

COMPARACIÓN DE MEDIDAS DE RADIACIÓN GLOBAL DE LA RED RADIOMÉTRICA DE AEMET CON LOS VALORES DEL SIS (Surface Incoming Shortwave Radiation) DEL SAF DE CLIMA (CM-SAF)



Sancho Ávila, Juan Manuel; Sánchez de Cos, M^a Carmen; Jiménez, Carlos

Delegación Territorial en Andalucía, Ceuta y Melilla
AEMET – Agencia Estatal de Meteorología (jsancho@inm.es)

Se ha realizado la comparación de los valores promedios mensuales de Radiación Global diaria medidos en 31 estaciones de la Red Radiométrica Nacional en banda ancha de AEMET con los valores mensuales de SIS (Surface Incoming Shortwave radiation) del Climate Monitoring-SAF. El SIS es el flujo de radiación solar de onda corta por unidad de área horizontal en la superficie de la Tierra en la banda 0.2-4µm, expresado en w/m². Es calculado a partir de los datos del instrumento SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager) del satélite Meteosat Segunda Generación (MSG2) y del AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) de los satélites polares de la NOAA.

Los resultados muestran una gran similitud de los datos procedentes de ambas fuentes de información, siendo las discrepancias entre ambas fuentes de información en torno a ±5%. El objeto de esta comparación es evaluar la conveniencia del uso de los datos de SIS para la elaboración de un atlas de radiación solar disponible en España.

Así mismo, con el fin de estimar los valores de radiación difusa y directa a partir de los valores SIS de radiación global, se han calculado, para varias estaciones radiométricas de AEMET, los coeficientes de la expresión polinomial de tercer grado propuesta por Czeplak (1996) que relaciona los promedios mensuales de radiación difusa con los promedios mensuales de radiación global.

Estos coeficientes, que son dependientes de la latitud y de la estación del año, permitirán obtener campos de promedios mensuales de radiación directa a partir de los campos del SIS.

I. RED RADIOMÉTRICA NACIONAL EN BANDA ANCHA DE AEMET

La Red Radiométrica Nacional (RRN) depende del Centro Radiométrico Nacional (CRN) que a su vez está adscrito a la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). La Red Radiométrica Nacional consta actualmente de 51 estaciones radiométricas. En la Figura 1 se muestran las estaciones radiométricas que constituyen la Red Radiométrica Nacional indicándose las variables de medida que se obtienen en cada una de ellas. Para este trabajo se han seleccionado 40 estaciones radiométricas (Ver Tabla 1), con datos mensuales de radiación global y difusa durante el año 2006 para llevar a cabo un estudio comparativo de estas medidas con las obtenidas por el radiómetro SEVIRI del satélite Meteosat Segunda Generación y AVHRR de los satélites de la NOAA.

En las estaciones radiométricas principales de la RRN se llevan a cabo las medidas de las siguientes variables: Radiación global, difusa y directa, radiación infrarroja y ultravioleta B (UVB). Los sensores de radiación directa, global, difusa e infrarroja están montados sobre un seguidor solar automático como se muestra en la Figura 2, que consta de unidades de sombreado, consistentes en bolas sujetas con varillas que proyectan su sombras sobre un piranómetro para la obtención de la radiación difusa.



Piranómetro Kipp-Zonen mod.CM-21



Red Radiométrica Nacional en banda ancha de AEMET

INDICATIVO	NOMBRE	LONGITUD [grmssm]	LATITUD [grmssm]
B278	PALMA (AP. SON SAN JUAN)	24438	393400
B954	SAN JOSE (AP DE IBIZA)	12212	385241
0201D	BARCELONA (CMT)	21205	412327
0016A	AP. REUS	11044	410859
1428	SANTIAGO	-82537	425358
367	AP. DE GIRONA	24537	415405
14791	CORON	-84813	423452
1014	AP. DE FUENTERABIA	-14725	432124
1024E	SAN SEBASTIAN	-20222	431827
1082	AP. DE BILBAO	-25421	431753
1111	SANTANDER (CMT)	-34759	432390
12491	OVIEDO	-55224	432113
1387	A CORUÑA	-82510	432202
2030	SORIA	-22800	414600
2422	VALLADOLID	-44600	413900
2867	SALAMANCA	-52946	405644
3194U	MADRID (C. UNIVERSITARIA)	-34327	402710
3469A	CACERES	-62022	392820
4121	CIUDAD REAL	-35511	385922
4478G	BADAJOS	-70042	385310
1495	ÁRGENA	-88755	421325
5530E	AP. DE GRANADA	-34635	371124
5960	AP. DE JEREZ DE LA FRONTERA	-60348	364445
5973	CADIZ	-61537	362955
4642E	HUELVA	-65435	371648
6156	MÁLAGA (C. METEOROLÓGICO)	-42849	364309
63250	AP. DE ALMERIA	-22317	365035
71781	MURCIA	-11010	380910
7081	S. JAVIER	-46008	374712
8019	AP. DE ALICANTE	-3320	381709
8414A	AP. DE VALENCIA	-2816	392922
90910	AP. DE VITORIA	-24322	425302
9170	LOGROÑO	-21951	422706
9771C	LLEIDA	35421	413733
2661	LEÓN	-53858	423520
3260B	TOLEDO	-40258	395305
8178D	ALBACETE	-15139	390025
9263D	PAMPLONA	-13821	424606
9433	ZARAGOZA	-10418	414044
9981A	TORTOSA	29291	404914



Sensores en una Estación Radiométrica completa de AEMET

II. SATELLITE APPLICATION FACILITY ON CLIMATE MONITORING (CM-SAF)

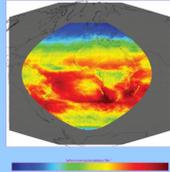
Se han utilizado datos del SAF on Climate Monitoring (CM-SAF), liderado por el Servicio Meteorológico Alemán (Deutscher Wetterdienst; DWD). El CM-SAF fue creado para generar y archivar de forma continua una serie de datos climatológicos con el fin de caracterizar el estado del clima y su variabilidad.

Para este trabajo se han utilizado datos del parámetro SIS (Surface Incoming Shortwave Radiation) del SAF-Climate promediados mensualmente para el año 2006 con una resolución espacial de 15 km. El SIS es el flujo de radiación de onda corta que incide en la superficie horizontal en la banda 0.2-4 µm.

Para el cálculo del SIS se ha utilizado el algoritmo similar al desarrollado por Pinker et al. (1992). La idea básica del algoritmo es que existe una relación en la banda 0.2-4.0 µm entre la reflectividad (R) en el tope de la atmósfera, que se puede obtener directamente de las medidas registradas por los satélites, y la transmisibilidad atmosférica (T) o ratio entre la irradiancia en la superficie y la correspondiente en el tope de la atmósfera. Una vez conocida esta relación, es posible calcular T y la irradiancia en superficie, es decir el SIS.

Por tanto, existen relaciones del tipo:

$$T = f_i(R)$$



donde R es la reflectividad en el tope de la atmósfera, T es la transmisibilidad atmosférica e $i=1, \dots, N$ representa a cada uno de las diferentes condiciones superficie-atmósfera caracterizados por los siguientes parámetros: albedo superficial, cantidad de gases absorbentes en la atmósfera (ozono, vapor de agua) y partículas difusoras (moléculas, aerosoles, gotas nubosas). Estas relaciones entre T y R se calculan previamente mediante un modelo de transferencia radiativa y se obtienen previamente unas tablas que se utilizan posteriormente para el cálculo de T en función de R para cada una de las condiciones de observación.

A continuación se obtiene R a partir de las medidas de albedo en el tope de la atmósfera obtenida por los radiómetros de los satélites.

Finalmente se utiliza la relación $T = f_i(R)$ para las condiciones atmósfera-superficie que prevalecen en el momento de la medida para obtener T y con este valor la estimación de la irradiancia en superficie (SIS):

$$SIS = E_0 \cos(\theta) T$$

Donde E_0 es el flujo de radiación entrante en el tope de la atmósfera (Constante Solar), θ es el ángulo zenital y T la transmisibilidad atmosférica.

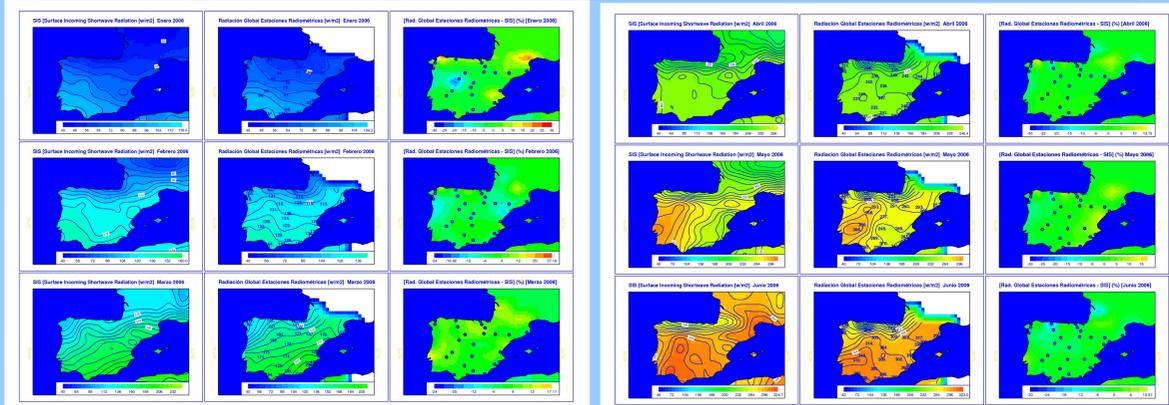
Cabe destacar que, por el momento, solo se han tenido en cuenta nubes acuosas a altitudes fijas y con distintos espesores, pero no se incluyeron en los cálculos las nubes con partículas de hielo.

CONCLUSIONES

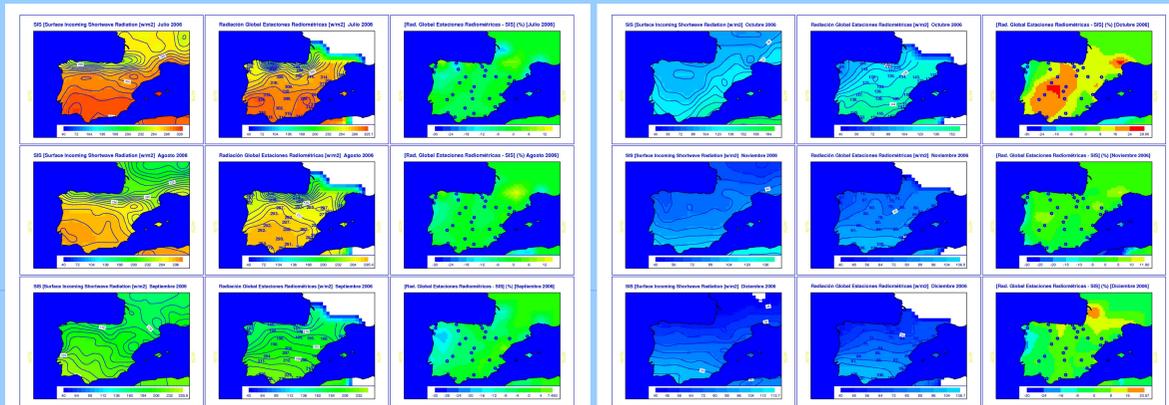
Se han analizado los datos procedentes del CM-SAF de SIS (Surface Incoming Shortwave radiation) y se han comparado con los valores promedios mensuales de Radiación Global diaria medidos en 31 estaciones de la Red Radiométrica Nacional de AEMET. Los resultados muestran una gran similitud de los datos procedentes de ambas fuentes de información, siendo las discrepancias observadas en torno a ±5%.

Con el fin de realizar estimaciones de la radiación directa a partir de las medidas de radiación de SIS se han recalculado los coeficientes del modelo polinomial propuesto por Czeplak (1996) utilizando los datos de radiación global y difusa de varias estaciones de la Red Radiométrica Nacional, obteniéndose una mejora sustancial del ajuste con respecto al obtenido con los coeficientes del ESRA (European Solar Radiation Atlas). Se estima que el error es menor del 20%, al calcular con estos nuevos coeficientes la radiación difusa a partir de la radiación global utilizando la relación polinomial de Czeplak, con respecto a los valores de las medidas reales de radiación difusa obtenidos en las estaciones radiométricas.

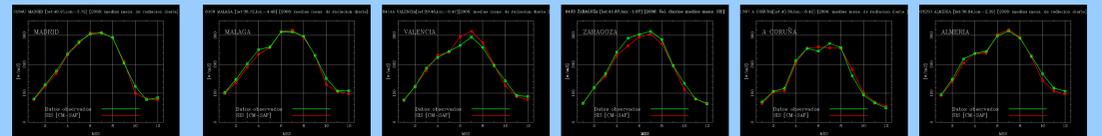
III. COMPARACIÓN DE MEDIDAS DE LAS ESTACIONES RADIOMÉTRICAS CON LAS MEDIDAS SIS DEL CM-SAF (AÑO 2006).



Con el fin de evaluar la exactitud del algoritmo de obtención del SIS del SAF-CM y la conveniencia del uso de estos datos como complemento a los procedentes de la Red Radiométrica Nacional, se ha realizado una comparación de los promedios mensuales diarios del SIS con las medidas correspondientes de radiación global para todas las estaciones indicadas en la Tabla 1 para todo el año 2006. En las se muestran los valores del SIS en la primera columna, los valores de radiación global medidos en las estaciones radiométricas en la segunda columna y la diferencia porcentual entre las medidas de las estaciones en tierra y los valores de SIS, así como las localizaciones de las estaciones radiométricas utilizadas en la tercera columna.



Se observa, en general, una buena concordancia entre los valores procedentes de ambas fuentes de información, con gran similitud en los gradientes latitudinales de radiación global observados, e incluso reproduciéndose parecidas estructuras en el contorno de las medidas. Los campos de las diferencias porcentuales muestran un color verde predominante indicando valores muy bajos. Incluso en los meses de máxima insolación (mayo, junio y julio) en los que además existen mayores gradientes latitudinales de radiación, se observa un buen acuerdo entre los datos y se reproducen similares estructuras. Quizá la única excepción sea el mes de octubre, en el que hay una diferencia apreciable entre las medidas en la zona centro peninsular. Estas discrepancias podrían ser debidas al hecho de que el algoritmo utilizado para el cálculo del SIS no tiene en cuenta, por el momento, las nubes de hielo.



Valores de radiación global medios para cada mes del año. Las medidas de SIS son cantidades interpoladas para la localización geográfica de cada estación radiométrica. Hay gran similitud de los datos, incluso durante los meses de máxima variación de la radiación global, es decir, en los meses próximos a los equinoccios, de marzo a mayo y de septiembre a noviembre. Los datos muestran una mayor pendiente en la disminución de la radiación global durante los meses de otoño que la correspondiente al aumento de la radiación durante los meses de primavera. No se observa una diferencia sistemática entre las dos fuentes de datos a lo largo del año 2006 salvo en el mes de octubre, en el que parece apreciarse una subestimación de los datos de SIS respecto a las medidas de las estaciones radiométricas.

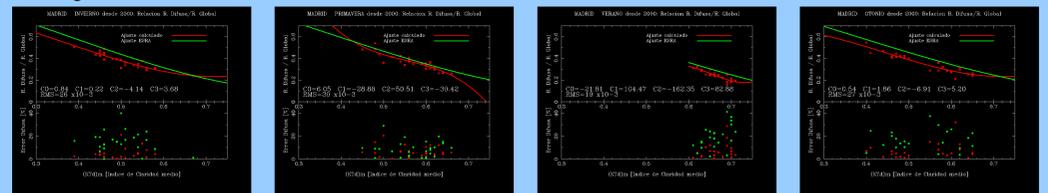
III. ESTIMACIONES DE RADIACIÓN DIRECTA A PARTIR DE MEDIDAS DE RADIACIÓN GLOBAL

Es posible estimar la radiación difusa mediante la aproximación polinomial de tercer grado propuesta por Czeplak (1996) que relaciona los promedios mensuales de radiación difusa con los promedios mensuales de radiación global.

Se han utilizado varias estaciones radiométricas completas con medidas de radiación global, directa y difusa para estimar unos coeficientes que posteriormente puedan servir para calcular la radiación difusa a partir de los valores de SIS. Según el modelo polinomial propuesto por Czeplak (1996), la relación entre el promedio mensual de la radiación difusa diaria ($D_{d,m}$) y el promedio mensual de la radiación global diaria ($G_{d,m}$) viene dada por:

$$\frac{(D_{d,m})}{(G_{d,m})} = c_0 + c_1(KT_{d,m}) + c_2((KT_{d,m})^2) + c_3((KT_{d,m})^3)$$

Donde $(KT_{d,m})$ es el promedio mensual del Índice de Claridad diario: $(KT_{d,m}) = \frac{(G_d)_m}{(G_{od})_m}$ Siendo $(G_{od,m})$ es el promedio mensual de la radiación global diaria extraterrestre.



Nuevos ajustes polinomiales obtenidos para la estación radiométrica de Madrid con datos a partir del año 2000. Se observa que la relación entre la radiación difusa y la radiación global presenta un mejor ajuste para todas las estaciones del año (línea roja) en comparación con las estimaciones obtenidas utilizando los coeficientes del ESRA de la Tabla 2 (línea verde).

REFERENCIAS

Guir R. et al. (2000): The European Solar Radiation Atlas: Vols. I and II. École des Mines de Paris.
Czeplak, G. (1996): Modified polynomial Erbs. Coefficients for calculating monthly mean diffuse solar radiation. European Solar Radiation Atlas Project. Contract JOU2-CT93-305. DWD Report.
Kiehl, J., and K. Trenberth, 1997: Earth's annual global mean energy budget. Bull. Am. Meteorol. Soc., 78, 197–206.
Mayer, B and Kylling, A., 2005, Technical note: The libRadtran software package for radiative transfer calculations – description and examples of use. Atmos. Chem. Phys., 5, 1855-1877.
Pinker, R.T. and Laszlo, I. (1992): Modeling Surface Solar Irradiance for Satellite Applications on a Global Scale, J. Appl. Meteorology, 31, 194-211

Reconocimientos:

Para la realización de este trabajo se han utilizado datos del producto SIS del SAF on Climate Monitoring (CM-SAF), liderado por el Servicio Meteorológico Alemán (Deutscher Wetterdienst; DWD)