

ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN A PARTIR DE IMÁGENES DE SATELITE NOAA-AVHRR Y METEOSAT

C. Escribano-Villa (*), J.L. Casanova (*) y J.A. Delgado (*)
Carlos@fa1.cie.uva.es

(*)Departamento de Física Aplicada I,
Laboratorio de Teledetección (LATUV)
Facultad de ciencias, Universidad de Valladolid

RESUMEN

En este trabajo se presenta el resultado de la estimación de la evapotranspiración por medio de un modelo de balance de energía. La estimación se ha realizado para una misma localidad durante un período de tiempo de cuatro meses. Este método permite estimar la evapotranspiración solamente a partir de imágenes NOAA-AVHRR y Meteosat. Los resultados obtenidos presentan una buena correlación con los valores de evapotranspiración de referencia obtenidos por distintos métodos empíricos.

ABSTRACT

In this paper we present the result of the evapotranspiration estimation by means of an energy balance model. The estimation has been performed for the same site during a four month period of time. This method allows to estimate the evapotranspiration only from NOAA-AVHRR and Meteosat images. A good correlation between the estimated satellite values and those calculated by different empirical methods were obtained.

Palabras clave: evapotranspiración, teledetección, satélite, NOAA-AVHRR, Meteosat.

INTRODUCCIÓN

Se suele estimar que el clima es uno de los factores más importantes que determinan el volumen de las pérdidas de agua por evapotranspiración (ET) de los cultivos. A lo largo de las últimas décadas han sido desarrollados multitud de modelos empíricos que intentan simplificar las complejas interacciones suelo-planta-atmósfera que ocurren en la superficie de la tierra. El estudio de la influencia de los procesos biofísicos en la circulación atmosférica, lluvias, y balances de energía de la superficie es una disciplina relativamente nueva y rápidamente desarrollada (Ookouchi et al., 1984; Rabin et al., 1990). Debido a que los modelos de pronóstico y diagnóstico requieren información detallada de las características superficiales y, teniendo en cuenta, que esto sería imposible de obtener mediante instrumentos terrestres, es de gran utilidad investigar formas de combinar los datos procedentes de los satélites con datos superficiales puntuales y modelos biofísicos, para simular procesos de la superficie terrestre, como es el caso de la evapotranspiración (Smith et al., 1992).

La representación de la ET actual en mapas es de gran interés desde el punto de vista agronómico, permitiendo satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos y calcular consumos de agua a nivel regional. Hasta hoy, el único medio práctico para la representación de la ET en mapas a escalas regional y local, es el empleo de imágenes multispectrales de los satélites. La fuerte

dependencia entre la temperatura superficial (T_s) y la evaporación, hace que las imágenes térmicas de los satélites meteorológicos (NOAA-AVHRR) sean adecuadas para un buen mapeo de la ET (Lagouarde, 1991). Además, la alta frecuencia de observación de estos satélites garantiza la posibilidad de llevar a cabo un seguimiento diario de la misma.

Muchos estudios se han enfocado hacia la correlación entre la T_s y las medidas de ciertos índices de vegetación obtenidos por teledetección, como el Índice de la Diferencia Normalizada de la Vegetación (NDVI) (Nemani y Running, 1989; Hope y McDowell, 1992; Moran *et al.*, 1994). Una hipótesis que explica esta correlación es que la relación entre la T_s y el NDVI es un indicador de la evaporación de las plantas. Sin embargo, los métodos desarrollados hasta ahora requieren la aportación de datos obtenidos mediante estaciones meteorológicas, por lo que la realización de mapas de ET se ve limitada a la disponibilidad espacial de éstos.

Hasta ahora, los distintos métodos de estimación de la ET se basaban en el método desarrollado por Jackson et al. en 1977 y posteriormente por Itier y Riou en 1982, Seguin e Itier en 1983, Nieuwenhuis et al. en 1985, y posteriormente modificado por Carlson et al. en 1995, cuya expresión matemática es:

$$Rn_{24} - ET_{24} = B * (T_{s13} - T_{a13})^n$$

Donde ET_{24} es la evapotranspiración diaria (mm), Rn_{24} es la radiación neta diaria (mm), T_{s13} y T_{a13} son la temperatura superficial (K) y la temperatura del aire (K) a hora de paso del satélite (aproximadamente a las 13 h), y B y n son dos coeficientes que dependen de la cantidad de cubierta vegetal, la velocidad del viento y la rugosidad de la superficie. Estos métodos requerían, además de las imágenes de satélite, ciertos datos meteorológicos como la temperatura del aire, o la radiación neta.

El método que se ha presenta en este trabajo permite, a diferencia de los anteriores, estimar la ET a partir de, imágenes NOAA-AVHRR y Meteosat, sin necesidad de recurrir a datos meteorológicos. Este aspecto facilita la estimación y la realización de mapas de la misma con mayor rapidez que los anteriores.

MATERIALES Y MÉTODOS

La estimación de la ET se ha realizado para la finca de Investigaciones Agrarias Zamadueñas, (Valladolid), localizada a $41^{\circ} 42'$ de latitud norte y $4^{\circ} 42'$ de longitud. En dicha finca se dispone de una estación meteorológica automática de la que se han obtenido los datos correspondientes a la temperatura del aire y radiación global para posteriores correlaciones con las estimadas por satélite. Las estimaciones de ET han sido temporales, correspondiendo a las de los meses de marzo a agosto de 1994.

La metodología seguida en este trabajo se ha basado en la ecuación anterior, de manera que cada uno de los componentes de la ecuación se ha estimado por métodos desarrollados previamente por distintos autores. Así, la temperatura superficial se ha obtenido a partir de las imágenes térmicas del NOAA-AVHRR. Estas imágenes han sido previamente calibradas y corregidas geográfica y radiométricamente, además de haber sido eliminados los píxeles contaminados por nubes, siguiendo un procedimiento propio del LATUV que funciona en base a valores umbrales específicos para cada región española. La técnica empleada para el cálculo de la T_s se basa en la clásica ecuación de split-window:

$$T_s = T_a + E(T_a - T_5) + F$$

Donde E tiene en cuenta el contenido de vapor de agua de la atmósfera, y F depende las emisividades de la superficie en ambos canales, y en atenuación de los gases y aerosoles. Coll et al. (1993) propusieron las siguientes expresiones para los parámetros E y F :

$$E = 1 + 0.58(T_4 - T_5)$$

$$F = \alpha + 45(1 - \epsilon_4) - \beta \Delta \epsilon$$

Donde ϵ_4 es la emisividad en el canal 4, $\Delta \epsilon$ es la diferencia de la emisividad de los canales 4 y 5, α y β son parámetros que decrecen con el vapor de agua atmosférico, pero pueden ser estimados para cada situación climática, pudiéndose tomar como $\alpha(\beta)$ valores de $-0.06(73)$ Y $0.44(145)$ para verano e invierno, respectivamente, en latitudes medias.

A partir de las imágenes correspondientes de T_s y del Índice Normalizado De Vegetación (NDVI) se procedió a estimar la temperatura del aire (T_a), mediante la aplicación del algoritmo desarrollado por Ramakrishna-Namani (1993).

El cálculo de la radiación neta diaria se ha hecho a partir de la estimación de cada uno de sus componentes según el método aplicado por Goodin (1995):

$$Rn = (1 - \alpha)Rg + \sigma \epsilon_s (\epsilon_a T_a^4 - T_s^4)$$

Donde Rg es la radiación global (w/m^2), α el albedo, σ la constante de Stefan-Boltzman, ϵ_s y ϵ_a la emisividad de la superficie y del aire respectivamente, T_a y T_s las temperaturas del aire y de la superficie respectivamente (K). La Rg se ha obtenido aplicando un modelo desarrollado por el propio LATUV a partir de las imágenes del satélite meteorológico METEOSAT. Este método permite una estimación con una precisión del 10%. El albedo se ha obtenido a partir de la media de los albedos de los canales 1 y 2 de las imágenes compuestas, para cada canal, por el albedo mínimo de las imágenes NOAA-AVHRR de 10 días.

Por último, los coeficientes B y n pueden ser estimados según el método propuesto por Carlson (1995), en función de la fracción de cubierta vegetal (Fr) o del NDVI escalado (N^*), ya que $Fr = (N^*)^2$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se presentan a continuación se refieren a las correlaciones temporales existentes entre los valores de las variables estimadas por los métodos citados en el apartado anterior y los correspondientes medidos en la estación meteorológica. Las estimaciones corresponden a días claros, sin presencia de nubes y

con escaso viento, comprendidos entre marzo y agosto de 1994.

Debido a que no se disponía de datos medidos de ET en campo, se ha procedido a correlacionarlos con los valores correspondientes de la evapotranspiración de referencia (ET_0) estimados por distintos métodos empíricos. En principio estos valores no tienen por qué coincidir ya que la ET real es igual a la ET_0 afectada por un coeficiente de cultivo (K_c), que depende del estado fenológico del mismo. En este caso concreto, debido a la baja resolución espacial de las imágenes del NOAA-AVHRR, y la gran variedad de cultivos existentes en la zona, no se ha podido aplicar ningún coeficiente, por lo que los valores de la ET estimada por satélite y los estimados por Penman-Monteith, sufren ciertas desviaciones en determinadas épocas del período estimado (figura 1).

En la tabla 1 se muestran las pendientes y el coeficiente de correlación correspondientes a los valores estimados por satélite de la ET y los de las ET_0 estimados por otros métodos empíricos. En general puede apreciarse una correlación alta con todos ellos.

En general, este método parece adecuado para la representación diaria de la ET en mapas, si bien sería necesario correlacionar los datos obtenidos con valores reales de ET medidos en campo. A pesar de la baja resolución espacial de estos satélites meteorológicos, las imágenes de éstos pueden ser combinadas con imágenes procedentes de otros satélites con mayor resolución espacial, permitiendo así obtener la ET de los cultivos.

MÉTODO	m	r ²
Penman original	0.76	0.82
Penman/Monteith	0.74	0.78
FAO corregido	0.94	0.80
Priestley/Taylor	0.69	0.80
Jensen/Haise	0.68	0.45
FAO radiación	0.95	0.81
FAO Blaney/Criddle	0.94	0.73
SCS Blaney/Criddle	0.60	0.53
Hargreaves	0.78	0.71
FAO tanque	0.62	0.65

Tabla 1.- Valor de la pendiente y coeficiente de correlación entre la ET estimada del satélite y las ET_0 estimadas por distintos métodos empíricos.

Por otro lado, una desventaja de este método está en que es sólo válido para días claros y sin excesivo viento, factor este último que influye considerablemente en la ET, y que no puede estimarse con esta metodología. Resultados semejantes fueron encontrados por Seguin et al. (1983), en los que se demuestra que la idea de relacionar la ET diaria con la T_s y otros parámetros, correspondientes a la hora de paso del satélite, está bien fundada.

CONCLUSIÓN

Los datos obtenidos por este método están dentro de un rango de valores lógicos, que presentan además buena correlación con las ET_0 obtenidas por métodos empíricos. Aunque el método requiere ser perfeccionado parece ser adecuado para la obtención de mapas de ET solo a partir de imágenes de satélite, sin necesidad de recurrir a datos meteorológicos.

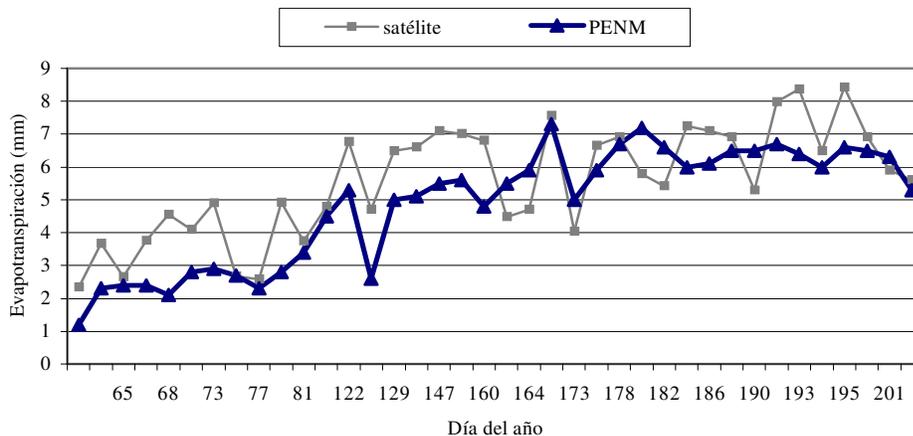


Figura 1.- Evolución temporal de la ET estimada del satélite y la ET_0 estimada por Penman-Monteith.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al Servicio de Investigación, Desarrollo y Tecnología Agraria de la Junta de Castilla y León, la cesión de los datos meteorológicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Carlson, T.N., Capehart, W.J. and Gillies, R.R., 1995. A new look at the simplified method for remote sensing of daily evapotranspiration. *Remote Sens. Environ.* 54:161-167.
- Coll, C., Caselles, V., Sobrino, J.A., y Valor, E., 1993. On the atmospheric dependence of split window equation for land surface temperature. *Int. J. Remote Sensing*
- Goodin, D. G., 1995. Evaluation of a combined modelling-remote sensing method for estimating net radiation in a wetland: a case study in the Nebraska Sand Hills, U.S.A. *Int. J. Rem. Sens.*, 16:1481-1494.
- Hope, A.S., McDowell, T.P., 1994. The relationship between surface temperature and a spectral vegetation index of a tallgrass prairie: effects of burning and other landscape controls. *International Journal of Remote Sensing*, 13, 2849-2863.
- Itier, B., Riou, C., 1982. Une nouvelle methode de determination de l'évapotranspiration réelle par thermographie infrarouge. *J. Rech. Atmos.* 16:113-125.
- Jackson, R.D., Reginato, R.J., Idso, S.B., 1977. Wheat canopy temperature: a practical tool for evaluating water requirements. *Water Resour. Res.* 13:651-656.
- Lagouarde, J.P., 1991. Use of NOAA AVHRR data combined with an agrometeorological model for evaporation mapping. *Int. J. Remote Sensing*, Vol. 12, NO. 9, 1853-1864.
- Moran, M.S., Clarke, T.R., Inoue, Y., Vidal, A., 1994. Estimating crop water deficit using the relation between surface-air temperature and spectral vegetation index. *Remote Sensing of environment*, 49, 246-263.
- Nemani, R.R., and Running, S.W., 1989. Estimating regional surface resistance to evapotranspiration from NDVI and Thermal-IR AVHRR data. *Journal of Applied Meteorology*, 28, 276-284.
- Nieuwenhuis, G. J. A., Schmidt, E. A., y Tunnissen, H.A.M., 1985. Estimation of regional evapotranspiration of arable crops from thermal infrared images. *J.Rem. Sens.* 6:1319-1334.
- Ookouchi, Y., M. Segal, R.C. Kessler, R.A. Pielke, 1984. Evaluation of soil moisture effects on the generation and modification of mesoscale circulations. *Mon. Weather Rev.*, 112, 2281-2292.
- Rabin, R. M., Stadler, S., Wetzel, P. J., Stensrud, D. J., Gregory, M., 1990. Observed effects of landscape variability on convective clouds. *Bull Am. Meteorol. Soc.*, 71, 272-280.
- Ramakrishna R. N. Lars, P. and Steven W. R. 1993. Developing satellite-derived estimates of surface moisture status. *Journal of applied meteorology.* 32:548-557.
- Seguin, B., Itier, B., 1993. Using midday surface temperature to estimate daily evaporation from satellite thermal IR data. *Int. J. Remote Sens.* 4:371-383.
- Smith, E. A., Crosson, W. L., Tanner, D. B., 1992. Estimation of surface heat and moisture fluxes over a prairie grassland. In situ energy budget measurements incorporating a cooled mirror dew point hygrometer. *Journal of geophysical research*, Vol. 97, NO. D17, 18557-18582, November 30.