

ACERCA DE LA REPRESENTATIVIDAD DE LOS VALORES DE RADIACIÓN SOLAR GLOBAL MEDIDOS POR LA RED SOLARIMÉTRICA EN LA PAMPA HÚMEDA

Hugo Grossi Gallegos y Raúl Righini

GERSolar-INEDES, Universidad Nacional de Luján, Luján, Ruta 5 y Avda. Constitución, (6700) Luján, Buenos Aires, ARGENTINA, E-mail: gersolar@yahoo.com.ar

RESUMEN: La instalación y el mantenimiento en operación de una red de medición de la radiación solar a nivel de la superficie con el fin de caracterizar el clima solar son operaciones costosas y que insumen tiempo. Si bien una caracterización climatológica completa puede llevar varias décadas, el interés en el aprovechamiento de esta fuente de energía demanda plazos más cortos. En este trabajo se intenta evaluar la representatividad espacial y temporal de los registros de la Red Solarimétrica en una zona homogénea como la Pampa Húmeda, utilizando el coeficiente de variabilidad C_v , y proponer en base a los resultados en dónde y por cuánto tiempo es necesario medir para tener un conocimiento apropiado de la distribución promedio del recurso solar.

Palabras clave: radiación solar, variabilidad espacial, variabilidad temporal, Pampa Húmeda.

INTRODUCCION

Uno de los motivos que llevaron a la instalación de la Red Solarimétrica en Argentina fue la necesidad de llegar a un cabal conocimiento de la distribución espacio-temporal del recurso solar en el territorio del país, tanto por interés climatológico como por razones de planificación de su posible aprovechamiento energético.

Los diseñadores de sistemas de aprovechamiento de la energía solar necesitan tener por lo menos valores aproximados acerca de la disponibilidad del recurso, pero la variabilidad natural del mismo limita cualquier determinación simple de esa cantidad. Desafortunadamente, lo que a menudo se hace para resolver el problema es adoptar como especificación de ingeniería un valor promedio de un plazo más o menos largo y algún margen de variabilidad (Grossi Gallegos, 1998a). El problema aparece cuando, debido a esa fluctuación natural, la radiación solar realmente disponible durante algún período de tiempo no se ajusta a las especificaciones adoptadas.

La red básica consistió en una serie estaciones de medición de la irradiación solar global diaria recibida sobre un plano horizontal distribuidas de manera tal de poder brindar, dentro de las limitaciones presupuestarias iniciales, información de calidad controlada que tuviera en cuenta las diferentes regiones climáticas y fitogeográficas (García y Fernández, 1979).

Con la red ya instalada y en operación, comenzó a producirse información acerca de los valores de la radiación global diaria recibida en diferentes estaciones y, cuando la estadística lo permitió, se estudió su variabilidad espacial y temporal (Grossi Gallegos y Lopardo, 1988; Grossi Gallegos y Atienza, 1988). La variabilidad espacial debe ser estudiada para poder determinar de qué manera varía el error de extrapolación (o de interpolación) a medida que lo hace la distancia a una estación (o entre estaciones), mientras que la variabilidad temporal determinará el tiempo que será necesario medir en un dado lugar para poder conocer el valor medio de la radiación con un nivel de incerteza a fijar, tiempo que dependerá de dicho nivel, de la precisión del instrumental y de las características locales del campo de radiación. Para una dada longitud de registro, la precisión del instrumental y las características del campo determinarán el nivel de incerteza alcanzado en el conocimiento del valor medio (Grossi Gallegos, 1998b).

El conocimiento de la variabilidad temporal es importante para el diseño de sistemas de aprovechamiento que utilicen la energía solar como fuente primaria de energía: los valores extremos de la radiación influyen muchas veces en la eficiencia de dichos sistemas y, conociendo el comportamiento estacional de la variabilidad, podrá analizarse su potencial desempeño.

Recientemente, reforzado por el interés en la instalación de plantas de generación de energía eléctrica de potencia, el tema retomó actualidad, si bien el parámetro que más interesa es la componente directa de la radiación solar que incide normalmente a la superficie colectora para su concentración. Para el caso de colección plana para su utilización con paneles fotovoltaicos, lo que se necesita son valores de radiación global medidos en una base de tiempo menor a la diaria, por lo que los valores de la Red Solarimétrica, por ser los únicos disponibles medidos en tierra, obligan a la utilización de modelos para estimar los valores demandados por los diseñadores (Raichijk *et al.*, 2008) o a su comparación con bases satelitales para permitir su utilización a fin de completar o mejorar su cobertura espacial (Grossi Gallegos, 1999; Raichijk, 2009).

De todas maneras, la distribución espacial de estos valores dio lugar a la elaboración de un conjunto de cartas con los promedios mensuales (Grossi Gallegos, 1998c; Grossi Gallegos y Righini, 2007), que permiten la ubicación de las mejores zonas para el aprovechamiento del recurso, y a otros trabajos que describieron las características estadísticas de su distribución temporal (Grossi Gallegos *et al.*, 2009; Raichijk *et al.*, 2009) en algunas de esas zonas o al desarrollo de modelos de estimación en base a información satelital (Righini y Barrera, 2008).

MATERIALES Y MÉTODO

Variabilidad temporal

Si bien existe un gran número de trabajos dedicados a evaluar las implicancias de la variación temporal del recurso solar, es destacable uno producido por Hanson y Flowers (1982). Luego de explayarse sobre esta variabilidad natural y sobre la necesidad de utilizar combinadamente otros registros meteorológicos para la determinación de la probabilidad de ocurrencia de días sucesivos de energías por debajo de determinados valores, recomendaron tener presente dos aspectos importantes; el primero es que la variabilidad solar depende de la escala de tiempos de promediación, de manera tal que escalas de tiempo cortas tienen asociada la mayor variabilidad.

El segundo aspecto acerca de la promediación de los datos es que el grado con que la nubosidad modula la radiación solar que alcanza la superficie de la Tierra no es constante para todas las escalas de tiempo sobre las que se promedian las mediciones. Esto enfatiza la necesidad de continuar las mediciones de radiación solar por largo tiempo como la única forma factible de entender la causa de la variabilidad anual y en escalas de tiempo mayores.

En el mismo artículo mostraron que la incerteza instrumental era comparable a la variabilidad anual de la radiación, lo que simplemente implica que la magnitud de esta variabilidad no puede ser resuelta de manera confiable debido a la incerteza instrumental (alrededor del 5%).

En una publicación reciente Gueymard y Wilcox (2009), motivados por el hecho de que la mayoría de los trabajos publicados se reducían al estudio de estas características en la radiación global sobre plano horizontal, se decidieron a encarar con una adecuada resolución espacial la problemática de la componente directa ya que en los Estados Unidos de Norteamérica sólo en 4 estaciones bien mantenidas y con calidad controlada se registran datos de radiación global y directa con una extensión mayor de 25 años (Gueymard and Wilcox, 2011).

Según destacan, un importante descubrimiento en la fase preliminar del estudio mostró que los promedios anuales a largo plazo (esto es, de carácter climatológico) de la radiación global sobre plano horizontal podían ser estimados dentro de una incerteza de $\pm 5\%$ con sólo 1 o 2 años de mediciones locales (lo cual tiene su riesgo ya que, si el recurso se desconoce, se puede llegar a medir en un año atípico y tomar su valor como valedero dentro de este valor de incerteza)

Analizando las series de mayor extensión temporal de Argentina, que corresponden a las estaciones ubicadas en Paraná, Entre Ríos, y San Miguel, Buenos Aires (si bien, incompleta), las leves tendencias negativas que se hallaron en los promedios anuales quedaron enmascaradas por el error instrumental. A resultados similares se llegó analizando las series de promedios anuales de la heliofania efectiva diaria de ambas estaciones (Grossi Gallegos y Spreafichi, 2010). Descartando entonces que exista alguna “variación secular”, es posible encarar su estudio fraccionado.

La irradiación solar global diaria comenzó a medirse en la estación de la Red Solarimétrica ubicada en el INTA de Paraná (31,83°S; 60,52°W, 78 msnm) en diciembre de 1978 mediante un solarímetro fotovoltaico Rho Sigma modelo 1008 y un integrador SIDCON modelo 5011; el error de medición de este tipo de estaciones es del 6%.

A partir del 18 de mayo del año 2010 el Grupo de Estudios de la Radiación Solar (GERSolar) de la Universidad Nacional de Luján (UNLu) opera a la par un piranómetro termoelectrico Kipp & Zonen modelo CM5 (contrastado previamente contra un patrón secundario de la misma marca, modelo CMP11) acoplado a un equipo automático de adquisición de datos NOVUS AA IP65 que interroga al sensor cada minuto y guarda la integral correspondiente cada diez minutos.

Se compararon los registros diarios de ambos radiómetros entre la fecha de instalación y el 31 de diciembre (Figura 1), resultando muy buena la correlación obtenida, validando de esta manera el comportamiento de la estación a lo largo de estos 32 años, como así también los estudios hechos sobre la serie temporal (el error del CM5 en estas condiciones puede considerarse del 3%).

Se analizó la serie de promedios anuales de la irradiación global diaria de la estación Paraná (1983-2010) y se calcularon el valor promedio anual H_m , el desvío estándar σ y el coeficiente de variabilidad ($C_v = \sigma/H_m$) en base a los primeros cinco años de registro regular (1983-1987), agregándose progresivamente 5 años en cada ciclo del proceso hasta llegar a completar 25 años; el promedio anual a largo plazo (serie completa) es $16,3 \text{ MJm}^{-2}$.

Cabe recordar que el coeficiente de variabilidad estima con una probabilidad del 67% que los promedios se encuentren dentro de la faja centrada en el valor promedio general (si se quisiera que esa probabilidad fuera del 90% habría que multiplicar el intervalo por 1,64 y si se buscara el 95%, por 1,96).

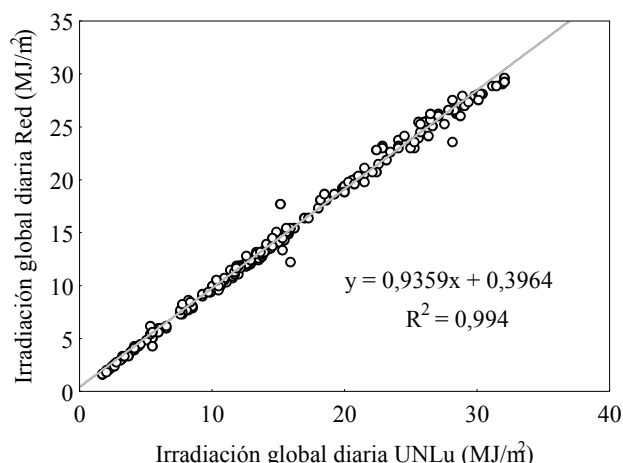


Figura 1. Comparación de los valores diarios adquiridos en Paraná con un radiómetro fotovoltaico con los obtenidos simultáneamente con un piranómetro termoelectrico.

Los resultados obtenidos en este análisis se muestran en la Tabla 1. Podrían resumirse diciendo que las diferencias entre los promedios calculados sobre un número parcial de años de la muestra con respecto al valor medio general (expresados en porcentajes de este valor), están muy por debajo del error instrumental (que, en el caso de la Red Solarimétrica, es del 6%), resultados que están de acuerdo con lo afirmado por Hanson y Flowers (1982). Vale la pena destacar que el coeficiente de variabilidad, con un nivel de confianza del 67%, es inferior al error instrumental.

N _{años}	C _v (67%)	C _v (95%)	H _m [MJ/m ²]	Diferencia [%]
5	0,041	0,082	16,1	-1,23
10	0,036	0,072	16,3	0,00
15	0,033	0,066	16,3	0,00
20	0,036	0,072	16,2	-0,01
25	0,034	0,068	16,3	0,00

Tabla 1. Diferencia relativa porcentual entre el promedio anual de irradiación global calculado sobre una muestra parcial con respecto al promedio general en la estación Paraná.

Para ver si la ubicación temporal dentro de la serie puede influir sobre los promedios quinquenales, se los calculó para diferentes muestras (1988-1992, 1993-1997, 1998-2002, 2003-2007) y las diferencias obtenidas estuvieron siempre por debajo del error instrumental. Por lo tanto, en una estación como Paraná, ubicada en una región homogénea en la que se descarta la variabilidad secular, un promedio diario anual calculado sobre cinco años está por debajo del error instrumental.

Por otra parte, se observan sólo 2 valores (promedios de los años 1984 y 2002), de los 25 que constituyen la serie, ubicados fuera de la banda de incerteza fijada por el coeficiente de variabilidad con un nivel de confianza del 95% (con una distribución normal correspondería a sólo 6,8% de los casos fuera de la banda, esto es, $1,7 \approx 2$ de los 25 considerados), por lo que la afirmación de Gueymard y Wilcox (2011) no está tan alejada de la realidad de Paraná.

Por lo tanto, para tener información sobre el promedio anual del valor de la irradiación global diaria con una incerteza inferior al error instrumental podría bastar con medir un par de años. Teniendo en cuenta el elevado costo de instalar y mantener en operación una estación de medición, el conocer la variabilidad del recurso se hace importante cuando hay que decidir cuánto tiempo debe medirse en una localidad determinada.

Por supuesto, debe destacarse que la conclusión de este análisis se refiere al promedio anual y, como ya mostró Grossi Gallegos (1998a), no es válida para una escala mensual.

Variabilidad espacial

La variabilidad espacial de los valores de una cierta variable meteorológica suele determinarse mediante la construcción de la función estructura, analizando su variación con la distancia. Este fue el método aplicado en la Pampa Húmeda a los promedios mensuales de la irradiación solar global (Grossi Gallegos y Lopardo, 1988), cuyo resultado se muestra en la Figura 2, y de las horas de brillo de sol (Grossi Gallegos y Aienza, 1988), como así también Grossi Gallegos *et al.* (2010) para analizar recientemente la climatología solar del Uruguay.

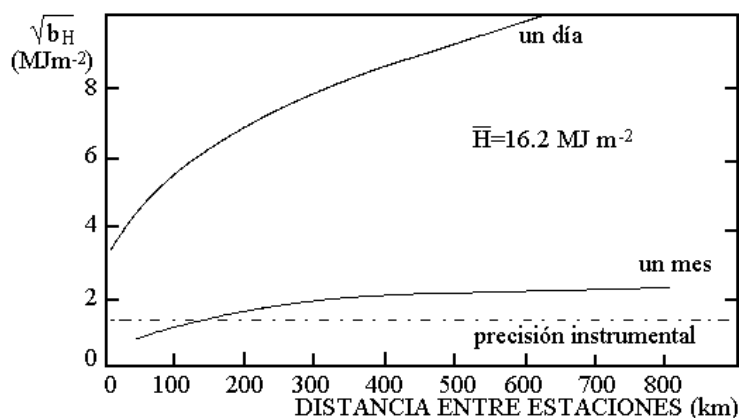


Figura 2. Variación de la desviación estándar de las diferencias diarias (función estructura) en la Pampa Húmeda como función de la distancia entre estaciones, para un nivel de confianza del 90%, con valores diarios y promediados sobre un mes, en base anual (según Grossi Gallegos, 1998a).

Con esta metodología y la hipótesis de isotropía del campo de radiación se pudo construir la cobertura brindada hasta ese momento (año 1988) por las estaciones de la Red Solarimétrica en la región de la Pampa Húmeda, indicándose con círculos las distancias posibles de extrapolación de los valores promedio anual de la irradiación global diaria con dos niveles de incertidumbre (Figura 3). Los círculos abiertos indican zonas en las que se supuso que la isotropía no era válida (por la presencia de sierras o cuerpos de agua). Era evidente que existía una zona en el centro-sur de la provincia de Buenos Aires que no tenía cobertura en las condiciones fijadas de niveles de confianza del 90% y de incerteza del 10% (era el caso de ciudades importantes tales como Bahía Blanca, Cnel. Pringles, Tornquist, Bolívar y Carlos Casares, entre otras).

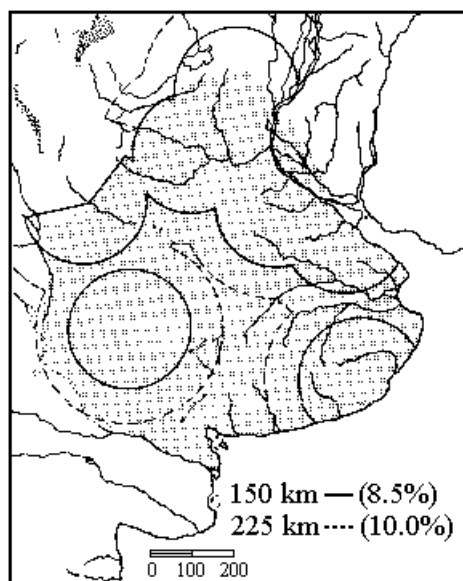


Figura 3. Cobertura de la Red Solarimétrica en la Pampa Húmeda en base anual, calculada para promedios mensuales de la radiación global diaria dentro de un nivel de confianza del 90% y para dos niveles de incerteza (según Grossi Gallegos, 1998a).

El método utilizado en los recientes trabajos de Wilcox y Gueymard (2010) y Gueymard y Wilcox (2010) para evaluar la variabilidad espacial, con información correspondiente a 8 años procedente de celdas con una resolución espacial de 10 km x 10 km, fue calcular una desviación estándar entre el valor central de la celda y los de las 8 que la rodean (o ampliando la distancia, los valores de las 24 vecinas), graficando el valor del coeficiente de variabilidad calculado en cada matriz a nivel anual y mensual, para la irradiación global sobre plano horizontal, la irradiación directa a incidencia normal y la irradiación global sobre un plano inclinado un ángulo igual a la latitud local, brindando de esta manera una rápida información visual destinada a los analistas o planificadores de sistemas de generación energética.

En este trabajo se presenta otra alternativa aplicando la interpolación geoestadística a los coeficientes de variabilidad, calculados en las estaciones de la Pampa Húmeda hasta la fecha del trabajo citado, y trazando las curvas que mejor se ajusten a la distribución minimizando los errores para los promedios mensuales. El objetivo es evaluar el conocimiento de la distribución del recurso brindado por ese estudio de la Red Solarimétrica y poder determinar en qué lugares y por cuánto

tiempo es necesario seguir midiendo la radiación global para tener un adecuado conocimiento de su comportamiento espacial y temporal.

RESULTADOS

Para las estaciones utilizadas en el estudio ya citado, se calcularon los promedios anuales de la irradiación global diaria, el desvío estándar y los coeficientes de variabilidad para los niveles de confianza del 67% y del 90% (Tabla 2) con los datos disponibles para entonces, registrados en el período 1979-1988.

De la estación Oliveros se consideraron solamente los primeros 4 años de operación (1982-1985) ya que a partir de 1986 el comportamiento de los valores parece apartarse de lo esperado, no permitiendo empalmarlos con los del entorno. Por otro lado, carece de sentido calcular el coeficiente de variabilidad cuando el número de años completos considerados es muy bajo, si bien el valor medio podría ser tomado en cuenta por lo dicho más arriba (cabe aclarar que un año se consideró completo cuanto presentaba todos los promedios mensuales y éstos se calcularon sobre meses en los que no faltaba más del 10% de los valores diarios).

La longitud de los registros completos hasta el año 1988 sólo permitiría considerar las estaciones ubicadas en Rafaela, Paraná Marcos Juárez, Oliveros y San Miguel. Coincidiendo con los resultados hallados antes para la estación Paraná, los coeficientes de variabilidad de los promedios anuales, con un nivel de confianza del 67%, son inferiores o del orden de la incerteza del instrumental.

Estación	Lat. S	Long. O	Años	H_m [MJ/m ²]	σ [MJ/m ²]	$C_{v,67}$	$C_{v,90}$
Rafaela	31°17'	61°33'	9	16,6	0,37	0,022	0,037
Paraná	31°50'	60°31'	8	16,7	1,14	0,068	0,112
M. Juárez	32°41'	62°07'	5	16,6	0,19	0,012	0,019
Oliveros	32°33'	60°51'	4	15,6	0,70	0,045	0,074
V. Mercedes	33°43'	65°29'	2	16,5	-	-	-
S. Miguel	34°33'	58°44'	8	15,4	0,65	0,042	0,070
Anguil	36°30'	63°59'	2	16,0	-	-	-
Balcarce	37°45'	58°18'	3	15,2	0,35	0,023	0,038

Tabla 2. Estaciones utilizadas, coordenadas, cantidad de años completos hasta 1988, promedios anuales, desvíos estándar y coeficientes de variabilidad para niveles de confianza de 67% y 90%.

Se calcularon luego los valores del coeficiente de variabilidad para los promedios mensuales registrados hasta entonces, pero la falta de completitud imposibilitó trazar para todos los meses del año las cartas de variación espacial del mismo en todas las estaciones de medición. En las Figuras 4a-4b se presenta la mencionada distribución mediante las curvas trazadas por el método de kriging.

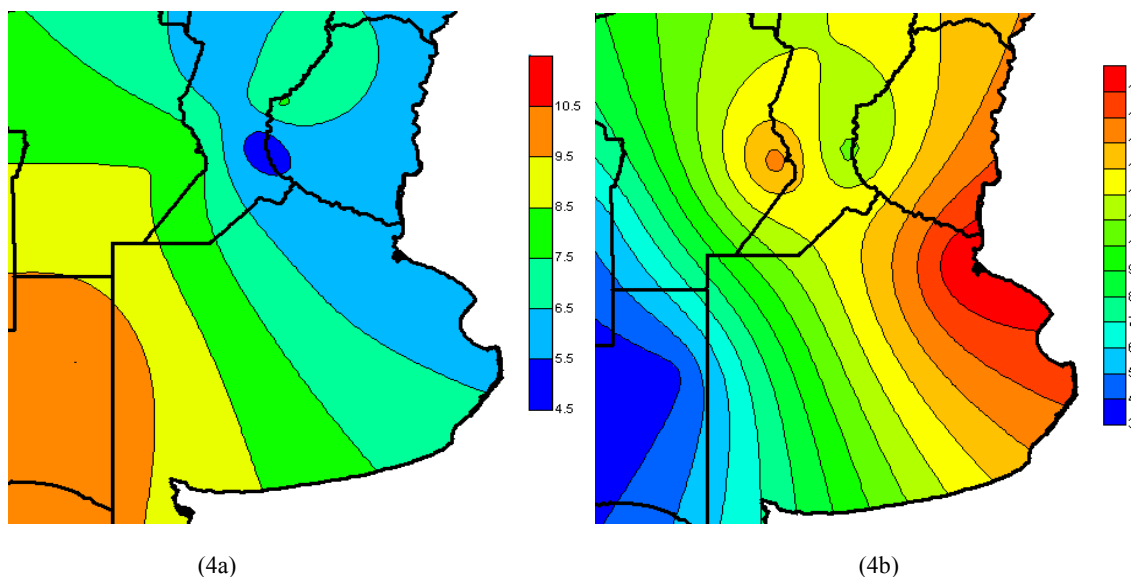


Figura 4: Distribución espacial de los valores del coeficiente de variabilidad en la Pampa Húmeda para los meses de (a) enero, (b) mayo, (c) junio y (d) octubre. Los valores de la escala son porcentuales.

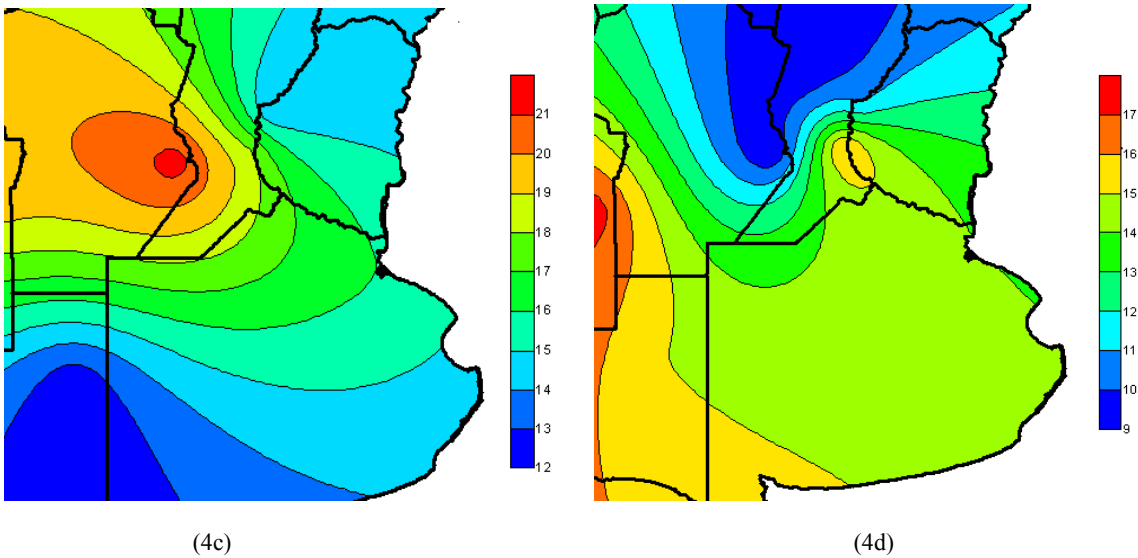


Figura 4 (continuación): Distribución espacial de los valores del coeficiente de variabilidad en la Pampa Húmeda para los meses de (a) enero, (b) mayo, (c) junio y (d) octubre. Los valores de la escala son porcentuales.

Calculando los valores del coeficiente de variabilidad para aquellas estaciones que presentaban una estadística razonable (Tabla 3) se observó que los valores mínimos corresponden al mes de enero, mientras que los más elevados se observan en junio, coincidente con los mínimos valores de los promedios en la región (que actúan como divisor en el cociente). Es destacable el aumento en el coeficiente al pasar de mayo a junio (casi un 40%), excepto en San Miguel en donde se lo observa al pasar de abril a mayo (Figura 5).

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Rafaela	0,057	0,085	0,058	0,088	0,121	0,171	0,125	0,088	0,093	0,092	0,060	0,041
Paraná	0,077	0,115	0,117	0,089	0,114	0,140	0,098	0,121	0,097	0,110	0,063	0,066
M. Juárez	0,085	0,054	0,028	0,123	0,146	0,215	0,128	0,045	0,150	0,090	0,085	0,067
Oliveros	0,047	0,083	0,051	0,051	0,106	0,183	0,125	0,078	0,106	0,163	0,077	0,075
V. Mercedes	0,087	0,041	0,037	0,091	0,053	0,191	-	0,002	0,157	0,175	0,031	0,063
S. Miguel	0,055	0,075	0,109	0,102	0,170	0,161	0,105	0,090	0,133	0,142	0,065	0,050
Anguil	0,105	0,056	0,038	-	0,037	0,122	0,128	-	0,166	0,149	0,003	0,043
Balcarce	-	-	-	-	-	-	0,245	-	0,132	0,069	-	0,122

Tabla 3: Evolución temporal del coeficiente de variabilidad para las estaciones consideradas.

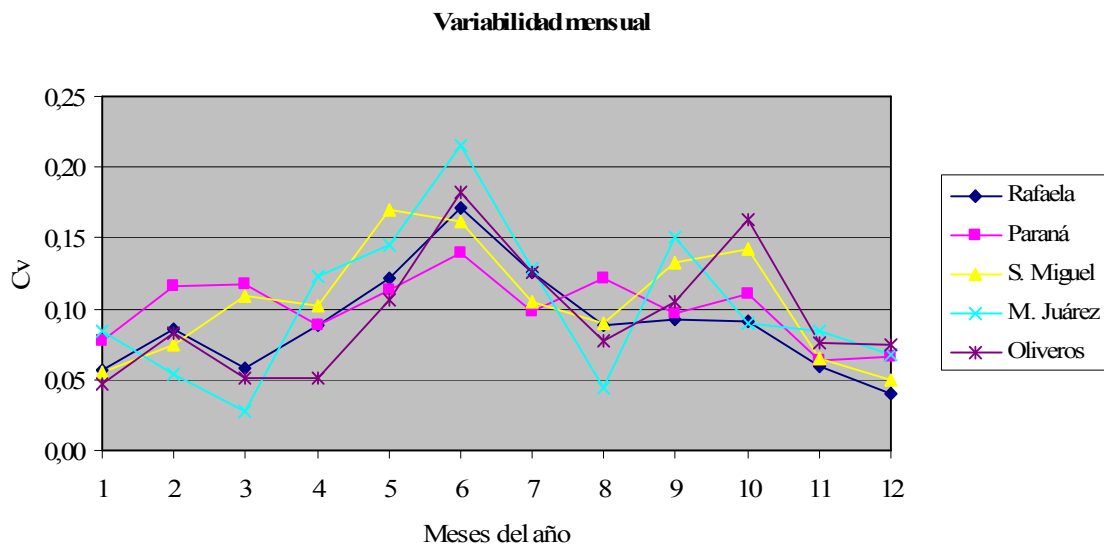


Figura 5: Evolución temporal del coeficiente de variabilidad para las estaciones que presentan meses completos.

Si se agregan en algunas estaciones los datos de años posteriores en los que se tuvo registro, los valores modificados se presentan en la Tabla 4 en donde se puede ver cómo el aumento de la estadística se refleja en el mejor conocimiento del promedio anual del recurso; en los tres casos, este valor anual presenta un coeficiente de variabilidad inferior a la incerteza del instrumental (6%) con un nivel de confianza del 67%. Algo similar podría esperarse en base mensual.

Estación	Lat. S	Lat. S	Años	H_m [MJ/m ²]	σ [MJ/m ²]	C_{v67}	C_{v90}
Rafaela	31°17'	61°33'	17	17,0	0,66	0,039	0,064
Paraná	31°50'	60°31'	30	16,4	0,74	0,034	0,055
S. Miguel	34°33'	58°44'	20	15,4	0,82	0,053	0,087

Tabla 4. Estaciones analizadas con registros posteriores a 1988, coordenadas, cantidad de años completos existentes hasta 2010, promedios anuales, desvíos estándar y coeficientes de variabilidad para niveles de confianza de 67% y 90%.

CONCLUSIONES

Es evidente que en extensas zonas de la Pampa Húmeda, región homogénea que facilita la extrapolación de los valores medidos, la variabilidad espacial es elevada y que, salvo en las zonas centradas en las estaciones de registros más extenso (Rafaela, Paraná y San Miguel), la longitud de los mismos es insuficiente como para proporcionar un conocimiento adecuado de los promedios mensuales de irradiación global.

La red de medición de la radiación solar global que está instalando la Universidad Nacional de Luján (Righini *et al.*, 2010) reactivó en la región las estaciones de Anguil, Balcarce, Pergamino y Marcos Juárez e instaló una nueva en Azul, zona sin cobertura desde los comienzos de la Red Solarimétrica; las próximas ubicaciones están planificadas para Barrow y General Villegas. Tal como se dijo antes, también se instaló una estación en Paraná acompañando a la primitiva de la Red Solarimétrica, para asegurar la continuidad de la única estación del país con más de 30 años de registro diario, si bien ahora se almacena el valor de la irradiación global cada 10 minutos.

Esta situación debería plantearse en otras zonas del país, más alejadas de la homogeneidad y con registros menos extensos. Es pues muy importante aplicar esta metodología para poder determinar en qué lugares y por cuánto tiempo debería medirse para disponer de información suficiente y confiable como para proporcionar los valores necesarios para un adecuado diseño de los sistemas de aprovechamiento de esta fuente de energía; de acuerdo con el valor del coeficiente de variabilidad y de la incerteza demandada quedará fijado el número de años que será necesario medir (Grossi Gallegos y Atienza, 1988).

REFERENCIAS

- García, M. y Fernández, R. (1979) Red de mediciones solarimétricas en Argentina. En *Atas do 2º Congresso Latino-Americano de Energia Solar*, João Pessoa, Paraíba, Brasil, vol. I, pp. 43-59.
- Grossi Gallegos, H. and Lopardo, R. (1988) Spatial variability of the global solar radiation obtained by the Solarimetric Network in the Argentine Pampa Humeda. *Solar Energy* vol. 40 (5), 397-404
- Grossi Gallegos, H. y Atienza, G. (1988) Acerca de la representatividad temporal de los valores de radiación solar global medidos por la Red Solarimétrica. En *Actas de la 12a. Reunión de Trabajo de la ASADES*, Salta, Argentina, vol. 1, pp. 101-106.
- Grossi Gallegos, H. (1998a) Evaluación a nivel de superficie de la radiación solar global en la República Argentina. Trabajo de Tesis presentado para optar por el título de Doctor de la Universidad Nacional de Luján, 180 p.
- Grossi Gallegos, H. (1998b) Distribución de la radiación solar global en la República Argentina. I. Análisis de la información. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 4, pp.119-123 (1998).
- Grossi Gallegos, H. (1998c) Distribución de la radiación solar global en la República Argentina. II. Cartas de radiación. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 5, pp. 33-42.
- Grossi Gallegos, H. (1999) Comparación de los valores satelitales del "Surface Solar Energy (SSE) Data Set Version 1.0" con datos de tierra de la Red Solarimétrica. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 6, pp. 1-6.
- Grossi Gallegos, H. y Righini, R. (2007) "Atlas de energía solar de la República Argentina", publicado por la Universidad Nacional de Luján y la Secretaría de Ciencia y Tecnología, Buenos Aires, Argentina, 74 páginas + 1 CD-ROM, mayo de 2007 (ISBN 978-987-9285-36-7).
- Grossi Gallegos, H., Aristegui, R. y Righini, R. (2009) Análisis de la radiación solar global en San Carlos, Salta. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* (ISSN 0329-5184), vol. 13, pp. 11.01 -11.06 versión CD-ROM.
- Grossi Gallegos, H. y Spreafichi, M. I. (2010) Análisis de la serie de los promedios anuales de heliofanía efectiva en Argentina. *Meteorológica (ISSN 0325-187X)* Vol. 32 (2007) y 33 N° 1 y 2 (2008), pp. 5-17 (publicado en abril de 2010).
- Grossi Gallegos, H., Raichijk, C. y Righini, R. (2010) Algunos aspectos de la climatología solar del Uruguay. *Revista Brasileira de Meteorologia* (ISSN 0102-7786), vol. 54, N° 4, pp. 479-486.
- Gueymard, C. A. and Wilcox, S. M. (2009) Spatial and Temporal Variability in the Solar Resource: Assessing the Value of Short-Term Measurement at Potential Solar Power Plant Sites, in *Solar 2009 ASES Conf.*, Buffalo, NY.
- Gueymard, C. A. and Wilcox, S. M. (2011) Assessment of spatial and temporal variability in the US solar resource from radiometric measurements and prediction from models using ground-based or satellite data. *Solar Energy* vol. 85, pp. 1068-1084.
- Hanson, K. and Flowers, E. (1982) Variability of solar radiation. *Sunworld* vol. 6 No. 1, pp. 12-15.

- Raichijk, C., Grossi Gallegos, H., Righini, R. (2008) Cartas preliminares de irradiación directa para Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 12, pp. 11.01 -11.07 versión CD-ROM.
- Raichijk, C., Grossi Gallegos, H., Aristegui, R., Righini, R. (2009) Sobre el recurso solar en la provincia de San Juan. En *Actas del Tercer Congreso Nacional – Segundo Congreso Iberoamericano Hidrógeno y Fuentes Sustentables de Energía – HYFUSEN 2009* versión CD-ROM (ISBN 987-21933-2-0), San Juan, Argentina.
- Raichijk, C. (2009) Comparación de valores satelitales de irradiación solar global con datos de tierra en la República Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 13, pp. 11.07 - 11.10 versión CD-ROM.
- Righini, R. y Barrera, D. (2008) Empleo del modelo de Tarpley para la estimación de la radiación solar global mediante imágenes satelitales GOES en Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 12, pp. 11.09 - 11.15., versión CD-ROM.
- Righini, R., Roldán, A., Grossi Gallegos, H., Aristegui, R., Raichijk, C. (2010) Nueva red de estaciones de medición de la radiación solar. En *Comunicaciones del XXXIII Congreso de ASADES*, pp. 11.01-11.05, versión CD-ROM.
- Wilcox, S. and Gueymard, C. (2010) Spatial and Temporal Variability of the Solar Resource in the United States. In *ASES SOLAR 2010 Conf. Proc.*, Phoenix, AZ.

ABSTRACT: The installation and the maintenance in operation of a network of measurement of the solar radiation at the surface of the earth with the purpose of characterize the solar climate are expensive operations and consume time. Although a complete climatologic characterization can take several decades, the interest in the utilization of this energy source demands shorter terms. In this work it is tried to evaluate the spacial and temporal representativeness of the records of the Red Solarimétrica in a homogenous zone like Pampa Húmeda, using the variability coefficient C_v , and to propose on the basis of the results where and how long it is necessary to measure to have an appropriate knowledge of the mean distribution of the solar resource.