMSE			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
La Carlota	0.698	0.750	0.749	0.781	98.87	24.44	61.11	15.54	161.45	130.46	133.93	128.25
Los Hornillos	0.617	0.613	0.529	0.551	107.29	133.82	75.24	78.15	170.71	187.78	177.85	176.64
Villa Retiro	0.609	0.484	0.513	0.489	145.62	108.14	170.47	104.43	196.03	201.25	224.63	200.18

Tabla 3: Coeficientes estadísticos Abril-Septiembre.

CONCLUSIONES

En general, el modelo WRF fue capaz de reproducir de manera aceptable los mínimos y máximos de radiación solar durante el año analizado. Sin embargo, se observa que todas las simulaciones estudiadas sobreestiman la radiación observada por las tres estaciones, principalmente en el periodo abril-septiembre. Además, de los cuatro esquemas de parametrización estudiados, los esquemas B y D tuvieron el mejor desempeño en dos de las tres estaciones (Villa Retiro y La Carlota), las cuales, utilizan la parametrización de radiación de onda corta de Dudhia.

Adicionalmente, el mejor desempeño del modelo corresponde a la evaluada en la estación de La Carlota, que se ubica en la llanura de la provincia de Córdoba. Por otro lado, la estación de Los Hornillos no muestra un comportamiento similar a las otras estaciones. Esto quizás esté relacionado con la topografía compleja del terreno donde se ubica la estación o posiblemente la altura a la que se encuentra.

REFERENCIAS

Lighezzolo, A., Nievas Lio E., Zigarán G., Asinari I., Montamat I., Martina A., Saffe J., Pérez Hortal A., Scavuzzo M., y Rodríguez A., 2017: "Implementación Operativa de un Pronóstico Numérico de Alta Resolución del Laboratorio de Hidráulica."

Zempila M. M., Giannaros T. M., Bais A., Melas D. y Kazantzidis A., 2015: Evaluation of WRF shortwave radiation parameterizations in predicting Global Horizontal Irradiance in Greece. *Renewable Energy*, 86, 831-840.