

ATLAS GLOBALES DE RADIACIÓN SOLAR: EVALUACIÓN EN LA PAMPA HÚMEDA ARGENTINA

C. Raichijk, F. Taddei

GERSolar, Instituto de Ecología y Desarrollo Sustentable (INEDES), Departamento de Ciencias
Básicas,

Universidad Nacional de Luján, Ruta 5 y Avda. Constitución, (6700) Luján,
Buenos Aires, ARGENTINA, Tel. /Fax: (54-2323) 440241, E-mail: gersolar@mail.unlu.edu.ar

Recibido 25/07/17, aceptado 26/09/17

RESUMEN: En la actualidad se ofrecen con acceso libre a través de distintos sitios web valores medios estimados de irradiación solar global en Atlas en formato SIG de cobertura mundial o continental. En el presente trabajo se han evaluado las bases de datos generadas por el NREL, INPE y NASA disponibles en el portal SWERA y las publicadas en las páginas web CAMS y ESMAP, comparando las estimaciones con mediciones registradas en los últimos años en 9 estaciones ubicadas en la Pampa Húmeda Argentina. Los desvíos medios regionales obtenidos, del orden del 7%, no muestran diferencias significativas entre las distintas bases de datos consideradas y permiten afirmar que, en una región plana y homogénea climáticamente como la Pampa Húmeda, valores medios estimados a partir de información satelital se presentan como una alternativa válida de consulta acerca de la irradiación solar incidente en superficie.

Palabras clave: Atlas globales, radiación solar, evaluación, Pampa Húmeda, Argentina.

INTRODUCCIÓN

La radiación solar incidente en superficie terrestre es el parámetro fundamental de partida para el diseño y análisis económico de todo sistema aplicado de aprovechamiento de dicho recurso energético. Particular interés reviste la llamada irradiación solar global IGH (KWh/m²), es decir, la irradiancia solar total hemisférica integrada en todo el espectro que incide sobre un plano horizontal en la superficie terrestre durante un determinado lapso de tiempo.

En la actualidad distintos sitios web ofrecen con acceso libre valores medios estimados de IGH en Atlas en formato SIG de cobertura mundial o continental. Estos valores fueron calculados mediante distintos modelos de estimación empleando información de origen satelital y han sido validados con datos medidos en tierra en estaciones distribuidas a lo largo del planeta. En ningún caso se reportan validaciones con registros obtenidos en estaciones de nuestro país.

El objetivo de este trabajo es evaluar valores medios estimados de IGH publicados en los portales SWERA (<https://maps.nrel.gov/swera/>), SoDa (<http://www.soda-pro.com/>) y ESMAP (<http://globalsolaratlas.info/>) comparándolos con datos medidos en 9 estaciones de la Pampa Húmeda pertenecientes a la Red Solarimétrica Regional de la Universidad Nacional de Luján.

Las bases de datos SWERA (Solar and Wind Energy Resource Assessment) son el resultado del proyecto auspiciado por el Programa Ambiental de la ONU, UNEP (United Nations Environment Programme), iniciado en el año 1999 y finalizado en el 2007. Para el país se ofrecen en su página web valores diarios medios mensuales históricos de IGH en formato SIG con distintas resoluciones espaciales y que han sido estimados por distintas agencias para distintos períodos de tiempo. Se incluyen valores de resolución espacial denominada moderada, 40 km x 40 km, generados por el

NREL (National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado-US) y el INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, San Pablo-Brasil) y de baja resolución, 1° x 1° (aprox. 100 km x 100 km), publicados por la NASA.

Los valores IGH/NREL fueron estimados mediante el modelo CSR, Climatological Solar Radiation model (Maxwell et al., 1998). El modelo CSR utiliza los algoritmos del modelo meteorológico/estadístico METSTAT (Maxwell, 1998), que a su vez se basa en el modelo parametrizado de cielo claro de Bird y Hulstrom (1981), con datos de entrada de cobertura nubosa de la base de datos RTNeph (Real-Time Nephanalysis) y datos de origen satelital de ozono, agua precipitable y espesor óptico de aerosoles. Todos los datos satelitales de entrada, originalmente de distinta resolución espacial, así como los valores de salida del modelo fueron ajustados a la grilla de 40 km de resolución de la base de datos de cobertura nubosa RTNeph. La base de datos RTNeph originada por el Air Force Global Weather Center de EE.UU. colecta desde 1983 todo tipo de información disponible de cobertura nubosa: datos de tierra suministrados por estaciones meteorológicas, datos de radiosondas de capas superiores de la atmósfera y registros de satélites ambientales de órbita polar, para generar una grilla de proyección estereográfica polar para los hemisferios Sur y Norte. Los valores medios mensuales IGH/NREL corresponden al período 1985-1991. El modelo CSR con datos de cobertura nubosa RTNeph se validó en 213 estaciones de EE.UU. con datos registrados en el período 1961-1990, observándose para valores medios mensuales de irradiación global un desvío cuadrático relativo RMSE% medio anual de 3,7% con un sesgo relativo MBE% medio anual de +0,6% (George y Maxwell, 1999).

La estimación de los valores IGH/INPE se realizó mediante el modelo BRASIL-SR, Pereira et al. (2000), basado en el modelo de Möser y Raschke (1983). Es un modelo físico que emplea una aproximación "two stream" para resolver la ecuación de transferencia radiativa. Se han utilizado imágenes del canal visible GOES-EAST y datos de temperatura, humedad relativa, albedo de superficie, visibilidad y propiedades de nubes del período 1995-2002. En Martins et al. (2007) se cotejaron valores diarios de irradiación global estimados por el modelo BRASIL-SR con datos suministrados por 8 estaciones de la red SONDA (<http://sonda.ccst.inpe.br/>) obtenidos durante los años 2004-2005 reportándose un RMSE% de 11,4% con un MBE% de 0,2%.

Por su parte los valores medios mensuales de IGH originados por la NASA pertenecen a la base de datos SSE (Surface meteorology and Solar Energy data set) versión 6.0, <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>, y corresponden al período 1983-2005. Estos valores fueron derivados de valores medios mensuales de irradiación global disponibles de la base de datos GEWEX/SRB (Global Energy and Water Cycle Experiment/ Surface Radiation Budget) versión 3.0. Los valores de irradiación global GEWEX/SRB se estimaron mediante el modelo físico de transferencia radiativa de Pinker y Laszlo (1992) empleando datos de entrada de origen satelital de irradiancia a tope de atmósfera, nubes, vapor de agua, ozono y albedos de superficie más valores modelados de aerosoles. Al validar los valores medios mensuales estimados de IGH/NASA con datos obtenidos en estaciones de la red BSRN (Baseline Surface Radiation Network) en el período enero 1992-junio 2005 se obtuvo un RMSE% medio mundial entre los 60° de latitud Sur y Norte de 10,6% con un MBE% de -1,25%, http://power.larc.nasa.gov/documents/SSE_Methodology.pdf.

Previamente en Raichijk (2009) se compararon valores medios mensuales de IGH de la base datos GEWEX/SRB con mediciones de 5 estaciones del país con registros de más de 10 años de extensión en el período 1983-2007. Para valores correspondientes a zonas planas y homogéneas climáticamente, Rafaela - Santa Fe, se observaron RMSE% que varían para los distintos meses del año entre 5,3 y 7,2%; en áreas planas pero con una mayor inhomogeneidad climática se hallaron desvíos entre 6 y 18,1%, San Miguel - Buenos Aires, y entre 8,2 y 15,4%, Cerro Azul - Misiones. Mientras que en zonas de montañas, Cerrillos - Salta, los desvíos hallados fueron significativamente mayores, entre 10,4 y 24,4%. También se reportaron desvíos altos en Salazar et al. (2013) al comparar valores medios mensuales estimados IGH/NREL e IGH/NASA con datos medidos en 3 estaciones ubicadas en el valle de Lerma, Salta. Para distintos períodos de tiempo entre 1968 y 2007 se observaron RMSE% que van de 10 a 19,6% para valores IGH/NREL y de 23,4 a 31,3% para valores IGH/NASA.

Del portal web SoDa se consideró la base de datos CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service) antes denominada MACC-RAD fruto del proyecto de Monitoreo de Composición Atmosférica y Clima (Monitoring Atmospheric Composition & Climate) de la Unión Europea coordinado por el Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (ECMWF-European Centre for Medium-Range Weather Forecasts). A esta base de datos de sumas mensuales de IGH, que se extiende desde febrero de 2004 hasta la fecha, también se puede acceder a través del portal CAMS (<http://atmosphere.copernicus.eu/>). Para generar los valores IGH/CAMS se utiliza el método Heliosat-4, Qu et al. (2016), donde la irradiancia en superficie se estima mediante el producto de la irradiancia de cielo claro dada por el modelo McClear (Lefèvre et al., 2013) por un factor de modificación debido a las propiedades de nubes y albedo de superficie (Oumbe et al., 2014). Las propiedades de nubes son derivadas de imágenes de los satélites geostacionarios europeos METEOSAT SEGUNDA GENERACIÓN (MSG), con una resolución espacial de 3 km en el nadir y aprox. 4-5 km a los 45° de latitud; otros datos de entrada son columnas totales de vapor de agua y ozono y contenido de aerosoles. El área de cobertura de estos satélites abarca Europa, África, Oriente Medio y el este de América del Sud hasta aproximadamente los 60° W de longitud; de hecho la estación Anguil - La Pampa ubicada en los 63,99° W se encuentra fuera de dicha área de cobertura. En Thomas et al. (2016a) se cotejaron valores de sumas horarias de IGH/CAMS con mediciones de 42 estaciones de Brasil, se observaron RMSE% que van de 17 a 35% con MBE% entre +2 y +16%. Esta alta sobreestimación de los valores IGH/CAMS también se consignó en Thomas et al. (2016b) en algunas estaciones europeas de la red BSRN, con por ejemplo un RMSE% y un MBE% máximos de 20% y +12,1% respectivamente en Cabauw, Holanda, para sumas diarias de IGH.

El Programa de Asistencia a la Gestión del Sector de la Energía, ESMAP (Energy Sector Management Assistance Program), financiado por el Banco Mundial ofrece en su Atlas Solar Global valores de sumas anuales medias históricas de IGH estimados por el modelo SolarGis, <http://solargis.com/assets/doc/Solargis-database-description-and-accuracy.pdf>. Este modelo, como en el caso anterior, responde a un esquema híbrido: la irradiancia de cielo claro en superficie estimada por el modelo parametrizado de cielo claro Solis, Ineichen (2008), se modula por un índice de nubes para cuyo cálculo se utiliza información de canales en los rangos visible e infrarrojo de distintos satélites geostacionarios. Luego de introducir mejoras para la correcta identificación del tipo de suelo la resolución original satelital de 3-4 km se eleva a ~ 1 km siguiendo la propuesta de Ruiz-Arias et al. (2010) mediante el empleo de modelos digitales de elevación. La base de datos IGH/ESMAP se inicia para nuestro continente en el año 1999 y continúa hasta la fecha. En el documento antes citado se informa sobre estudios de validación del modelo SolarGis realizados en más de 200 estaciones con diferentes climas a lo largo del mundo. La estación analizada más cercana a nuestra región es la estación BSRN São Martinho da Serra, Río Grande del Sur-Brasil, donde se observó para valores medios mensuales de IGH un RMSE% de 3,3%. En Ineichen (2014) se reportaron a su vez desvíos del 4% para sumas mensuales de IGH en 18 estaciones de Europa y la Región Mediterránea con registros obtenidos en el periodo 2004-2011.

MATERIALES Y MÉTODO

Para la evaluación de los valores medios estimados de IGH antes mencionados se consideraron datos obtenidos en los últimos años en 9 estaciones pertenecientes a la Red Solarimétrica Regional de la Universidad Nacional de Luján. En la Tabla 1 se consignan para cada estación: sus coordenadas, su altura sobre el nivel del mar, los sensores piranométricos utilizados y el periodo de tiempo de medición junto a la cantidad de días disponibles con registros depurados y completos de irradiación global. El área de cobertura de la Red Solarimétrica Regional (ver Figura 1) abarca la Pampa Húmeda y gran parte de la provincia de Entre Ríos, es una zona plana y homogénea climáticamente con un clima templado húmedo, Cfa según la clasificación de Köppen-Geiger, con temperaturas medias anuales entre 10 °C y 15 °C sin estación seca.

En primer lugar se determinaron en cada estación las medias mensuales históricas de IGH utilizando las integrales diarias de cada mes disponibles en todo el período de medición considerado y luego, a partir de estas, las sumas mensuales medias históricas.

Estaciones	Lat. S (°)	Long. W (°)	altura (msnm)	sensor	periodo de medición	n° de días completos
Anguil	36,54	63,99	165	CM5/ B&W	jul 2011- feb 2017	1143
Azul	36,77	59,88	132	B&W/CM5	jul 2010- jul 2014	954
Balcarce	37,76	58,30	130	B&W/CM5	sep 2010- feb 2017	930
Concepción del Uruguay	32,48	58,23	15	CM3/PSP	mayo 2012- enero 2017	1510
General Villegas	34,87	62,78	110	CM5	ene 2012- feb 2017	1339
Luján	34,59	59,06	30	CMP11	ene 2010- feb 2017	2280
Marcos Juárez	32,57	62,08	105	CM5/B&W	ene 2011- feb 2017	1309
Paraná	31,85	60,54	110	B&W/CM5/CMP11	ago 2010- feb 2017	1368
Pergamino	33,94	60,57	65	B&W/CMP11	dic 2010- feb 2017	1568

Tabla 1: Características de las estaciones y de los registros de irradiación solar global considerados en el presente trabajo.

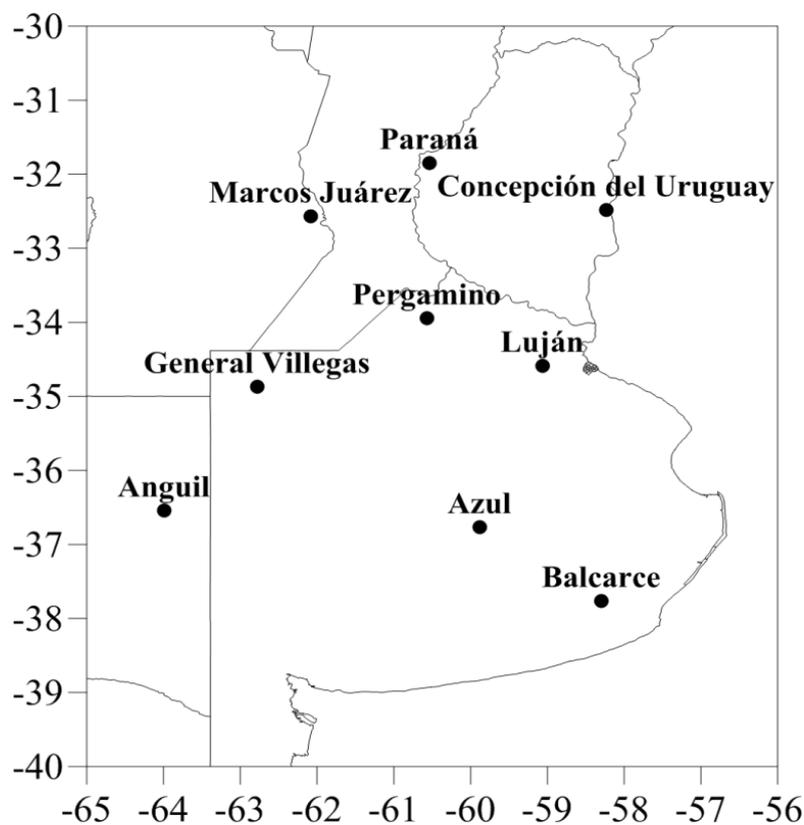


Figura 1: Área de cobertura de la Red Solarimétrica Regional de la UNLu.

Los valores estimados diarios medios mensuales históricos de IGH de las bases de datos que aquí denominaremos NREL, INPE y NASA así como las sumas mensuales medias históricas de IGH determinadas de la base de datos CAMS fueron evaluados en cada estación de medición mediante el desvío cuadrático relativo RMSE% y el sesgo relativo MBE% medios anuales:

$$RMSE\% = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (IGH_{estimado_i} - IGH_{medido_i})^2 / n \right]^{0.5}}{\sum_{i=1}^n IGH_{medido_i} / n} 100\% \quad (1)$$

$$MBE\% = \frac{\sum_{i=1}^n (IGH_{estimado_i} - IGH_{medido_i})}{\sum_{i=1}^n IGH_{medido_i}} 100\% \quad (2)$$

donde $IGH_{estimado}$ son en cada caso los valores estimados diarios medios mensuales de las bases de datos NREL, INPE o NASA o las sumas mensuales medias de la base de datos CAMS y IGH_{medido} a su vez las medias mensuales diarias o las sumas mensuales medias obtenidas en cada estación, todos expresados en KWh/m^2 con $i = 1, 2, \dots, 12$.

En el caso de las sumas anuales medias históricas de IGH de la base de datos ESMAP se determinaron las diferencias absoluta y relativa respecto a los valores correspondientes en cada estación:

$$diferencia (KWh/m^2) = IGH_{ESMAP}^{suma\ anual} - IGH_{medido}^{suma\ anual} \quad (3)$$

$$diferencia\% = \frac{IGH_{ESMAP}^{suma\ anual} - IGH_{medido}^{suma\ anual}}{IGH_{medido}^{suma\ anual}} 100\% \quad (4)$$

RESULTADOS

En la Tabla 2 se detallan los resultados de la evaluación obtenidos en cada estación de las medias mensuales NREL, INPE y NASA y de las sumas mensuales medias CAMS.

Finalmente en la Tabla 3 se muestran las diferencias absolutas, en KWh/m^2 , y relativas entre los valores estimados de sumas anuales medias de la base de datos ESMAP y las obtenidas en cada estación de la Red Solarimétrica Regional.

Estaciones	medias mensuales						sumas mensuales medias	
	NREL		INPE		NASA		CAMS	
	RMSE%	MBE%	RMSE%	MBE%	RMSE%	MBE%	RMSE%	MBE%
Anguil	9,5	-3,9	8,7	-4,2	9,6	-4,0	-	-
Azul	6,6	-1,6	6,7	-1,3	7,5	-1,3	4,4	+3,3
Balcarce	7,0	-4,8	7,4	-4,0	5,8	-3,4	4,9	+1,1
C. del Uruguay	3,5	+1,4	4,2	-1,5	6,5	-4,6	4,1	-3,3
Gral. Villegas	6,3	+1,6	6,3	-2,2	7,1	-2,0	3,9	-1,3
Luján	4,4	+1,8	4,6	-0,5	5,0	-2,5	6,7	+5,3
Marcos Juárez	8,4	+5,8	8,4	+6,7	6,0	+3,1	2,5	+0,7
Paraná	8,4	+5,2	7,6	+3,8	5,8	+0,3	7,1	+4,9
Pergamino	9,3	+7,7	6,0	+3,1	2,8	+1,1	7,2	+5,0

Tabla 2: Resultados del estudio de evaluación de las bases de datos NREL, INPE, NASA y CAMS obtenidos en las 9 estaciones analizadas. La estación Anguil se encuentra fuera del área de cobertura de los satélites europeos MSG.

Estaciones	sumas anuales medias	
	diferencias (KWh/m ²)	diferencias %
Anguil	-20,6	-1,1
Azul	+5,5	+0,3
Balcarce	-47,4	-2,8
C. del Uruguay	-40,9	-2,2
Gral. Villegas	-4,3	-0,2
Luján	+113,0	+6,6
Marcos Juárez	+77,9	+4,4
Paraná	+81,5	+4,8
Pergamino	+10,0	+0,6

Tabla 3: Resultados del estudio de evaluación de las sumas anuales medias de la base de datos ESMAP obtenidos en las 9 estaciones analizadas

CONCLUSIONES

Se han evaluado en 9 estaciones ubicadas en la Pampa Húmeda Argentina valores medios estimados de irradiación solar global de distintas bases de datos que se ofrecen actualmente con acceso libre en

distintos sitios web. Para ello se han utilizado registros obtenidos en los últimos años en cada una de estas estaciones. Para valores diarios medios mensuales históricos de IGH determinados para distintos periodos de tiempo por el NREL, INPE y NASA se observaron RMSE% que varían entre 2,8 y 9,6% con MBE% entre -4,8 y + 7,7%. Los desvíos medios regionales para las diferentes bases de datos consideradas son prácticamente iguales: 7,5% para los valores estimados por el NREL, 7,2% por el INPE y 6,8% por la NASA. Al comparar sumas mensuales medias históricas estimadas de IGH de la base de datos europea CAMS se detectaron RMSE% que varían entre 2,5 y 7,2% con MBE% entre -3,3 y 5,3%. El desvío medio regional encontrado para los valores CAMS es de 5,7%. Por último para las sumas anuales medias históricas de IGH publicadas en la página del proyecto ESMAP las diferencias relativas con los valores obtenidos en las distintas estaciones varían entre -2,8 y 6,6% con una media regional en valores absolutos de 2,9%. Estos resultados están indicando en primer lugar que no existen diferencias significativas entre las distintas bases de datos analizadas. Por otro lado y teniendo en cuenta que la incerteza instrumental media de los sensores piranométricos empleados es del orden del 5% es posible afirmar que, en una región plana y homogénea climáticamente como la Pampa Húmeda, estas bases de datos de valores medios estimados a partir de información satelital se presentan como una alternativa válida de consulta acerca de la irradiación solar incidente en superficie.

REFERENCIAS

- Bird R. y Hulstrom R. (1981) A simplified clear sky model for direct and diffuse insolation on horizontal surfaces. SERI/TR, 642-761. Golden, CO: Solar Energy Research Institute.
- George R. y Maxwell E. (1999) High-Resolution Maps of Solar Collector Performance Using A Climatological Solar Radiation Model. Proceedings of the 1999 Annual Conference of American Solar Energy Society, Portland, ME.
Disponible en: http://www.nrel.gov/gis/pdfs/proceedings_solar99.pdf.
- Ineichen P. (2008) A broadband simplified version of the Solis clear sky model. Solar Energy 82, 8, 758-762.
- Ineichen P. (2014) Long term satellite global, beam and diffuse irradiance validation. SHC 2013, International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry, Sept. 2013, Friburgo, Alemania. Energy Procedia 48, 1586-1596.
- Lefèvre M., Oumbe A., Blanc P., Espinar B., Gschwind B., Qu Z., Wald L., Schroedter-Homscheidt M., Hoyer-Klick C., Arola A., Benedetti A., Kaiser J., Morcrette J. (2013) Mc-Clear: a new model estimating downwelling solar radiation at ground level in clear-sky conditions. Atmos. Meas. Tech. 6, 2403-2418. doi: 10.5194/amt-6-2403-2013.
- Martins F.R., Pereira E.B., Abreu S.L. (2007) Satellite-derived solar resource maps for Brazil under SWERA Project. Solar Energy 81, 517-528.
- Maxwell E. (1998) METSTAT-The solar radiation model used in the production of the NSRDB. Solar Energy 62, 4, 263-279.
- Maxwell E., George R., Wilcox S. (1998) A Climatological Solar Radiation Model. Proceedings of the 1998 Annual Conference of American Solar Energy Society, Albuquerque NM. Disponible en: http://www.nrel.gov/gis/pdfs/proceedings_solar98.pdf.
- Möser W. y Raschke E. (1983) Mapping of global radiation and cloudiness from Meteosat image data - Theory and ground truth comparisons. Meteorol. Rdsch. 36, 33-41.
- Oumbe A., Qu Z., Blanc P., Lefèvre M., Wald L., Cros S. (2014) Decoupling the effects of clear atmosphere and clouds to simplify calculations of the broadband solar irradiance at ground level. Geosci. Model Dev. 7, 1661-1669. doi: 10.5194/gmd-7-1661-2014.
- Pereira E.B., Martins F.R., Abreu S.L., Couto P., Stuhlmann R., Colle S. (2000) Effects of burning of biomass on satellite estimations of solar irradiation in Brazil. Solar Energy 68, 1, 91-107.
- Pinker R. y Laszlo I. (1992) Modeling Surface Solar Irradiance for Satellite Applications on a Global Scale. J. Appl. Meteor. 31, 194-211.

- Qu Z., Oumbe A., Blanc P., Espinar B., Gesell G., Gschwind B., Klüser L., Lefèvre M., Saboret L., Schroedter-Homscheidt M., Wald L. (2016) Fast radiative transfer parameterisation for assessing the surface solar irradiance: The Heliosat-4 method. *Meteorol. Z.* 26, 1, 33-57. doi:10.1127/metz/2016/0781.
- 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* 13, 11.07-11.10.
- Ruiz-Arias J. A., Cebecauer T., Tovar-Pescador J., Šúri M. (2010) Spatial disaggregation of satellite-derived irradiance using a high-resolution digital elevation model. *Solar Energy* 84, 1644-1657.
- Salazar G., Hernandez A., Echazú R., Saravia L., Romero G. (2013) Comparison Between Measured Mean Monthly Solar Insolation Data and Estimates from Swera Database for Salta City (Northwestern Argentina). *Electronic Journal of Energy & Environment* 1, 3, 9-20. doi: 10.7770/ejee-V1N3-art531.
- Thomas C., Wey E., Blanc P., Wald L. (2016a) Validation of three satellite-derived databases of surface solar radiation using measurements performed at 42 stations in Brazil. *Adv. Sci. Res.* 13, 81-86.
- Thomas C., Wey E., Blanc P., Wald L., Lefèvre M. (2016b) Validation of HelioClim-3 version 4, HelioClim-3 version 5 and MACC-RAD using 14 BSRN stations. *SHC 2015, International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry, Dic. 2015, Estambul, Turquía. Energy Procedia* 91, 1059-1069.

ABSTRACT: Currently, estimated mean values of global solar irradiation Atlas in GIS format of continental or global coverage are offered with free access through various web sites. In this study we have evaluated databases generated by the NREL, INPE and NASA available on the SWERA website and published in pages web CAMS and ESMAP, comparing estimates with measurements recorded in recent years in 9 stations located in the Humid Pampa of Argentina. The regional media deviations obtained, around 7%, show no significant difference between the different databases considered and allow to affirm that, in a flat and climatically homogeneous region as the Humid Pampa, estimates from satellite information are a valid alternative to inquire about the incident solar irradiation on surface.

Keywords: Global Atlas, solar radiation, assessment, Humid Pampa Region, Argentina.