

RADIACION DE ONDA LARGA A PARTIR DE DATOS NOAA- AVHRR

E. Hurtado* y J.A. Sobrino **

ehurtado@pol-ab.uclm.es

* *Departamento de Física Aplicada.
Escuela Politécnica Superior de Albacete
Albacete 02071.*

***Departamento de Termodinámica. Facultad de
Físicas. Burjassot. Valencia 46100.*

Palabras Clave: Temperatura, Emisividad, Presión de vapor.

RESUMEN

Diferentes procedimientos para obtener la radiación neta de onda larga en Castilla-La Mancha, han sido evaluados en este trabajo, utilizando para ello datos experimentales de dicha magnitud.

A partir de los resultados obtenidos y como ejemplo de aplicación, hemos obtenido una imagen de radiación de onda larga de Castilla- La Mancha.

ABSTRACT

Different procedures to obtain the longwave net radiation have been analysed in this work, by using experimental data of this parameter.

From the obtained results and like an example of application, an image of longwave radiation of Castilla-la Mancha has been obtained.

INTRODUCCION

EL intercambio de energía y masa entre la atmósfera y la superficie terrestre es un tema de gran interés en Climatología.

La superficie terrestre, calentada por absorción de radiación solar es una fuente de radiación de onda larga, la cuál calienta la atmósfera. Aproximadamente alrededor del 80% de la emisión de la superficie terrestre es compensada por la re-

emisión de radiación desde la atmósfera. La diferencia entre la emisión de la superficie terrestre y la radiación emitida por la atmósfera es la radiación neta de onda larga, despreciando la radiación incidente de onda larga procedente del sol.

El balance de energía en la superficie terrestre es igual a la diferencia entre la radiación solar absorbida, la radiación neta de onda larga, el flujo de calor sensible y el flujo de calor latente en la superficie. El valor de la radiación neta de onda larga depende de la temperatura del aire, de la humedad, de la nubosidad y de los gradientes verticales de humedad y temperatura de la atmósfera. Debido a que las medidas de radiación neta de onda larga son poco habituales, este flujo se calcula normalmente a partir de ecuaciones que utilizan como parámetros de entrada temperatura superficial, temperatura del aire y presión de vapor.

La emisividad y la temperatura superficial, son parámetros fundamentales en la determinación de la radiación de onda larga emitida por la superficie terrestre.

El estudio de la variación espacial y temporal de la radiación de onda larga puede mejorar la estimación de los flujos que se obtienen a partir de la ecuación del balance de energía, como es el caso de la evapotranspiración.

METODOLOGIA

Determinación de la Ts.

La temperatura superficial se obtiene a partir de datos del sensor AVHRR situado a bordo de los satélites NOAA, utilizando un método split-window, que permite realizar, de forma simultánea, la corrección atmosférica y de emisividad:

$$T_s = T_i + A(T_i - T_j) + B_0 + (1 - \varepsilon)B_1 - \Delta\varepsilon B_2 \quad (1)$$

donde T_i y T_j son, respectivamente, las temperaturas radiométricas medidas en los canales i y j , (en nuestro caso los canales 4 y 5 del AVHRR), ε e $\Delta\varepsilon$ son, respectivamente la emisividad media y la variación espectral de la emisividad en ambos canales, y donde el resto de los coeficientes se optimizan para cada situación (Sobrino et al., 1996).

Para obtener la emisividad superficial, consideramos que una superficie dada está constituida por una mezcla de suelo y vegetación

$$\varepsilon = \varepsilon_v P_v + \varepsilon_g (1 - P_v) + d\varepsilon \quad (2)$$

donde ε_g y ε_v son las emisividades del suelo y la vegetación, P_v es la proporción de vegetación, y $d\varepsilon$ es un término que depende de las características de la superficie y que tiene en cuenta las reflexiones internas (efecto de cavidad). Para aplicar la ecuación (2) a los datos de satélite hemos utilizado la metodología propuesta por Kerr et al. (1992), en la que se determina la proporción de vegetación a partir del NDVI como $PV = (NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})$.

Determinación de la Radiación de onda larga.

La determinación de la radiación de onda larga a partir de parámetros de superficie se ha realizado desde hace mucho tiempo a partir de la diferencia entre la radiación descendente y ascendente $Q_{lo} = R_{ld} - R_{lu}$.

La radiación neta depende de la temperatura y humedad del aire, de la nubosidad y de la diferencia entre la temperatura superficial y del aire.

La temperatura del aire T_a puede obtenerse en función de la temperatura superficial mediante (Xue y Cracknell, 1995):

$$T_a = r(T_s - \langle T_s \rangle) + \langle T_a \rangle \quad (3)$$

donde r es un coeficiente de proporcionalidad igual a $\Delta T_s / \Delta T_a$, ΔT_s e ΔT_a son respectivamente el rango de variación diurno de T_s y T_a , para un valor dado de inercia térmica y albedo, $\langle T_s \rangle$ y $\langle T_a \rangle$ son respectivamente los valores medios de la temperatura superficial y del aire. Una limitación de la ecuación (3) es el hecho de que r cambia en función de las propiedades térmicas del suelo. Rápidos cambios en la inercia térmica del suelo dentro de una pequeña área, tendrán poca influencia en la temperatura local del aire.

Xue et al. (1998) hacen una revisión de los métodos universalmente aceptados para determinar la radiación de onda larga, a ellos nos referiremos utilizando su nomenclatura.

Xue y Cracknell (1995) realizando una expansión en serie de Taylor de la ecuación de Stephan-Boltzman y despreciando los términos de

orden igual o superior al segundo proponen determinar la radiación neta de onda larga a partir de la ecuación:

$$Q_{lo} = 4\varepsilon\sigma\tau(T_s - T_{sky}) \quad (4)$$

que denominaremos la fórmula PXC, y donde T_s es la temperatura superficial, ε la emisividad de la superficie, σ es la constante de Stephan-Boltzman ($= 5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$), y τ viene dado por:

$$\tau = (u + vT_a)^3 \quad (5)$$

donde T_a es la temperatura del aire, $u = -129.3$ y $v = 1.3879$.

La temperatura equivalente de la atmósfera, T_{sky} , es una función de la temperatura del aire, de la humedad relativa y de la presión de vapor, y puede ser obtenida mediante:

$$T_{sky} = \alpha T_a^{1.5} \quad (6)$$

donde α es una función de la temperatura del aire, de la humedad relativa y de la presión de vapor, dada por:

$$\alpha = \frac{(0.61 + 0.05 \sqrt{e(T_a) / 100})^{\frac{1}{4}}}{\sqrt{T_a}} \quad (7)$$

donde $e(T_a)$ es la presión de vapor.

Una formulación alternativa de la radiación neta de onda larga es propuesta por Oberhuber (1988):

$$Q_{lo} = \varepsilon_a^4 \left(0.39 - 0.05 \sqrt{\left(\frac{T_a}{100} \right)} \right) + 4\varepsilon_a^3 (T_s - T_a) \quad (8)$$

expresión a la que aludiremos como la fórmula de Oberhuber.

Por último consideraremos la expresión propuesta por Weels and King-Hele (1990):

$$Q_{lo} = \varepsilon_a^4 \left(0.39 - 0.05 \sqrt{\left(\frac{T_a}{100} \right)} \right) + \varepsilon_a^3 (T_s - T_a) \quad (9)$$

expresión a la que nos referiremos como la fórmula RWWK.

Para tener en cuenta el efecto de las nubes en la radiación neta de onda larga Weels and King-Hele (1990) proponen la ecuación :

$$Q_I = Q_{Io} (1 - BC) \tag{10}$$

donde C es la fracción de cobertura nubosa y B es un factor que depende del tipo de nube.

APLICACIÓN

En una primera fase hemos comparado datos experimentales de radiación neta de onda larga obtenidos en la estación de Las Tiesas (Albacete)

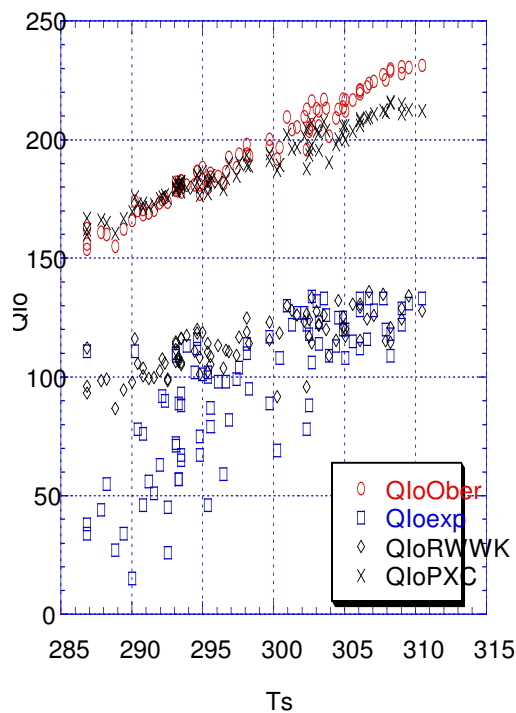


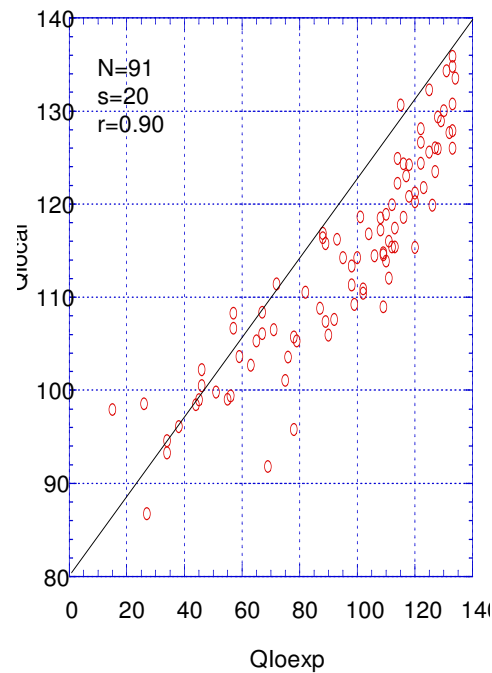
Figura 1.- Radiación neta de onda larga $Q_{lo\text{local}}$ (Wm^{-2}) frente a la temperatura superficial T_s (K)

durante los meses de Abril, Mayo y Junio de1996, con datos calculados mediante las ecuaciones (4) (8) (9).

Los resultados se muestran en la figura 1 en la que se representa la radiación de onda larga, Q_{lo} , frente a la temperatura superficial, T_s .

A partir de la figura 1 podemos ver como la fórmula RWWK es la que mejor se ajusta a los datos experimentales, mientras que las fórmulas de Oberhuber y PCX sobrestiman la radiación neta de onda larga.

El mayor grado de acuerdo se produce para un intervalo de temperatura superficial comprendido entre 295 y 310 K. El peor comportamiento para temperaturas inferiores a 295K puede explicarse debido a que los efectos de la cobertura nubosa no se



han tenido en cuenta.

Figura 2.- Valores de radiación neta de onda larga calculados mediante la fórmula RWWK $Q_{lo\text{local}}$ (Wm^{-2}) frente a los valores experimentales $Q_{lo\text{exp}}$ (Wm^{-2})

datos necesarios para la realización de este trabajo.

En la figura 2 podemos comprobar el grado de acuerdo entre los valores de radiación neta experimentales y los calculados mediante la fórmula RWWK.

El error de estimación es de 20Wm^{-2} , lo que supone un error relativo en torno al 20%. Como ejemplo de aplicación de esta metodología una imagen de radiación neta de Castilla-La Mancha, correspondiente al 30 de Mayo de 1996 ha sido obtenida.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por (Xue et al.,1998), en el Reino Unido, en condiciones de mayor humedad relativa que las que se producen habitualmente en Castilla-La Mancha durante la primavera.

BIBLIOGRAFIA

Kerr, Y.H. , Lagouarde, J.P. and Imbernon, J., 1992. "Accurate land surface temperature retrieval from AVHRR data with use of an improved split window algorithm". Remote Sensing of Environment, 41, 197-209.

Sobrino, J.A., Li,Z.L., Stoll, M.P. and Becker F.,1996. "Multi-channel and multi-angle algorithms for estimating sea and land surface temperature with ATSR data". International Journal of Remote Sensing,11,2089-2114.

Xue, Y. and Cracknell,A. P. 1995. "Advanced thermal inertia modelling". International Journal of Remote Sensing, 16, 431-446.

Xue, Y., Lawrence, S.P., Llewellyn-Jones, D.T. and C.T. Mutlow. 1998. "On the Earth's surface energy exchange determination from ERS satellite ATSR data. Part I: Long-wave radiation". International Journal of Remote Sensing, 13, 2561-2583.

Wells, N.C. and King-Hele,S.,1990. Parametrization of tropical ocean heat flux. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 116, 1213-1224.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su gratitud a la C.I.C.Y.T. (proyecto No. CLI96-2801), y al I.T.A.P. de Albacete por haber suministrado los

