

Sensitivity to the Priestley-Taylor coefficient in the estimation of crop ET by remote sensing

Sensibilidad al coeficiente de Priestley-Taylor en la estimación de ET del cultivo mediante satélite

J. A. Martínez-Pérez^{1*}, S. García-Galiano², A. Baille³

¹ Universidad Politécnica de Cartagena-UPCT, Grupo de I+D Gestión de Recursos Hídricos, Paseo Alfonso XIII, 52. 30203 Cartagena.

² Universidad Politécnica de Cartagena-UPCT, Grupo de I+D Gestión de Recursos Hídricos, Paseo Alfonso XIII, 52. 30203 Cartagena.

³ Universidad Politécnica de Cartagena-UPCT, Departamento de Ingeniería de Alimentos y del Equipamiento Agrícola. P. Alfonso XIII, 48. 30203 Cartagena.

* joseangel.martinez@upct.es

Abstract

From a graphical method based on the Priestley-Taylor (PT) equation, the actual ET is assessed, where dry soil and non-limiting water conditions are defined by surface temperature (LST) and vegetation index (VI), both variables obtained with remote sensing. Using flux towers measurements and Landsat 5TM images for the period 2009-11 a sensitivity analysis is performed with respect to the value of the coefficient of PT, α . The results of the validation with respect to the ground true were satisfactory, with a ~10% error and a better fit of α close to 1, a value different from the one generally used of 1.27, which could be a source of error, highlighting the importance of a mayor knowledge of the real value of α .

Keywords: Semiarid areas; sensitivity analysis; Landsat; actual evapotranspiration; irrigation water applied.

Resumen

A partir de un enfoque gráfico basado en la ecuación la Priestley-Taylor (PT) se determina la ET real mediante satélite, donde las condiciones de suelo seco y las condiciones no limitantes de agua se definen mediante la temperatura superficial (LST) y el índice de vegetación (VI), variables obtenidas desde teledetección. Usando mediciones de torre de flujo e imágenes Landsat 5TM para el período 2009-11 se realiza un análisis de sensibilidad con respecto al valor del coeficiente de PT, α . Los resultados de la validación respecto a la realidad terreno fueron satisfactorios, con un error ~10% y un mejor ajuste de α cercano a 1. Se resalta que este valor es diferente del generalmente usado 1,27, subrayando la importancia de un conocimiento más preciso del valor real de α .

Palabras clave: zonas semiáridas; análisis de sensibilidad; Landsat; evapotranspiración real; aplicación de agua de riego.

1. INTRODUCCIÓN

[1] propusieron un algoritmo gráfico para la estimación de la evapotranspiración real (ET_{real}), basado en la interpretación del espacio LST vs NDVI, cuyos límites pueden ser interpretados en términos de límites evaporativos: ET nula o límite superior (borde 'seco' o 'cálido' edge), y el inferior (borde 'húmedo' or 'frío') que representa el máximo de ET en la región. Un supuesto comúnmente empleado es que los píxeles del borde húmedo corresponden a áreas con igual ET a la 'Evaporación húmeda' (E_w), definida como la evaporación de una superficie bien húmeda bajo condiciones de advección regional mínima [2], como sigue:

$$\lambda E_w = \alpha \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right] (R_n - G) \quad (1)$$

siendo Δ (Pa K⁻¹) la pendiente de la curva de presión de vapor de saturación, γ la constante psicométrica (Pa K⁻¹), R_n la radiación neta, G el flujo del calor del suelo, y α el coeficiente de Priestley-Taylor.

Una de las principales incertidumbres de este método radica en el valor real de α . Un valor comúnmente aceptado es 1,27 que, sin embargo, se sabe que depende de las características y cobertura de la vegetación. En particular, [3] encontró que α podía variar en un rango entre 0.9 a 1.5 dependiendo, entre otros factores, de la resistencia a la transferencia de vapor de agua de la superficie vegetal. Sin embargo, este valor podría presentar variaciones sistemáticas con el tiempo del día y la estación del año [3], y con el contenido de humedad del suelo [4].

Por este motivo, es primordial evaluar la sensibilidad del coeficiente para aumentar la exactitud en estimación de las distribuciones espaciales de ET. Para alcanzar este objetivo, se han utilizado varias imágenes Landsat TM (Thematic Mapper) del periodo 2009-2011, así como también torres de medidas de flujo o verdad-terreno en una zona regada del Campo del Cartagena (Sureste de España).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

Para la validación de la herramienta, se han utilizado medidas de ET_{real} llevadas a cabo en dos fincas comerciales de naranjos, situadas en el Campo de Cartagena (Murcia), y equipadas con torres de medida de flujos que permiten registrar la ET con la técnica de covarianza de remolinos (eddy-covariance), además de medir otras variables de superficie.

La información satelital empleada consiste en 11 imágenes Landsat 5TM, tomadas entre 2009 y 2011, a las que se han aplicado correcciones radiométricas. Se ha trabajado con el producto MOD05 L2 de TERRA MODIS, necesario para la corrección por vapor de agua atmosférico, y con imágenes de turbidez atmosférica para el cálculo de la radiación solar incidente.

Además, se han descargado datos de temperatura del aire desde estaciones agrometeorológicas, lo que ha permitido el cálculo de la temperatura instantánea al momento de paso del satélite.

2.2 Algoritmo para el cálculo de ET_{real}

Una vez determinadas las rectas que definen las condiciones de suelo seco (borde seco), y condiciones no limitantes de agua (borde húmedo), se ha deducido por interpolación el parámetro α de la fórmula de Priestley-Taylor. De este modo, la Ecuación (1) quedaría representada por la siguiente ecuación:

$$\lambda ET = \phi \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right] (R_n - G) \quad (2)$$

De donde ϕ se obtiene con la relación siguiente:

$$\phi = \phi_{\max} \frac{DT_{\max} - DT_{\text{obs}}}{DT_{\max} - DT_{\min}} \quad (3)$$

Siendo $DT = LST - T_a$, aplicando la corrección propuesta por [5] para tener en cuenta la variabilidad espacial de la temperatura del aire. Se ha utilizado la diferencia de temperatura.

Por lo tanto, la radiación neta se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$R_n = (1-a) \cdot R_s + L_d - L_{\text{up}} \quad (4)$$

Donde R_s constituye la radiación de onda corta incidente calculada según [6], a es el albedo, y L_d and L_{up} corresponden a la radiación de onda larga incidente y emitida respectivamente, calculadas según [7]. El flujo de calor por conducción G a la interfase superficie/atmósfera se ha calculado según [8], considerando que G es proporcional a R_n ; ($G = \alpha R_n$) y que α es una función lineal de EF ($\alpha = a + bEF$, con $a = 0,22$ y $b = -0,23$).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para identificar el valor adecuado de α en el área de estudio se varía α en un rango entre 0,7 y 1,3, con incrementos de 0,1, para identificar el mínimo valor del Error Medio Cuadrático (RMSE) entre valores estimados y observados de ET. Los resultados demostraron que, para ambas parcelas, el RMSE fue mínimo para valores de α cercanos a 1.1 (Figura 1). Si se comparan los errores entre $\alpha = 1$ y $\alpha = 1,3$ (Tabla 1), el valor de $\alpha = 1$ presenta menores valores de errores respecto al valor de $\alpha = 1,3$, como muestra la Tabla 1. Esto demuestra que el valor del parámetro α tiene importante influencia sobre ET.

De acuerdo a los resultados obtenidos, un valor cercano a $\alpha = 1$ puede explicarse por el hecho de que la mayor parte del borde húmedo del espacio $LST-NDVI$ corresponde a cultivos de regadío, que en la zona son cítricos y cultivos hortícolas con bastante elevada resistencia a la transferencia de vapor agua (r_s). [3] demostró que el control de evaporación en tierras con vegetación depende fuertemente de las características fisiológicas de la vegetación, en particular del valor de la superficie de la resistencia, r_s . Igualmente mostró que el valor α en el momento del paso del satélite (entre las 10 y 11 p.m.) es cercano a 1 cuando r_s es del rango de 150 a 250 s/m, que es del orden de magnitud de r_s para cítricos como los de la zona de estudio.

4. CONCLUSIONES

El estudio pone de relieve la importancia de un conocimiento más preciso del coeficiente PT para el cálculo de la ET real. Una estimación razonable de α podría hacerse recogiendo información del tipo de vegetación o cultivos, y la superficie de resistencia, por ejemplo, con mapas de uso de suelo. A partir del conocimiento de r_s media, un valor medio del valor de α podría ser calculado y utilizarse como un valor más realista del coeficiente PT para el cálculo de ETreal.

5. AGRADECIMIENTOS

Se agradece la financiación recibida de los siguientes proyectos de I+D: EC-DG ENV ref. 241559. REDSIM, EU FP7-245159 SIRRIMED, y CGL2012-39895-C02-01 HYDROCLIM.

6. REFERENCIAS

- [1] Jiang L., Islam S., 2001. Estimation of surface evaporation map over southern GreatPlains using remote sensing data. *Water Resour. Res.* 37(2): 329-340.
- [2] Priestley C.H.B., Taylor R.J. 1972. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Mon Weather Rev.* 100: 81-92.
- [3] De Bruin H. 1983. A Model for the Priestley-Taylor Parameter α . *J. Clim. Appl. Meteorol.* 22: 572-578.
- [4] Davies J.A., Allen C.D. 1973. Equilibrium, potential and actual evaporation from cropped surface in southern Ontario. *J. App. Meteorol.* 12: 649-657.
- [5] Kalma J.D., McVicar T.R., McCabe M.F. 2008. Estimating land surface evaporation: a review of methods using remotely sensed surface temperature data. *Surv. Geophys.* 29: 421-469.
- [6] Hofierka J, Suri M. 2002. The solar radiation model for Open source GIS: implementation and applications. *Proceedings of the Open source GIS - GRASS users conference 2002 - Trento, Italy, 11-13 September.* Available in <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.19.9831&rep=rep1&type=pdf> (accessed on 23 12 2016)
- [7] Xiong Y.J., Qiu G.Y., 2014. Simplifying the revised three-temperature model for remotely estimating regional evapotranspiration and its application to a semi-arid steppe. *Int. J. Remote Sens.* 35(6): 2003-2027.
- [8] Tanguy M., Baille A., González-Real M., Lloyd C., Cappelaere B., Kergoat L., Cohard J. 2012. A new parameterisation scheme of ground heat flux for land surface flux retrieval from MODIS products. *J. Hydrol.* 454-455: 113-122

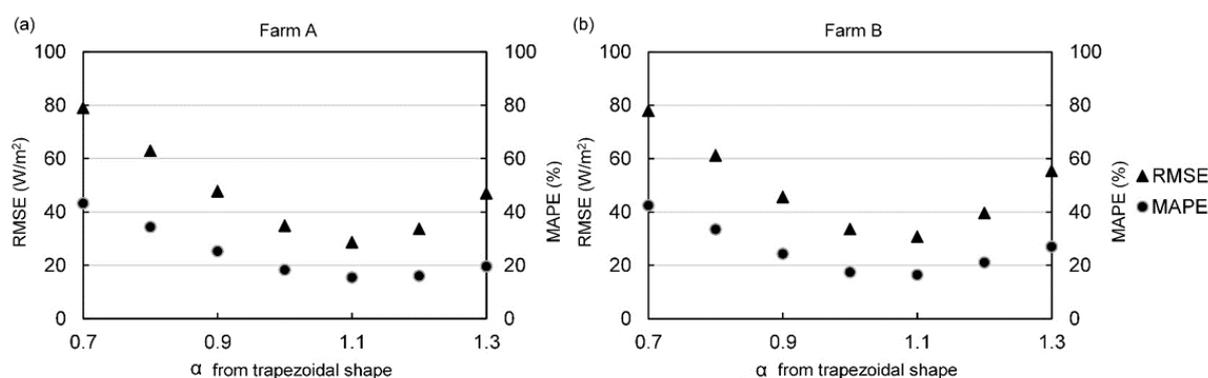


Figura 1. Evolución de del Error Medio Cuadrático y Error Medio Porcentual Absoluto

Tabla 1. Errores en la evaluación de ET

	Parcela	Error Medio cuadrático (W/m ²)	Error absoluto medio (W/m ²)	Error medio porcentual absoluto (%)
$\alpha=1.3$	A	47,0	37,3	19,6
	B	55,3	50,6	27,0
$\alpha=1$	A	34,9	29,8	18,3
	B	33,6	26,4	17,4