

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA RADIACIÓN FOTOSINTÉTICAMENTE ACTIVA EN UNA REGIÓN TEMPLADO HÚMEDA DE ARGENTINA

María J. Denegri^{1,2}, Lucas J. Burgos^{1,2}
mariajose_denegri@yahoo.com

¹Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján (UNLu)

²Grupo de Estudios de la Radiación Solar, Instituto de Ecología y Desarrollo Sustentable (GERSolar, INEDES UNLu-CONICET)

Palabras clave: Mapas PAR, Pampa húmeda, estimación a partir de GHI.

1) INTRODUCCIÓN

La radiación solar es la principal fuente de energía para la vida en nuestro planeta. En particular, la distribución y las características de la radiación electromagnética que llega a la Tierra en el rango de 0,4 a 0,7 μm , correspondiente a la radiación fotosintéticamente activa (PAR), es importante para las comunidades de plantas y el modelado del crecimiento de la vegetación debido a su relación con el proceso de fotosíntesis. El conocimiento de esta fracción de la radiación incidente, es clave en una amplia gama de modelos eco fisiológicos (Zhang y otros, 2000, Aguiar y otros, 2012) y es una componente necesaria como referencia para estimar y comprender, por ejemplo, la productividad primaria bruta (GPP), la eficiencia en el uso de la radiación (LUE) y el intercambio neto del ecosistema (NEE) (Nwokolo y Amadi, 2018).

También nos permite determinar la producción potencial de un cultivo, expresada como materia seca aérea total, considerando que no hubiera ningún otro factor limitante. Comparando la producción potencial con la real del cultivo podríamos conocer en qué nivel de optimización se está. El conocimiento de la PAR permitiría, incluso desechar la introducción de un cultivo en una zona determinada atendiendo a valores de radiación disponibles en la misma, ya que su producción esperada podría no resultar rentable (Andrade, 2016).

Conocer la PAR que llega a superficie, es importante entonces para una mejor utilización de los recursos energéticos disponibles para la agricultura, para una comprensión más acertada de los estudios de sensoramiento remoto sobre la vegetación y para perfeccionar el conocimiento de los mecanismos de creación de biomasa y del ciclo del carbono (Alados Arboledas, 1997; Foyo-Moreno y otros, 2017).

En Argentina, el Grupo de Estudios de la Radiación Solar (GERSolar) mide, en Luján, Buenos Aires, de manera rutinaria esta componente del espectro solar. Esto ha permitido desarrollar modelos que permiten su estimación en función de otros parámetros, como por ejemplo la radiación solar global en plano horizontal (GHI) (Denegri, 2011). Grossi Gallegos (2004) trazó las primeras cartas con la distribución espacial de PAR para toda la Argentina, basándose en la relación entre irradiación solar global y PAR encontrada por Blackburn y Proctor (1983).

El objetivo de este trabajo es conocer la distribución de la PAR en la región de la Pampa Húmeda Argentina, a partir de su estimación en función de la GHI medida en las estaciones de la red solarimétrica de la Pampa Húmeda operada por el GERSolar y el INTA.

2) METODOLOGÍA

En la estación radiométrica ubicada en el campo experimental de la Universidad Nacional de Luján (34°36' S; 59°04' O; 28 msnm) se miden de manera rutinaria, en plano horizontal, la irradiación solar global con piranómetros CMP11 y CMP21 y la irradiación fotosintéticamente activa con sensores Par Lite y PQS, todos de la frima Kipp & Zonen. Los voltajes provenientes de dichos sensores se miden una vez por segundo y se almacenan las integrales de las señales cada 1 minuto. Luego de someter esas mediciones a un control de calidad, se calculan las

integrales 10 minutales, horarias y diarias.

La disponibilidad de registros de PAR y GHI desde el año 2006 permitió determinar para Luján la relación entre ambas componentes, siendo la eficiencia fotosintética (PAR/GHI) $1,98 \text{ molMJ}^{-1}$, o 0,44 si se la expresa de manera adimensional, con errores del orden del 6 % para valores diarios y del 7 % para horarios. Teniendo en cuenta que dichos valores fueron obtenidos con una base de cuatro años de datos a lo largo de los cuáles se registraron gran variedad de condiciones atmosféricas diferentes, se decidió utilizarlos para estimar la PAR a partir de los registros de GHI medidos en la red solarimétrica de la Pampa Húmeda, conformada por 9 estaciones además de la de Luján, y operada por el GERSolar y el INTA (Fig.1).

Una vez estimados los valores de PAR, tanto en unidades cuánticas como energéticas, para las 10 estaciones que conforman la red, se procedió al trazado de las cartas de PAR en la región pampeana a escala mensual mediante el método de interpolación de Kriging. En la tabla 1 se indican la cantidad de datos utilizados de cada estación y las coordenadas de las mismas.

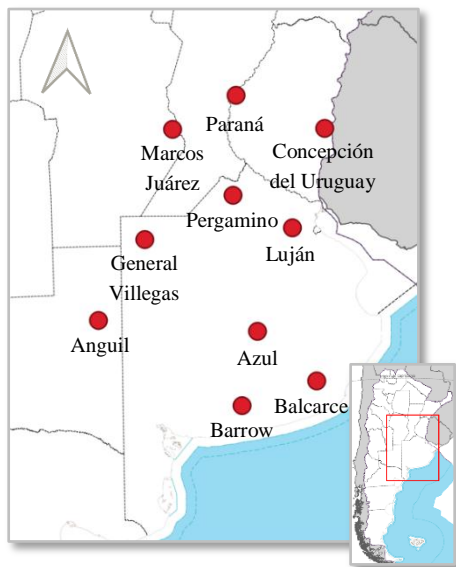


Figura 1: Red solarimétrica operada por GERSolar e INTA.

Estación	Longitud [°]	Latitud [°]	N datos
Anguil	-63,9909	-36,5417	976.024
Azul	-36,76617	-59,8813	61.904
Balcarce	-58,2975	-37,7631	163.016
Barrow	-60,2413	-38,3202	1.244.665
Concepción del Uruguay	-58,3475	-32,4880	843.942
General Villegas	-62,7789	-34,8695	529.605
Luján	-59,0627	-34,5880	2.054.476
Marcos Juárez	-62,0823	-32,5683	896.770
Paraná	-60,5361	-31,8489	1.381.920
Pergamino	-60,5686	-33,9443	825.765

Tabla 1: Ubicación de las estaciones de la red solarimétrica y cantidad de datos utilizados.

3) RESULTADOS

Con los valores estimados medios de la irradiación fotosintéticamente activa diaria recibida en superficie, sobre plano horizontal, en las 10 estaciones de la red, se obtuvieron para la región Pampeana las cartas mensuales y anual, con la distribución espacial de la PAR. En la figura 2 se presentan, a modo de ejemplo, los mapas correspondientes a la distribución mensual del promedio diario de la PAR, expresada en molm^{-2} y MJm^{-2} para los meses de enero y julio y la distribución anual del promedio diario de PAR.

En el verano los máximos valores medios de PAR se alcanzan hacia el oeste de la región Pampeana, donde se registran los mayores porcentajes de cielos despejados o parcialmente cubiertos con dominancia de radiación directa, y disminuyen hacia el este, presentando un gradiente de $0,7 \text{ molm}^{-2}\text{d}^{-1}/100 \text{ km}$. En el invierno en cambio, el gradiente es más marcado en la dirección norte-sur disminuyendo a razón de $0,5 \text{ molm}^{-2}\text{d}^{-1}/100 \text{ km}$ desde el norte.

Los resultados obtenidos en este trabajo guardan coherencia con los mostrados por Grossi Gallegos (2004), y agregan más detalle a la distribución del recurso en la región Pampeana. Además, pone en conocimiento valores típicos diarios esperados de PAR en MJm^{-2} y también en unidades cuánticas.

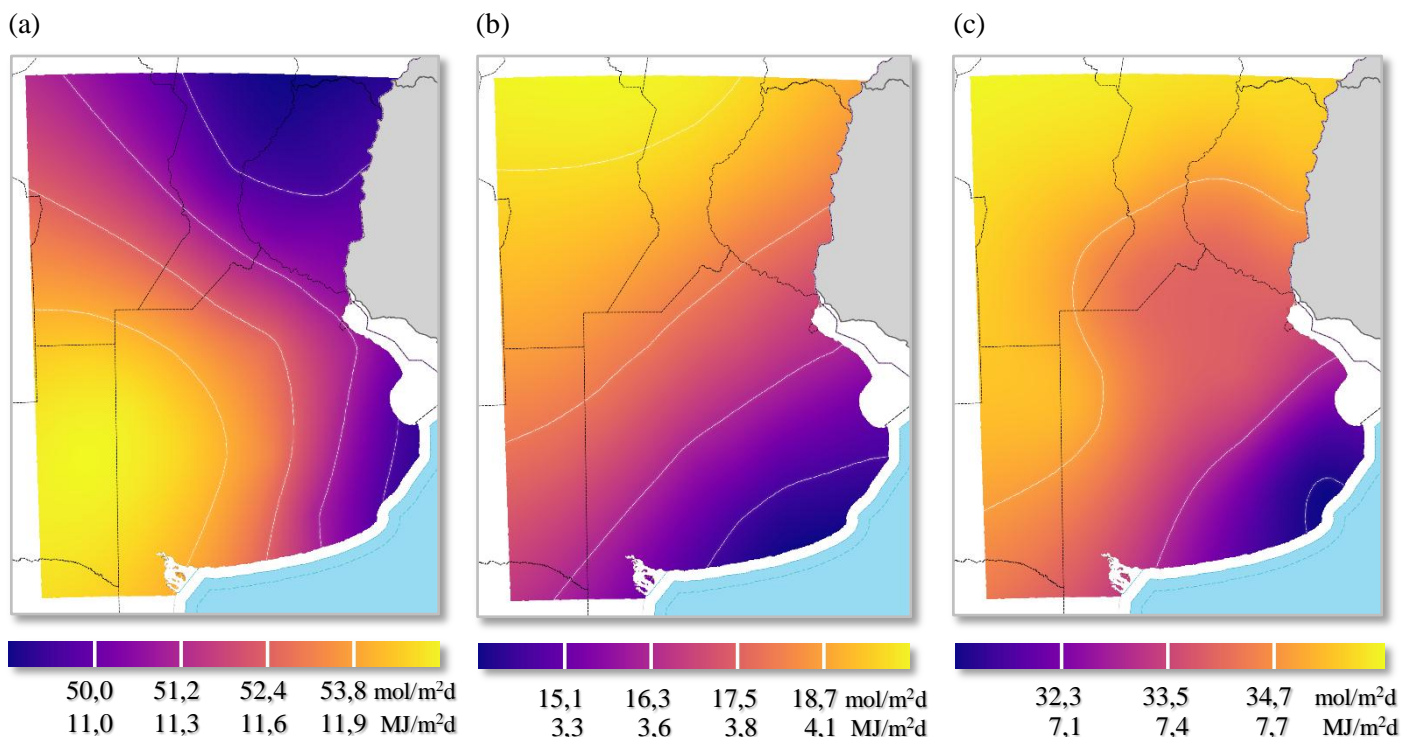


Figura 2: Distribución espacial en la región Pampeana del promedio diario de la PAR en mol/m² y MJ/m² mensual de enero (a) y julio (b), y la anual (c).

4) CONCLUSIONES

Las cartas de PAR de la región Pampeana se presentan como una alternativa para contar con información acerca de la distribución espacio-temporal de dicho recurso, que si bien no es un parámetro medido habitualmente, presenta una demanda creciente dado a sus múltiples aplicaciones.

Las cartas deben ser validadas con mediciones de PAR en superficie. Para avanzar en esta tarea ya han sido instalados sensores para medir la irradiación fotosintéticamente activa en las estaciones de Concepción del Uruguay y de Paraná, pero aún son escasos los registros. A futuro se irán instalando más sensores de este tipo en el resto de las estaciones de la Red Solarimétrica.

REFERENCIAS

- Aguiar, L.J., Fischer, G.R., Ladle, R.J., Malhado, A., Justino, F.B., Aguiar, R.G. y da Costa, J.M.N., 2012:** Modeling the photosynthetically active radiation in South West Amazonia under all sky conditions. *Theoretical and Applied Climatology*, 108(3), 631-640.
- Blackburn, W.J., y Proctor, J.T.A., 1983:** Estimating photosynthetically active radiation from measured solar irradiance. *Solar Energy*, Vol. 31 (2), págs. 233-234
- Alados Arboledas, I., 1997:** Estudio y modelización de la radiación fotosintéticamente activa. Tesis Doctoral, Granada, España. 251 páginas.
- Andrade, F.H., 2016:** Los desafíos de la Agricultura. 1ª edición. Acassuso: Internacional Plant Nutrition Institute. 136 pp. ISBN: 978-987-46277-0-4.
- Denegri, M.J., 2011:** Relación entre la radiación fotosintéticamente activa y la radiación solar global en Luján, Buenos Aires, Argentina. *Actas XIV CLIMET*. APMG. Setúbal, Portugal.
- Foyo-Moreno, I., Alados, I. y Alados-Arboledas, L., 2017:** A new conventional regresión model to estimate hourly photosynthetic photon flux density under all sky conditions. *Int. J. Climatol.* RMetS. DOI: 10.1002/joc.5063.
- Grossi Gallegos, H., 2008:** Distribución espacial de la radiación fotosintéticamente activa en Argentina. Vol. 29 Nº 1 y 2 (2004) 27-36.
- Nwokolo, S.C. y Amadi, S.O., 2018:** A Global Review of Empirical Models for Estimating Photosynthetically Active Radiation. *Tr. Ren. Energy*, Vol.4, No.2, 236-327.
- Zhang, X., Zhang Y. y Zhou Y., 2000:** Measuring and modelling photosynthetically active radiation in Tibet Plateau during April–October. *Agr. For. Met.* 102, 207–212.