

## NUEVA RED DE ESTACIONES DE MEDICIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR

Raúl Righini, Adrián Roldán, Hugo Grossi Gallegos, Rosana Aristegui, Carlos Raichijk.  
GERSolar, INEDES, Universidad Nacional de Luján, Av. Constitución y Ruta 5, (6700) Luján,  
Buenos Aires, Argentina – Tel. (54-02323) 423171– e-mail: gersolar@yahoo.com.ar

**RESUMEN:** El Grupo de Estudios de la Radiación Solar (GERSolar) ha instalado una serie de estaciones de medición de la radiación solar global en sitios correspondientes a la Pampa Húmeda Argentina que ya se encuentran operativas. El objetivo de esta red es brindar información solarimétrica del área de mayor producción agrícola del país. La misma cuenta con piranómetros termoelectrónicos Eppley (modelo 8-48: “Black & White”) y Kipp&Zonen (modelos CM5 y CM3). Los datos son integrados por un sistema de adquisición de datos NOVUS, de dos canales, los cuales miden una vez por minuto los niveles de radiación solar. Se prevé que las estaciones puedan brindar información solarimétrica que permita calcular, mediante métodos geoestadísticos, la radiación solar en esa zona productiva y ensayar modelos satelitales de estimación de la radiación solar para aplicarlos en una zona de gran importancia económica.

**Palabras clave:** Red solarimétrica, Pampa Húmeda, Argentina.

### INTRODUCCIÓN

Los niveles de radiación solar global sobre la superficie terrestre constituyen información importante, ya sea para dimensionar sistemas de aprovechamiento energético de la radiación solar, para estimar el rendimiento de cosechas (Magrin et al., 1991; Bocco et al., 2010) o como parámetro de interés biológico, ya que constituye en muchos sistemas el aporte energético principal, tal como ocurre con las plantas, las cuales son sensibles a la radiación fotosintéticamente activa (PAR), que puede ser estimada en base a la global (Blackburn et al., 1983; Righini et al., 2005). También es de destacar su relevancia en el análisis meteorológico, ya que las variaciones en los niveles de energía solar pueden estar relacionadas con cambios climáticos. Progresivamente se van ampliando los campos en que dicha información puede aplicarse, debido al desarrollo tecnológico o a los avances en la investigación de la interacción de la radiación con seres vivos o con la atmósfera. Pero, paradójicamente, los esfuerzos en medirla no parecen acompañar ese crecimiento. De hecho, los intentos orgánicos en ese sentido casi han desaparecido de nuestro país. Para demostrarlo basta analizar la historia de la Red Solarimétrica. Financiada originalmente por la O.E.A. comenzó a instalar sensores de radiación solar a fines de 1978. En 1985 llegó a tener operativos 46 equipos de medición, de los cuales 41 estaban ubicados en el país. Luego de veinticinco años solamente se encuentran activos un equipo en San Miguel, provincia de Buenos Aires, y otro en Paraná (Grossi Gallegos, 2005).

Aunque la radiación solar es medida en muchas estaciones meteorológicas automáticas, ya sea pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional, al INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), a Universidades como la Universidad Tecnológica Nacional, o a innumerables usuarios particulares vinculados con la actividad agropecuaria, no existe un organismo que centralice la información, verifique la consistencia de los datos, y calibre regularmente los sensores. Más aún: no hay en la actualidad un plan nacional que vaya en ese sentido, aunque contar con datos de radiación solar sea cada vez más importante. Como muestra, basta decir que debido a los incentivos gubernamentales para diversificar la matriz de generación eléctrica en Argentina, plasmados en la ley 26.190/06, se han presentado a licitación durante el año 2009, 22,5 MW de potencia instalada de generación solar fotovoltaica, previéndose próximamente licitar unos 40 MW de potencia instalada para la generación solar térmica. Las empresas que participan en esas licitaciones deben recurrir a información histórica, arriesgándose a proyectar la inversión con datos cuya validez puede no ser la adecuada en un posible contexto de cambio climático; o confiar en modelos de estimación de la radiación solar, ya sea global o directa, que se han validado o ajustado con pocas estaciones en el país, y muchas veces con ninguna (<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/documents/SSE6Methodology.pdf>).

Para una nación contar con información fehaciente es siempre una necesidad imperiosa. Los esfuerzos que se lleven adelante para obtenerla forman parte de una decisión estratégica. Confiar en otros países para ello constituye un error táctico, que se paga siempre caro, que subordina nuestros intereses a los de otros y genera dependencia.

El Grupo de Estudios de la Radiación Solar (GERSolar) de la Universidad Nacional de Luján (UNLu), se ha propuesto montar una pequeña red regional de estaciones de medición de la radiación solar en la zona correspondiente a la Pampa Húmeda Argentina (Figura 1), sumando cuatro estaciones más a las ya existentes en San Patricio del Chañar (Neuquén), Anguil (La Pampa), Paso de Indios (Chubut) y la propia de Luján (Buenos Aires).

Los equipos han sido instalados en estaciones meteorológicas pertenecientes al INTA (Paraná, Pergamino, Balcarce, Anguil, Marcos Juárez), a la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (Azul), al Servicio Meteorológico Nacional (Paso de Indios) y a una bodega privada (Bodegas del Fin del Mundo, en San Patricio del Chañar). Son operadas en

todos los casos por personal de esas instituciones, contando con el auxilio técnico y las calibraciones periódicas por parte del GERSolar.

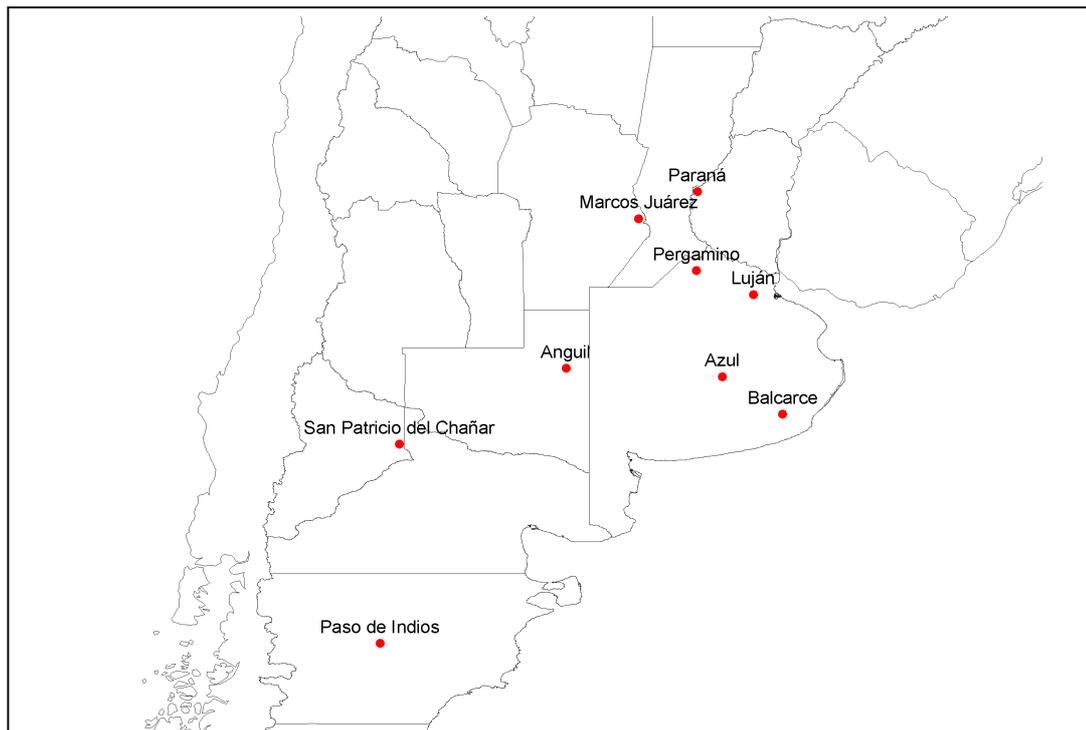


Figura 1: Red de estaciones solarimétricas pertenecientes al GERSolar.

Una red de estas características presenta algunas ventajas. En primer lugar su tamaño es reducido, por lo que las dificultades de mantenimiento serán acotadas. Está ubicada en una zona orográficamente homogénea dentro de una misma región climática, como es la llanura pampeana, lo que hace factible interpolar datos de estaciones por métodos geoestadísticos como el “kriging” (Righini et al, 2000), y de esa manera trazar cartas mensuales de los niveles de irradiación solar. Esas mismas facilidades, en lo que hace a interpolar datos, hacen accesible la zona al ensayo y puesta a punto de modelos de estimación de la radiación solar basados en imágenes satelitales. En el corto plazo se espera que el satélite GOES 12 sea emplazado en órbita geoestacionaria, sobre el territorio de Brasil, brindando imágenes de Sudamérica en general, y del territorio argentino en particular, con una frecuencia de aproximadamente una imagen cada quince minutos. Esto permitirá contar con unas 48 imágenes diurnas, lo cual constituye un excelente número para calcular integrales horarias de niveles de radiación y, en base a ellas, integrales diarias. Al respecto el GERSolar se encuentra en tratativas para la firma de un convenio con la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), que facilitará las imágenes provenientes del canal visible del GOES con un mínimo de procesamiento previo. En la figura 2 se muestra un ejemplo de mapa de radiación media mensual para la provincia de Buenos Aires, trazado calculando datos diarios para cada píxel de una imagen del satélite GOES, durante el mes de enero de 2001, empleando un algoritmo conocido como Modelo de Tarpley (Tarpley, 1979; Righini, 2008).

## EQUIPAMIENTO INSTALADO

Los sensores instalados son piranómetros termoelectricos de tres modelos diferentes: Eppley (8-48: “Black & White) y Kipp&Zonen (CM5 y CM3). Todos estos sensores presentan un error de medición que ronda el 5%, lo cual constituye un valor aceptable (el estudio de factibilidad de la Red Solarimétrica había establecido en su momento un 8% como límite superior del error admisible (Fernández y Leopardo, 1978)). Los equipos han sido calibrados en el laboratorio de radiación solar del GERSolar, en la UNLu. Para ello se cuenta con un patrón secundario (piranómetro de primera clase marca Kipp & Zonen modelo CMP 11) y con un patrón autocalibrable (pirheliómetro de cavidad TMI) contrastado con el patrón regional del Servicio Meteorológico Nacional.

En los casos de Azul, Paraná, Marcos Juárez y Pergamino, se ha usado un sistema de adquisición de datos NOVUS AA. Ese equipo puede almacenar datos cada minuto durante 287 días, y su precio es relativamente accesible. El equipo se conecta con una PC a través de una interfase infrarroja por medio de un puerto USB. En las Figuras 3 y 4 pueden verse las rectas de calibración de un sensor Black & White conectado a un integrador NOVUS AA, calibrado contra un sensor CMP11 de la firma Kipp & Zonen. El sensor CMP11 se conectó a su vez a un sistema de adquisición de datos Campbell CR10X, el cual registra los niveles de radiación cada un segundo, almacenando la integral cada diez minutos.

En la estación Balcarce la configuración es diferente. El sensor Black &White se conecta a un registrador de datos Campbell CR1000 propiedad del INTA. En San Patricio del Chañar, Anguil y Paso de Indios se cuenta con un Kipp&Zonen modelo CM3, y un integrador SOLRAD que almacena valores diarios. En un futuro próximo se espera reemplazar los integradores de estos últimos equipos por registradores NOVUS AA y también instalar dos estaciones más en la provincia de Buenos Aires.

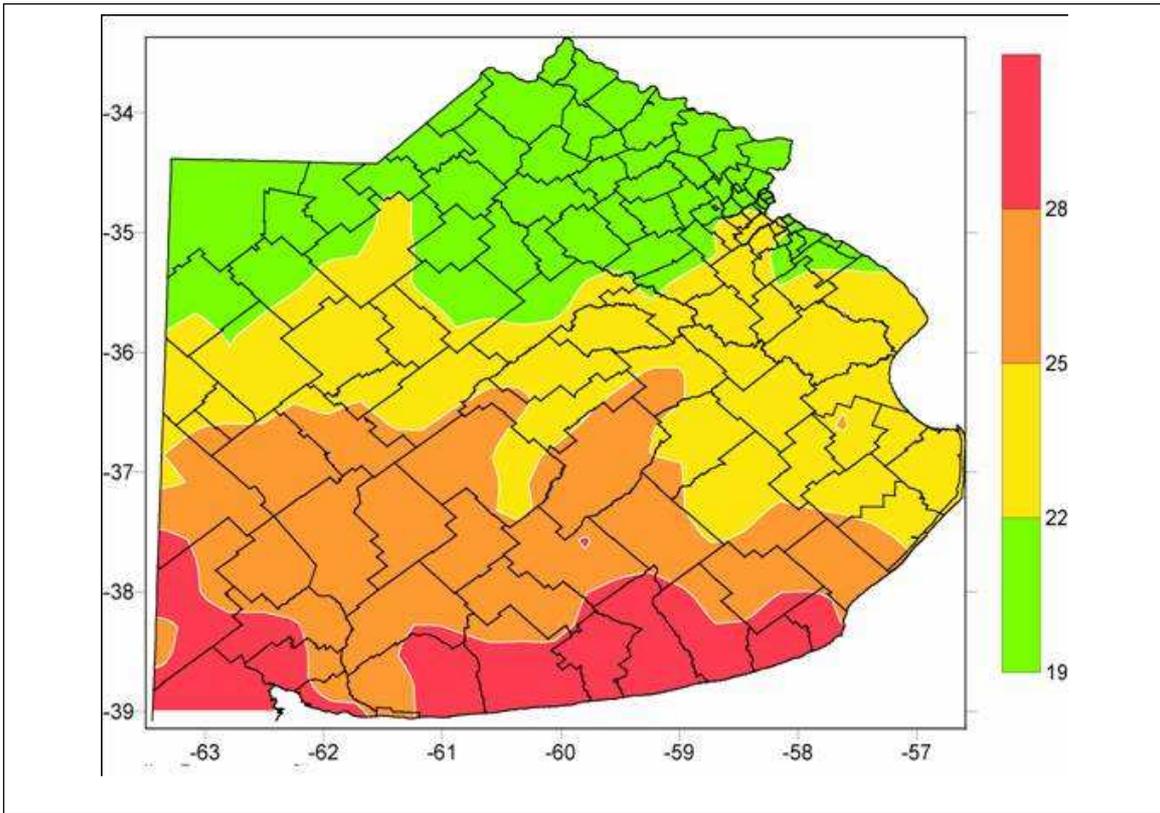


Figura 2: Radiación solar global calculada para el mes de enero de 2001, usando el algoritmo de Tarpley, imágenes GOES 8 e interpolación por "kriging" para el trazado de isolíneas. Los valores de la escala están expresados en MJ/m<sup>2</sup>.

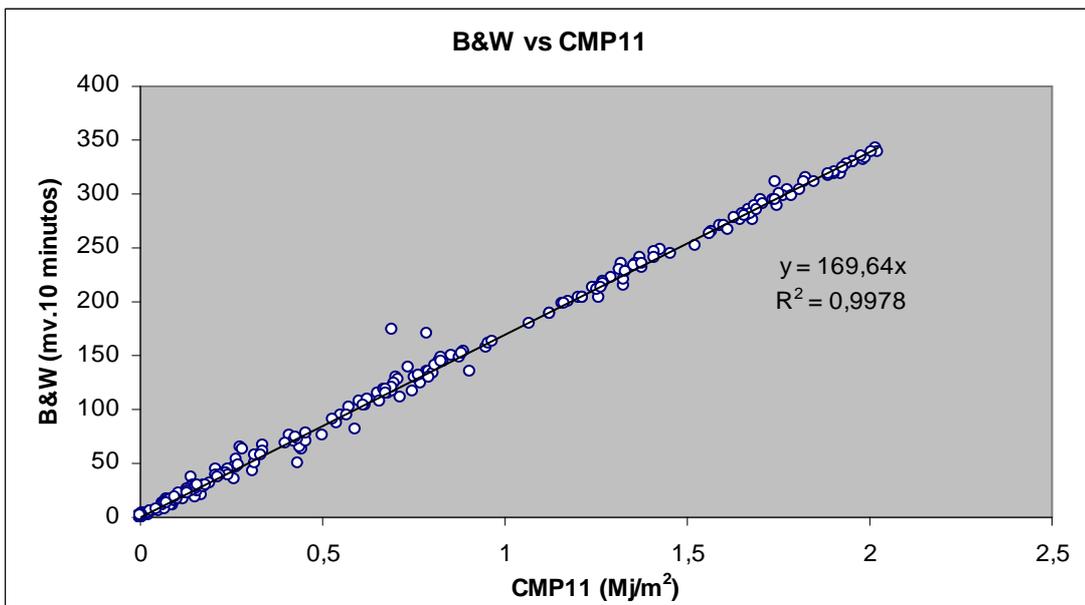


Figura 3: Calibración de un sensor B&W conectado a un integrador NOVUS frente a un CMP11 conectado a un sistema de adquisición de datos Campbell CR10X (datos horarios).

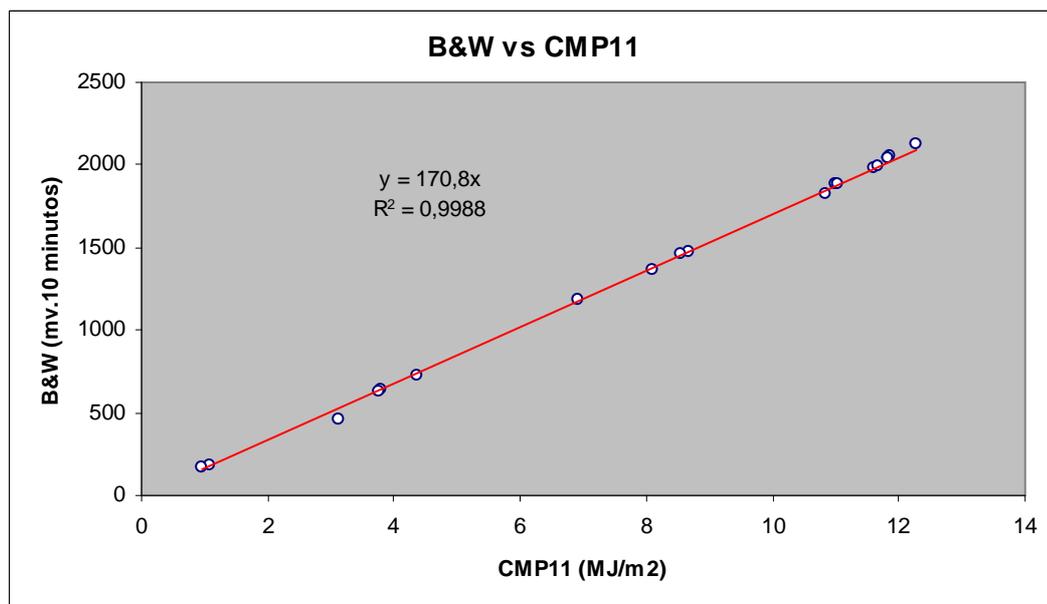


Figura 4: Calibración de un sensor B&W conectado a un integrador NOVUS frente a un CMP11 conectado a un sistema de adquisición de datos Campbell CR10X (datos diarios).

## COMENTARIOS

Creemos que la instalación de una red de medición de radiación solar con equipamiento de calidad e integradores de buenas prestaciones y bajo costo constituye una primera etapa para recuperar la información necesaria que la planificación del empleo del recurso solar requiere. Usar sus datos para evaluar modelos satelitales de estimación de la radiación solar hará factible ampliar el área de cobertura, aumentando la resolución espacial en una zona de gran importancia económica como la Pampa Húmeda.

Una red de estas características debería ser un primer paso. Ampliarla con un conjunto de redes regionales que brinden datos horarios, dotadas de adecuado equipamiento, rutinas de calibración y control de la información generada, constituiría su evolución natural. Pequeñas redes regionales, atendidas por usuarios interesados, capacitados, que compartan entre sí la información, la centralicen y la procesen de manera confiable permitirá dotar al país con una herramienta de planificación que no debe ser resignada.

## REFERENCIAS

- Blackburn W. J and Proctor T. A. (1983) Estimating photosynthetically active radiation from measured solar irradiance, *Solar Energy*, 31 (2), 233-234.
- Bocco M, Ovando G., Sayago S., Willington E. y González V. (2010) Aceptado para su publicación en la XIII Reunión Argentina y VI Latinoamericana de Agrometeorología, a llevarse a cabo en Bahía Blanca, Argentina.
- Magrin G., Díaz R., Rebella C., Del Santo C. y Rodríguez R. (1991). Simulación del crecimiento y desarrollo de trigo en Argentina y la necesidad de información meteorológica de entrada. *Anales del CONGREGMET IV*, 49-50.
- Grossi Gallegos H. (1997). Evaluación a nivel de superficie de la radiación solar global en la República Argentina. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Luján. 119 p.
- Grossi Gallegos H. (2005). Notas sobre radiación solar. Publicado por el Departamento de Ciencias Básicas de la UNLu. 225 páginas (ISBN 987-9285-19-0), Registro de la Propiedad Intelectual No. 213724 del 26 de septiembre de 2002.
- Lopardo, R. y Fernández, R. (1978). Estudio técnico - económico del instrumental necesario para la Red Solarimétrica en la Argentina. En *Atas do 2º Congresso Latino-americano de Energia Solar*, João Pessoa, Paraíba, Brasil, vol. I, 113-120.
- Tarpley J. D. (1979). Estimating incident solar radiation at the surface, from geostationary satellite data. *J. Appl. Meteorol.* 1172 – 1181.
- Righini, R. y Grossi Gallegos, H. (2000) Trazado de las cartas solarimétricas de la Pampa Húmeda empleando métodos geostatísticos. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 4 N° 2, 11.25-11.29
- Righini R. y 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* 9, 11.01-11.04.
- Righini, R. (2008). Cálculo de la Radiación Solar Global en la Pampa Húmeda utilizando datos del satélite GOES-8. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Luján. 192 p.

**ABSTRACT:** The Group of Solar Radiation Studies (GERSolar) has installed a number of monitoring stations for global solar radiation at sites corresponding to the Humid Pampa Argentina. The objective of this network is to offer solarimetric information of the area of greater agricultural production of the country. The network are integrated by Eppley (model 8-48: "Black & White) and Kipp & Zonen (models CM5 and CM3) thermoelectric pyranometers. The data are integrated by a two

channels NOVUS data logger, which measures once per minute solar radiation levels. Stations are expected to provide information to draw maps of solar energy by geostatistical methods, and test satellites models for estimating solar radiation in a zone of great economic importance.

**Keywords:** Solarimetric network, Humid Pampa, Argentina.