

ESTIMACION DEL BALANCE DE RADIACION SOLAR SOBRE LA PENINSULA IBERICA UTILIZANDO DATOS METEOSAT

J.C. Fortea y E. López-Baeza

Departament de Termodinàmica. Universitat de València. Facultat de Física.

J.F. Moreno Méndez

NASA/Jet Propulsion Laboratory. Pasadena, California U.S.A.

RESUMEN.- En este trabajo se presenta una metodología para la estimación del balance de radiación solar, cuantificando las dos componentes que intervienen en el balance. Esto implica la necesidad del cálculo del albedo de la superficie. En el trabajo se ha ensayado la aplicación de un modelo de bidireccionalidad que dé cuenta del comportamiento no lambertiano de la superficie. En la primera fase del trabajo se emplea un método estadístico para la identificación y clasificación de las zonas despejadas y las cubiertas por diferentes tipos de nubes. Para el cálculo de la irradiancia se distingue entre zonas nubosas y despejadas. Su determinación en estas últimas se realiza utilizando un código de transferencia radiativa basado en un modelo físico.

ABSTRACT.- In this paper we present a methodology to estimate solar radiation balance, obtaining the two components of the balance separately. For this, we need to estimate the surface albedo. We have used a semiempirical method to model the non-lambertian behaviour of the surface. We use a statistical approach to identify and classify the different types of clouds present in the image. For the estimation of solar irradiance, we distinguish between cloudy and cloudless areas. The evaluation on the later is carried out by means of a radiative transfer code based on a physical model.

1.- INTRODUCCION

El balance de radiación solar en la superficie es un parámetro climático de gran importancia puesto que representa la energía solar disponible en superficie. Se necesita conocer su variabilidad espacial y temporal en estudios sobre desarrollo de vegetación, fuentes de energía, estudios climáticos, etc.

Para la estimación del balance de radiación solar en la superficie debemos de tener en cuenta los diferentes procesos de absorción y dispersión que sufre la radiación en su paso a través de la atmósfera. Asimismo, si el cálculo del balance de radiación se realiza a través de la estimación de ambas componentes radiativas por separado, es entonces necesario calcular el albedo de la superficie. Este cálculo implica parametrizar el comportamiento no lambertiano de la superficie y estudiar la variación diaria del albedo.

2.- METODOLOGIA

Partimos de la información suministrada por los canales visible e infrarrojo de Meteosat. Inicialmente aplicamos una técnica de clasificación a las imágenes para discriminar la nubosidad. Empleando estos dos canales para la ventana escogida, se realizan los histogramas

bidimensionales que nos permiten identificar los centros de las distintas clases de nubes que se van a clasificar. Una vez identificados los centros de las clases se realiza una clasificación por mínima distancia, refinada con posteriores clasificaciones por mínima distancia normal (Moreno, 1991, y referencias allí citadas). El resultado obtenido es una imagen donde aparecen discriminadas, en nuestra zona de trabajo, entre 8 y 9 clases: desierto despejado, mar despejado, tierra despejada, nubes altas finas sobre mar, nubes altas finas sobre tierra, nubes bajas, nubes medias, y nubes de tormenta. Estas clases se agrupan posteriormente en un número menor de clases para las que se dispone de los parámetros radiativos necesarios para los cálculos de la radiación transmitida y reflejada.

Una vez realizada esta clasificación, el cálculo de la irradiación sobre la superficie se realiza distinguiendo entre zonas despejadas y nubosas. En el caso de zonas despejadas se emplea el código de transferencia radiativa 5S (Tanré et al., 1986) para la estimación de la irradiación directa. Como datos de entrada se necesita disponer de medidas en superficie de visibilidad, que nos proporcionen una estimación del tipo y concentración de los aerosoles presentes, así como tener una estimación de la concentración de ozono y vapor de agua en la ventana de trabajo. Para la obtención de la irradiancia directa en zonas nubosas, se aplican los coeficientes de transmisividad de los tipos de nube definidos (Kondratiev, 1969). El cálculo de la radiación difusa sobre la superficie se realiza a través de un promedio pesado en una matriz 3x3 en torno al pixel considerado, calculando el porcentaje de cada clase definida que hay en esos 9 píxeles y asignando un coeficiente de peso a cada tipo.

En la figura 1 se muestra el resultado obtenido para la irradiancia solar diaria del día 23 de junio de 1991, en la ventana de trabajo.



Figura 1.- Irradiancia global diaria para el día 23 de junio de 1991. Expresada en unidades de kWh/m² (C. 52)

Para la estimación de la radiación reflejada por la superficie, se ha modelizado el comportamiento no lambertiano de la misma mediante el modelo de Roujean (Roujean et al., 1992). Este modelo semiempírico expresa la reflectividad bidireccional en función de tres parámetros y dos funciones angulares que dan cuenta de las propiedades de rugosidad, sombras y volumen de los elementos que se supone existentes sobre la superficie. La

principal característica de este modelo es integrabilidad, permitiendo expresar el albedo en función de los tres parámetros iniciales y de dos nuevas funciones angulares calculables para cualquier ángulo cenital solar y de observación, y cualquier ángulo acimutal relativo. Para la obtención de los tres parámetros de los que depende el modelo, se ajustan los valores de radiación direccional medidos por el satélite previamente corregidos del efecto de la atmósfera. En caso de no disponer de suficientes valores despejados para un píxel durante un día, en la realización del ajuste se emplean los valores obtenidos de las imágenes mínimo calculadas en nuestro caso mediante 5 imágenes de canal visible para esa misma hora, en los días anteriores y posteriores al día de trabajo. En la figura 2 aparecen representados los valores medidos de reflectividad direccional y el ajuste resultante para un píxel de la zona de Castilla-La Mancha, que se encuentra despejado en todos los slots.

El resultado que se obtiene es el albedo de la superficie para cada imagen disponible del canal visible de Meteosat y, gracias a la aplicación del modelo de bidireccionalidad, el albedo estimado es un valor integrado angularmente e integrado en la banda espectral 0.3-1.1 μm . Para poder calcular el balance de radiación en toda la banda espectral solar debemos realizar el paso de este albedo en banda estrecha a banda ancha. Este cálculo se ha realizado para las condiciones de iluminación y observación de la zona piloto de estudio del proyecto EFEDA

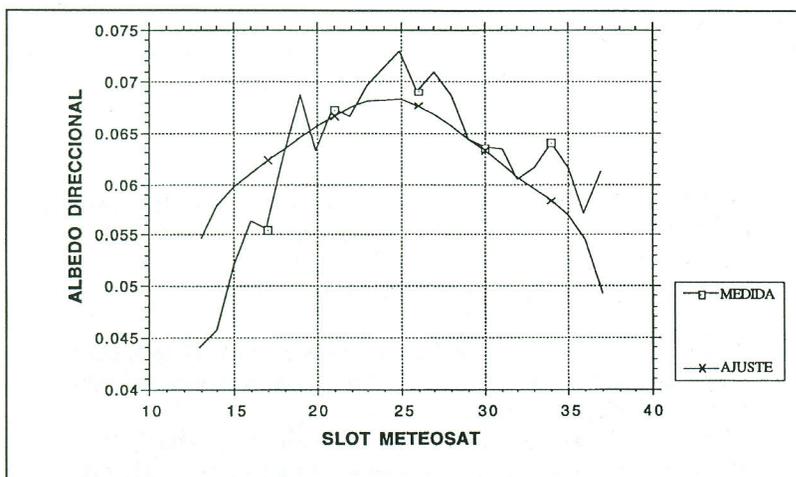


Figura 2.- Evolución del albedo direccional de una zona de Castilla-La Mancha, para el 23 de junio de 1991 (MEDIDA), frente al resultado de realizar el ajuste de estos datos según el modelo de Roujean (AJUSTE).

en Castilla-La Mancha para el 23 de junio de 1991 a las 14:30 T.U., empleando para ello la transformación espectral descrita por Valiente et al. (1995) que se obtuvo con el código 5S de transferencia radiativa aplicado sobre espectros de reflectividad de las superficies más representativas de la zona añadiendo así un carácter más realista a la simulación con el código.

De la ventana de trabajo se escogió una zona dentro de la península donde toda la superficie fuera de tierra. En esta zona y para la fecha indicada anteriormente se realizó la estimación del albedo en banda ancha, empleando este resultado para la obtención de la radiación solar neta.

3.- DATOS EMPLEADOS

Como ya se ha comentado anteriormente se han empleado los datos proporcionados por los canales visible e infrarrojo del satélite geoestacionario Meteosat. Si bien su resolución espacial es baja, del orden de $3.5 \times 3.5 \text{ km}^2$ en la zona de estudio, dada la alta resolución temporal, una imagen por banda cada media hora, el satélite Meteosat es de gran utilidad para realizar el seguimiento de la cubierta nubosa e incluir su efecto en la estimación del balance de radiación.

En este trabajo se han empleado las imágenes correspondientes a los slots 19, 25 y 31 de los días 11, 12, 28 y 29, y los comprendidos entre el 13 y 37 del día 23, todos ellos del mes de junio de 1991. La ventana completa de trabajo es de 400×800 píxeles, y está comprendida entre las latitudes $45.7\text{N}/33.5\text{N}$, y las longitudes $15.4\text{E}/7.5\text{W}$, de la que se ha extraído una zona dentro de la península, con sólo superficie de tierra, donde se aplicado el modelo de bidireccionalidad. Esta subventana interior está comprendida entre los vértices definidos por Orense y Cartagena. El intervalo temporal entre cada imagen es de media hora, finalizando la adquisición de cada slot a la hora resultante de la operación $\text{slot}/2 \text{ T.U.}$

Para poder evaluar los procesos tanto dispersivos como de absorción sufridos por la radiación en su paso a través de la atmósfera, mediante el uso de códigos de transferencia radiativa, necesitamos conocer la variabilidad tanto espacial como temporal de ciertos parámetros meteorológicos, en función de los que se parametrizan estos cálculos. Durante dicho mes de junio se llevó a cabo la campaña intensiva de medidas del proyecto EFEDA sobre Castilla-La Mancha (Bolle et al., 1993). De esta campaña se dispone de gran cantidad de medidas de radiación solar en superficie, así como de visibilidad horizontal, y cuatro radiosondeos diarios en tres lugares diferentes de La Mancha.

En el trabajo se han empleado los datos de visibilidad horizontal realizados por el I.N.M.(Instituto Nacional de Meteorología), así como los radiosondeos realizados por el I.N.M., la Universidad de Karlsruhe y el CNRM de Toulouse.

4.- RESULTADOS OBTENIDOS. CONCLUSIONES

Se ha obtenido una estimación de la variabilidad espacial y temporal de la irradiancia global cada media hora, calculando el valor acumulado diario para la ventana de trabajo, en la que queda incluida toda la Península Ibérica.

En cuanto al albedo, y por tanto a la estimación del balance de onda corta, los resultados obtenidos se limitan a la utilización de la relación empleada para la transformación espectral de banda estrecha a banda ancha que de momento es válida para superficie de tierra y para la hora en que se obtuvo. Trabajamos ahora en la ampliación y generalización de esta relación.

También se pretende potenciar el método empleando mapas que proporcionen la variabilidad espacial y temporal necesaria de los parámetros meteorológicos empleados como datos de entrada para el cálculo.

Es evidente que se tiene que considerar el efecto de la topografía como factor importante en el cálculo de la irradiación tanto directa como difusa. Asimismo, hay que incorporar el efecto topográfico sobre la variabilidad espacial de los parámetros meteorológicos empleados. Esto implica disponer de un modelo digital de terreno para toda la península a la escala óptima que permita estimar estos efectos.

5.- AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección General XII de la Comisión de la Unión Europea la realización de este trabajo primeramente en el marco del Programa EPOCH (Contract EPOCH-CT 90-0030) y después dentro del Proyecto "Desertification Processes in the Mediterranean Area and their Interlinks with Global Climate". El Grupo V de EFEDA (RESRAPs) Remote Sensing and Radiometric Properties of the Surface: Assessment of Desertification from Space desarrolla su trabajo de investigación bajo el Contrato EV5V-CT93-0284. En particular, uno de nosotros (J.C.F.) es becario de investigación de dicho Proyecto.

6.- BIBLIOGRAFIA

- Bolle, H.J., et al. 1993. EFEDA: European field experiment in a desertification-threatened area. *Ann. Geophysicae*, 11, 173-189.
- Kondratyev, K. 1969. Radiation in the Atmosphere, International Geophysics Series, Volume 12 (New York: Academic Press).
- Moreno, J.F. 1991. Discriminación y clasificación. Curso de Postgrado: "La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales. Recursos renovables: Agricultura."
- Roujean, J.L., Leroy, M. and Deschamps, P. 1992. A bidirectional reflectance model of the Earth's surface for the correction of remote sensing data. *Journal of Geophysical Research*, 97:D18,20, 455-20, 468.
- Tanre, D. et al. 1986. Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum (5S), User's Guide.
- Valiente, J.A., Nunez, M., López-Baeza, E., and Moreno, J.F. 1995. Narrow-band to broad-band conversion for Meteosat-visible channel and broad-band albedo using both AVHRR-1 and -2 channels. *Int. J. Remote Sensing*, vol. 16, no. 6, 1147-1166.