

EMPLEO DEL ALGORITMO DE TARPLEY APLICADO A IMÁGENES GOES PARA EVALUAR LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL EN ZONAS DE ARGENTINA

Righini Raúl

Grupo de Estudios de la Radiación Solar (GERSolar) División Física. Universidad Nacional de Luján. E-mail: gersolar@yahoo.com.ar

INTRODUCCIÓN

La necesidad de contar con datos fiables de niveles de radiación solar ha crecido de manera sostenida. En los últimos años el interés que ha despertado la medición de la Radiación Solar Global (RSG) se ha incrementado ostensiblemente. Esta creciente importancia en su determinación se asocia a estudios diversos que van desde su incidencia en la predicción y planeamiento de cosechas, hasta su empleo en la producción de energías alternativas, en particular en los sistemas de generación eléctrica mediante el empleo de paneles fotovoltaicos. Es fundamental en todos estos casos contar con información que posea una mayor resolución espacial sobre los niveles que la RSG alcanza en la superficie terrestre en distintas épocas del año. Además la verificación de un cambio climático global como el que varios investigadores sostienen que se está produciendo (Barros, 2004), necesita de datos de radiación solar para estudiar posibles variaciones en los valores de nubosidad en distintas zonas, lo que provocaría desvíos de los valores medios históricos a nivel de superficie de la RSG. Para confirmar ese cambio, tanto como para refutarlo, la medición de los niveles de radiación solar es imprescindible como herramienta de análisis. Hacerlo en forma sostenida en el tiempo, y en un territorio extenso como el de nuestro país, representa una meta difícil de lograr solamente con la instalación de una red convencional de piranómetros. La combinación de estaciones de medición terrestre con la evaluación del recurso solar a través de imágenes satelitales es un camino alternativo que merece explorarse.

En el presente trabajo se evalúa el empleo del satélite GOES para la estimación de la RSG y de la radiación fotosintéticamente activa (PAR), empleando el algoritmo desarrollado por Tarpley(1979), calculando los coeficientes de ajuste con mediciones realizadas en estaciones en tierra de Argentina.

PALABRAS CLAVE: radiación solar, estimación satelital, modelo de Tarpley, radiación PAR.

MATERIALES Y MÉTODOS

El modelo JTP (Justus *et al.*, 1986) no necesita de datos meteorológicos para la estimación de la RSG.

El algoritmo está representado por la siguiente ecuación:

$$HG = F_0 \left(\frac{r_0}{r} \right)^2 \cos \theta \cdot [a + b \cos \theta + c \cos^2 \theta] + d \cdot (B_m^2 - B_0^2)$$

Donde

HG es la irradiación solar horaria a nivel de superficie;

F_0 es el valor total horario para la constante solar;

B_m es el blanco medio observado; y

B_0 es el brillo despejado, calculado mediante un algoritmo específico de comparación entre los datos satelitales anteriores y los actuales.

El último término del miembro derecho de la ecuación es proporcional a la diferencia entre el cuadrado de la radiancia observada y el cuadrado de la radiancia del cielo despejado, y se constituye en el término de corrección de nubosidad. Se realizó esa elección pues en la calibración del satélite GOES las

radiancias son proporcionales al cuadrado de las cuentas de brillo.

En el presente trabajo se emplearon cinco estaciones para ajustar las constantes del modelo JTP: Cerro Azul, en la provincia de Misiones, Córdoba, Paraná, Luján y San Miguel. (Figura 1)

Se procesaron las imágenes del Satélite GOES 8, obtenidas sobre Argentina durante los meses de Mayo de 2000, Enero de 2001, Marzo de 2002, Abril de 2002, Agosto de 2002, Septiembre de 2002, Octubre de 2002, Noviembre de 2002 y Diciembre de 2002. Se analizaron en total 715 días, considerando todos los días de datos disponibles en las 5 estaciones de referencia, y se escribió un programa de procesamiento de datos con el objetivo de ajustar las constantes del modelo.



Figura 1. Ubicación de las estaciones de medición terrestre.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las constantes de ajuste fueron calculadas de tres maneras diferentes:

- Calculándolas obteniendo un juego de constantes para cada estación.
- Obteniendo un único juego considerando todo el conjunto de datos disponibles.
- Hallando su valor discriminándolas en función del índice de claridad (kt).

Si bien los mejores ajustes se obtuvieron en el primer caso, la pérdida de generalidad que un juego de constantes para cada estación significa, hicieron preferible la tercera opción.

Seguidamente se muestran los gráficos del ajuste entre valores calculados y medidos en las estaciones de referencia discriminando por kt. Fueron consideradas tres condiciones distintas para la separación en función de la cobertura de cielo: $kt < 0,3$; $0,3 < kt < 0,6$ y $kt > 0,6$. Los datos de todas las estaciones y meses fueron procesados juntos.

Una vez calculadas las constantes de ajuste según el kt, se calculan los errores cometidos para las estimaciones medias mensuales para todas las estaciones, los que se muestran en la tabla 1. Los errores cometidos se encuentran dentro del orden de los determinados por Frulla *et al.* (1990), quienes encontraron del 15 al 30%

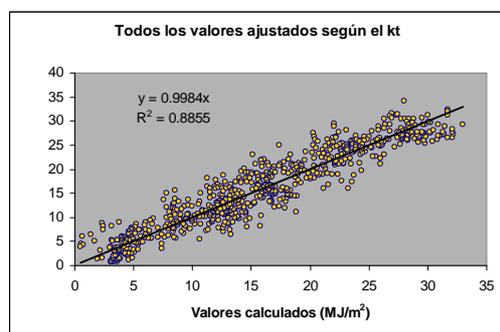


Figura 2. Integrales promedio mensuales para todos los meses y todas las estaciones. Promedios medidos y calculados seleccionando las constantes según el kt.

en valores medios de estimaciones de radiación global hechas sobre el territorio de Brasil. Sobre el territorio argentino los errores hallados fueron del orden del 25% en valores diarios y errores entre el 15 y el 20% para valores medios mensuales (Frulla *et al.*, 1988). Puede verse una mejora respecto a los valores medios, que en el presente trabajo muestran una mayor concordancia entre los datos estimados y los medidos en tierra.

Errores medios relativos porcentuales	-1.4
Errores cuadráticos medios porcentuales	8.9

Tabla Nº 1. Errores para los promedios mensuales

APLICACIONES

Como muestra de la factibilidad del empleo del método para el trazado de cartas solarimétricas, se calcularon los valores medios mensuales para la provincia de Buenos Aires durante el mes de Enero de 2001. Si bien el mapa mostrado tiene un valor relativo, ya que el modelo solamente fue validado en dos estaciones que cubren una zona muy específica del área total, demuestra la factibilidad de la aplicación del modelo para estimar la irradiación solar global diaria a nivel de superficie en el plano horizontal en la zona de interés.

Los resultados presentan buen acuerdo con las mediciones realizadas en las estaciones de referencia (Luján y San Miguel) durante la mayoría de los días del mes de Enero.

Considerando que la radiación fotosintética-mente activa (PAR) es aquella porción del espectro electromagnético que es aprovechada por las plantas para hacer fotosíntesis, y debido a que las plantas aprovechan la radiación PAR para crecer y desarrollarse, el PAR es un dato de entrada importante en la evaluación del balance energético en muchos procesos biológicos. Algunos trabajos lo emplean para evaluar el crecimiento de cosechas de diversas variedades de granos, lo que le confiere a su representación un potencial de uso agrícola significativo.

La radiación PAR está relacionada con la radiación solar global.

En San Miguel se estudió la correlación citada empleando integrales horarias realizadas cada diez minutos durante 280 días a lo largo de un año de mediciones (Righini y Grossi Gallegos, 2005). Se halló que el valor del coeficiente que convierte la radiación solar global en PAR es 0,49 (con un error absoluto de 0,03), durante todo el año.

Es decir que multiplicando los valores del mapa por el coeficiente 0,49 se obtiene el correspondiente a radiación PAR (en MJ/m²) para la zona de interés.

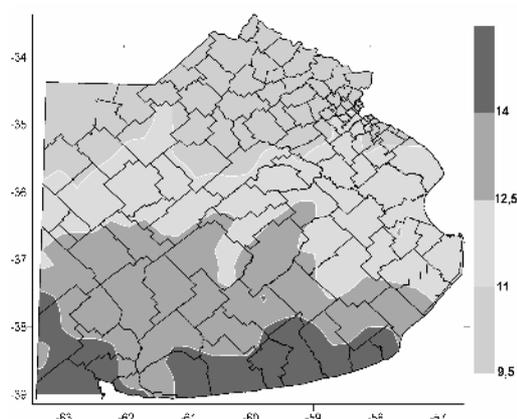


Figura 3. Valores medios diarios de irradiación global calculados para el mes de Enero de 2001.

CONCLUSIONES

La existencia de satélites meteorológicos de observación terrestre supone una oportunidad única de cobertura de un territorio tan extenso como el argentino. Los satélites geoestacionarios como los de la serie GOES brindan información en el rango visible del espectro electromagnético, y lo hacen con una considerable cantidad de imágenes diarias, proporcionando acceso gratuito a las mismas. Un modelo estadístico de estimación de la RSG como el de Tarpley puede ser empleado con éxito para hacerlo.

En el futuro, un sistema conformado por algunas estaciones situadas en tierra en lugares clave, unidas a la información satelital, posibilitaría, aplicando un algoritmo de evaluación de la radiación solar en función de las imágenes, evaluar el recurso energético en gran parte de Argentina

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BARROS V. (2004). El cambio Climático Global. *Libros del Zorzal*. 170 pp.
- FRULLA L. A., GAGLIARDINI D. A., GROSSI GALLEGOS H., LEOPARDO R. y TARPLEY J. D. (1988). Incident solar radiation on Argentina from geostationary satellite GOES: comparison with ground measurements. *Solar Energy*, Vol 41, 1, pp 61-69.
- FRULLA L. A., GROSSI GALLEGOS H. GAGLIARDINI D. A., ATIENZA. G (1990). Analysis of satellite-measured insolation in Brazil. *Solar & Wind Technology*, Vol 41, 1, pp 61-69.
- JUSTUS C., PARIS M. V. y TARPLEY J. D. (1986). Satellite- measured insolation in the United States, Mexico and South America. *Remote Sensing of Environment*, Vol 20, pp 57 – 83.
- RIGHINI R., GROSSI GALLEGOS H. (2005). Análisis de la correlación entre la radiación fotosintéticamente activa y la radiación solar global en San Miguel, provincia de Buenos Aires. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 9, Nº 2 . pp 11.01-11.04. Versión CD ROM.
- TARPLEY J. D. (1979). Estimating incident solar radiation at the surface, from geostationary satellite data. *J. Appl. Meteorol.*, pp 1172 – 1181.