

# ESTIMACION DE LA RADIACION GLOBAL A PARTIR DE TEMPERATURAS MAXIMAS Y MINIMAS PARA LA LOCALIDAD DE BALCARCE (ARGENTINA)

Aida DELLA MAGGIORA<sup>1</sup>, Andrea IRIGOYEN<sup>1</sup>, Jesús GARDIOL<sup>2</sup>

## Introducción

La radiación global (Rg) es una variable primaria para el cálculo de parámetros agrometeorológicos tales como radiación neta, evapotranspiración de referencia, así como para la estimación del crecimiento y rendimiento de los cultivos. La disponibilidad de datos de Rg está restringida a pocas estaciones meteorológicas y aún en ellas suelen producirse faltantes ocasionales o periódicos, por lo cual se requiere de técnicas de estimación basadas en otras variables comúnmente medidas. Se han desarrollado un gran número de métodos aplicando relaciones empíricas con las variables relacionadas. Una de las formas más ajustadas es en función de la heliofanía relativa (Gardiol *et al.*, 1996, Iziomon y Mayer, 2001). A falta de esta variable se debe recurrir a otras más disponibles como la temperatura y la precipitación (Bristow y Campbell, 1984; Hargreaves, *et al.*, 1985; De Jong y Steward; 1993; Thornton y Running, 1999; Liu y Scott, 2001).

Los objetivos del presente trabajo son desarrollar y evaluar métodos de estimación de radiación global en función de las diferencias entre temperaturas máximas y mínimas diarias y compararlos con estimaciones a partir de heliofanía de acuerdo a un modelo ajustado previamente.

## Materiales y métodos

Los datos utilizados en este trabajo fueron obtenidos en la Estación Agrometeorológica de la EEA INTA Balcarce (37°45' Lat. S.y 58°18' Long. W). La radiación global se midió con un piranómetro Eppley modelo 8-48 y las temperaturas máximas y mínimas en abrigo meteorológico a 1.5 m de altura.

Se emplearon 214 datos diarios de radiación, temperatura máxima y temperatura mínima para el desarrollo de modelos locales y otro conjunto de 351 datos para la validación. Asimismo, se evaluó la performance del método de Hargreaves *et al.* (1985) que tiene la siguiente forma:

$$Rg_{Harg} = 0,16 RTA (DT)^{0,5}$$

siendo RTA la radiación teórica astronómica y DT la diferencia entre temperaturas máximas y mínimas diarias.

Se comparó la performance de los modelos probados en este trabajo con la correspondiente al modelo desarrollado por Gardiol *et al.* (1996) en función de la heliofanía relativa (hr):

$$Rg_{Gard} = (0,2 + 0,5 hr) RTA$$

La evaluación de los modelos se realizó a través de gráficos de dispersión, ajuste por regresión y la determinación de la raíz cuadrada del cuadrado medio de error (RCME) y el error absoluto medio (EAM).

## Resultados y discusión

En la Figura 1 se muestran dos funciones para la estimación de la radiación global (Rg) a partir de DT, obtenidas con datos locales. Se obtuvo un ajuste cuadrático (Figura 1 a) con la siguiente forma:

$$Rg_{cuad} / RTA = (-0,0020 (DT)^2 + 0,0735 DT - 0,0935)$$

y un ajuste lineal (Figura 1 b) de acuerdo a:

$$Rg_{lineal} / RTA = (0,1938 (DT)^{0,5} - 0,1853)$$

Ambos modelos explican un 60% de la variabilidad en la radiación global diaria.

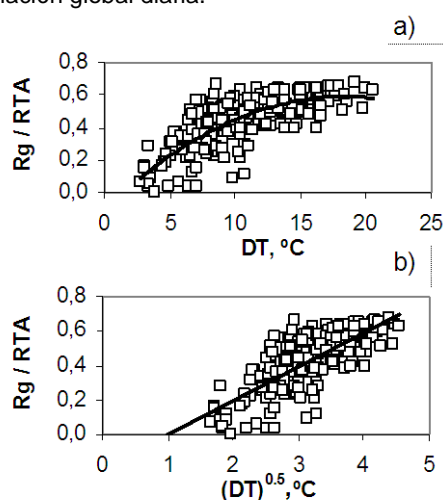


Figura 1. Radiación relativa en función de a) diferencias entre temperaturas máximas y mínimas diarias (DT) y b) raíz cuadrada de las DT.

En la Figura 2 se muestran los gráficos de dispersión que permiten identificar el patrón de las diferencias entre valores diarios estimados y observados de Rg. El método  $Rg_{Harg}$  sobrestima todo el rango de valores de Rg observados (O), siendo más marcada para valores bajos (Figura 2 a).  $Rg_{cuad}$  sobrestima los valores bajos de O y subestima los más altos (Figura 2 b). Un comportamiento similar se observa con el modelo  $Rg_{lineal}$  (Figura 2 c), aunque más atenuado.

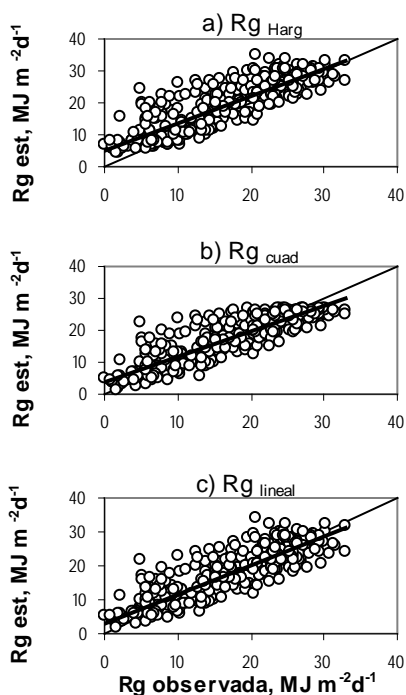
Los índices cuantitativos de la performance (Cuadro 1) muestran que entre los tres modelos probados,  $Rg_{cuad}$  presenta valores estimados medios ( $\bar{E}$ ) más cercanos a los observados medios ( $\bar{O}$ ), como así también menores errores. La raíz cuadrada del cuadrado medio del error (RCME) es más baja en 1,15 y 0,26  $MJ m^{-2} d^{-1}$  que las correspondientes a  $Rg_{Harg}$  y  $Rg_{lineal}$ , respectivamente. El error absoluto medio (EAM) para  $Rg_{cuad}$  representa el 19 % de  $\bar{O}$ , siendo un 2% menor que  $Rg_{lineal}$  y 5% menor que  $Rg_{Harg}$ . Los tres modelos empleados para la estimación diaria de la Rg en función de temperatura presentan menor performance que el modelo desarrollado por Gardiol *et al.* (1996) en función de la

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. CC 276, (7620) Balcarce,

E-mail: adellamaggiora@balcarce.inta.gov.ar

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Dpto. de Ciencias de la Atmósfera. Universidad de Buenos Aires.

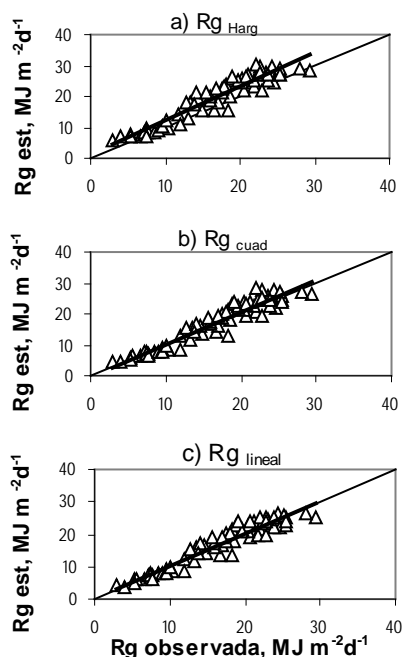
heliofanía relativa ( $Rg_{Gard}$ ). Este método validado para Balcarce presentó una RCME y un EAM de 2,84 y 2,2  $MJm^{-2}d^{-1}$ , respectivamente y un  $R^2$  de 0,88.



**Figura 2:** Radiación global diaria observada vs. la estimada por los métodos en prueba. La línea delgada representa la recta 1:1 y la gruesa el ajuste por regresión.

**Cuadro 1:** Indicadores del ajuste entre valores observados y estimados de  $Rg$  global diaria ( $n=351$ ). Los términos  $R^2$  y  $b$  son adimensionales y los restantes se expresan en  $MJ m^{-2}d^{-1}$ .

	$\bar{O}$	$\bar{E}$	$a$	$b$	EAM	RCME	$R^2$
$Rg_{Harg}$	16,0	18,1	5,01	0,85	3,9	5,19	0,73
$Rg_{cuad}$	16,0	16,2	3,53	0,80	3,0	4,04	0,76
$Rg_{lineal}$	16,0	16,6	2,96	0,85	3,3	4,30	0,75



**Figura 3:**  $Rg$  media diaria de períodos de 5 días observada vs. la estimada por los métodos en prueba. La línea delgada representa la recta 1:1 y la gruesa el ajuste por regresión.

En la Figura 3 y Cuadro 2 se muestra el comportamiento de los modelos en prueba cuando se acumulan los valores diarios cada 5 días. Se observa una notable mejora en los ajustes comparados con los valores diarios. De los tres métodos de estimación en función de DT se evidencian ventajas de  $Rg_{cuad}$  y  $Rg_{lineal}$ , con respecto a  $Rg_{Harg}$ , siendo el primero el más ajustado. El método  $Rg_{Gard}$  aplicado con los valores acumulados mantiene su mejor performance (Cuadro 2).

Considerando valores medios de  $Rg$  correspondientes a períodos de 10 días, los métodos evaluados muestran un comportamiento similar al indicado para  $Rg$  media en períodos de 5 días.

**Cuadro 2:** Indicadores del ajuste entre valores observados y estimados de  $Rg$  media diaria de períodos de 5 días ( $n=70$ ). Los términos  $R^2$  y  $b$  son adimensionales y los restantes se expresan en  $MJ m^{-2}d^{-1}$ .

	$\bar{O}$	$\bar{E}$	$a$	$b$	EAM	RCME	$R^2$
$Rg_{Harg}$	16,0	18,7	1,00	1,10	2,24	3,43	0,90
$Rg_{cuad}$	16,0	16,3	0,25	1,00	1,08	1,72	0,92
$Rg_{lineal}$	16,0	16,6	0,29	1,05	1,19	1,93	0,92
$Rg_{Gard}$	16,0	15,5	0,43	0,99	0,79	1,29	0,95

## Conclusiones

Los modelos evaluados para la estimación de la  $Rg$  diaria a partir de las diferencias entre temperaturas máximas y mínimas presentan escasa performance. Cuando se aplican para estimar valores de  $Rg$  acumulados en períodos de cinco días o mayores, mejoran marcadamente su estimación, siendo el ajuste cuadrático ( $Rg_{cuad}$ ) el de mejor comportamiento.

Este modelo no supera la aptitud del ajustado previamente en función de la heliofanía relativa ( $Rg_{Gard}$ ), aún para valores acumulados. Se recomienda su aplicación cuando no se dispone de medidas de heliofanía.

Es necesario seguir explorando otros modelos que consideren variables de fácil disponibilidad para alcanzar estimaciones más precisas de la  $Rg$  diaria.

## Referencias bibliográficas

- BRISTOW, K.L.; CAMPBELL, G.S. On the relationship between incoming solar radiation and daily maximum and minimum temperature. *Agric. For. Meteorol.* V. 31, p. 159-166, 1984.
- DE JONG, R.; STEWARD, D.W. Estimating global solar radiation from common meteorological observations in western Canada. *Can. J. Plant Sci.* V. 73, p. 509-518, 1993.
- GARDIOL, J.M.; IRIGOYEN, A.I.; DELLA MAGGIORA, A.I. Y L.C. MALENA. 1996. Estimación de la radiación global para la localidad de Balcarce. *Actas VII Congreso Argentino de Meteorología y VII Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología*, pp. 79-80. Septiembre de 1996.
- HARGREAVES, G.L.; HARGREAVES, G.H.; RILEY, J.P. Agricultural benefits for Senegal River Basin. *J. Irrigation and Drainage. Engr., ASCE.* V. 111, p. 113-124, 1985.
- IZIOMON, M.G.; MAYER, H. Performance of solar radiation models – a case study. *Agric. For. Meteorol.* V. 100, p.1-11, 2001.
- LIU, D.L.; SCOTT, B.J. Estimation of solar radiation in Australia from rainfall and temperature observations. V 106, p. 41-59, 2001.
- THORNTON, P.E.; RUNNING, S.W. An improved algorithm for estimating incident daily solar radiation from measurements of temperature, humidity, and precipitation. *Agric. For. Meteorol.* V. 93, p. 211-228, 1999