

ESTIMACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION EN EL POLIGONO DE REGADIO DE FLUMEN (HUESCA)

M.M. Artigao Castillo, E. Hurtado Santón

*Departamento de Física Aplicada. Escuela Universitaria Politécnica de Albacete.
Universidad de Castilla-La Mancha. 02071 Albacete. Tf. (967) 599200. Fax (967)599224*

V. Caselles Miralles

*Departamento de Termodinámica. Facultad de Física. Universidad de Valencia. 46100
Burjassot. Tf (96) 3865000. Fax (96) 3642345*

A. Casterad Seral, A. Martínez Cob

*Servicio de Investigación Agraria. Diputación General de Aragón. Aptdo 727. 50080
Zaragoza. Tf (976) 576411. Fax (976) 575501. e-mail: tele @ mizar.csic.es*

RESUMEN.- En el presente trabajo se realiza una estimación de la evapotranspiración en el polígono de regadío de Flumen (Huesca). Para ello se ha utilizado la combinación de imágenes Landsat TM y NOAA-AVHRR; de las imágenes TM obtenemos una clasificación de la zona, mientras que de las NOAA se obtiene la temperatura aplicando un modelo split-window adecuado a dicha zona.

ABSTRACT.- An estimation of the evapotranspiration in the irrigated area of Flumen (Huesca, Spain) is made in this paper. With this aim we have combined Landsat TM and NOAA-AVHRR data. The first one for obtaining a crop map by means of an automatic classification and the second one for getting a surface temperature map by using a split-window equation

1.- INTRODUCCION

La evapotranspiración es un término en el balance de agua especialmente importante tanto en el establecimiento de los recursos de agua para cultivos de regadío como por el interés que se desprende de su conocimiento en cultivos de secano. Este interés se acentúa en regiones áridas y semiáridas (Steward et al, 1983).

En la última década se han desarrollado diversos modelos para estimar la ET real cuyo principal objetivo es el conocimiento del intercambio de agua entre el suelo y la atmósfera (Shuttleworth, 1991).

El modelo que se propone en este trabajo se basa en la relación

$$ET = ET_m - B(T_s - T_{sm}) \quad (1)$$

donde ET es la evapotranspiración real, ET_m la evapotranspiración máxima obtenida a partir de datos de campo, T_s la temperatura superficial, T_{sm} la temperatura superficial mínima, que corresponde al punto que más está evapotranspirando y B un coeficiente semiempírico que es característica de cada cultivo. El modelo combina imágenes térmicas obtenidas a partir del

sensor AVHRR a bordo del satélite NOAA aplicando un modelo split-window, con mapas de cultivos elaborados mediante la clasificación de imágenes Landsat TM.

En este trabajo hemos aplicado el modelo dado por la ecuación (1) y que fue validado en la zona de Barrax (Albacete) a un área de características similares a la anterior, por los tipos de cultivos existentes como es la zona de regadío de Flumen (Huesca). La diferencia que existe entre ambas zonas es que en esta última la distribución de los cultivos no es tan homogénea como en Barrax, por lo que la dependencia del modelo con dicha distribución es más notable.

La fecha elegida para el estudio fue el 26 de mayo de 1991, por ser una fecha en la que los cultivos existentes son más parecidos a los de la zona donde fue validado el modelo.

2.- METODOLOGIA

La estimación de la ET real a través de la ecuación (1) implica el conocimiento, por un lado, de la ET máxima, que se determina a partir de la evapotranspiración potencial teniendo en cuenta que ambas están relacionadas mediante la expresión (Doorembos y Pruitt, 1980)

$$ET_m = K_c ET_o \quad (2)$$

donde K_c es un coeficiente característico de cada cultivo y que se calcula por el procedimiento descrito en Cuenca (1989). Por su parte la ET_o se calculó con el método Wright-Penman (Wright, 1982; Cuenca, 1989; Faci et al, 1994) a partir de datos meteorológicos registrados en la estación de Sariñena (Huesca) como son la temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar, etc. Dicho método se escogió por ser el de mejores resultados comparado con la ET_o medida en lisímetros. La ET_o se calculó para todos los días incluidos en el periodo de diciembre de 1990 a agosto de 1991 ya que la determinación de los coeficientes de cultivos precisan en algunos casos el conocimiento de la ET_o promedio durante periodos concretos. Con estos datos en valor obtenido para la ET_o fue de 5.3 mm/día.

Para determinar los coeficientes de cultivo se siguió el procedimiento descrito en Cuenca (1989) según el cual, el ciclo de un cultivo se divide en cuatro fases: a) inicial: siembra a cobertura de un 10% aproximadamente, b) desarrollo: fin de la fase inicial hasta cobertura efectiva (70-80%), c) fase intermedia: desde cobertura efectiva hasta el inicio de la senescencia y d) maduración: fin de la fase intermedia hasta madurez fisiológica.

Las tablas I y II muestran los valores de las variables meteorológicas utilizadas para el cálculo de ET_o y de los coeficientes de cultivo así como los resultados obtenidos. Conocida la ET_m y asignando a cada cultivo un coeficiente característico B, únicamente queda elaborar un mapa de cultivos mediante la clasificación de una imagen Landsat correspondiente a la fecha de estudio y calcular la temperatura a partir de una imagen NOAA-AVHRR. De esta forma, y aplicando el modelo a cada cultivo por separado se pueden elaborar mapas de ET real, uno por cada imagen NOAA de que se disponga.

3.- RESULTADOS

La aplicación del modelo se hizo de forma sistemática para cada uno de los cultivos cuyo coeficiente B era conocido. En el caso del polígono de Flumen estos cultivos fueron trigo, cebada, alfalfa y barbecho. El coeficiente B para el maíz también es conocido, pero en esta época del año está tan bajo que no es aplicable dicho coeficiente, por lo que decidimos ignorarlo.

	26/05/91
T _{max} (°C)	26.2
T _{min} (°C)	10.2
Horas sol ^l	0.90
Viento (m/s)	1.7
T _{rocío} (°C)	10.4
Hum _{relmin} (%)	31
ET _o (mm/día)	5.3

Tabla I.- Variables utilizadas para el cálculo de ET_o

	K _c	ET _m (mm/día)
Trigo	1.10	5.8
Cebada	0.80	4.2
Maíz	0.55	2.9
Alfalfa	0.88	4.7
Suelo desnudo	0.47	2.5
Girasol	0.57	3.0

Tabla II.- Valores obtenidos de K_c ET_m

La asignación de los coeficientes B se hizo a partir de una imagen Landsat a la que se le aplicó una clasificación automática y multitemporal. El resultado de esta clasificación se muestra en la figura 1.

La temperatura se calculó aplicando un modelo split-window basado en la ecuación

$$T = T_4 + A(T_4 - T_5) + \Delta + B(e) \quad (3)$$

donde T₄ y T₅ corresponden a la temperatura radiativa en los canales 4 y 5 del sensor AVHRR. Los coeficientes A y Δ dependen sólo de la atmósfera y son independientes de la emisividad de la superficie, mientras que el coeficiente B(ε) incluye los efectos de la emisividad; de hecho, depende de la emisividad de la superficie en ambos canales, de manera que, si tenemos en cuenta que ε_i es un número cercano a la unidad, es posible escribir este coeficiente en función de la emisividad promedio ε=(ε₄+ε₅)/2 y de la diferencia espectral como una emisividad promedio (Coll, 1994)

$$B(e) = \alpha(1 - e) - \beta\Delta e \quad (4)$$

donde α y β son coeficientes que dependen de la humedad atmosférica y de la temperatura superficial. Estos coeficientes han sido calculados para un gran número de perfiles en Col (1994). Los resultados muestran que α tiene un valor prácticamente constante de 40±10 K, mientras que β decrece con el contenido en vapor de agua de la atmósfera, adoptando un valor típico de 120 K para nuestra zona de estudio.

De esta forma los coeficientes A y Δ se obtuvieron mediante regresión lineal, obteniendo A=2.25 y Δ=0.9 K, con lo cual, la ecuación split-window que se obtiene es

$$T = T_4 + 2.25(T_4 - T_3) + 0.9 + 40(1 - e) - 120\Delta\epsilon \quad (5)$$

Teniendo en cuenta que la emisividad promedio para la cebada es 0.962 ± 0.010 y que la diferencia espectral es $\Delta\epsilon = 0.012 \pm 0.005$ (Caselles et al, 1995), podemos escribir

$$T = T_4 + 2.25(T_4 - T_3) + 2.06 \quad (6)$$

Calculada la temperatura y con el fin de superponer las dos imágenes Landsat y NOAA, es necesario corregir geoméricamente ambas imágenes. Dicha corrección se llevó a cabo para ambas imágenes utilizando el método de puntos de control. Para la imagen NOAA se usaron los puntos de control que suministra la propia compañía con la adquisición de las imágenes y que conduce a un error en la corrección que en este caso fue inferior al píxel. La imagen de temperatura corregida geoméricamente se muestra en la figura 2.

La aplicación del modelo se hizo a cada cultivo por separado, uniendo finalmente el resultado que proporciona un mapa de evapotranspiración real para la zona de estudio. La tabla III muestra los resultados de ET obtenidos con los coeficientes B correspondientes a cada cultivo. Por último, la figura 3 muestra la imagen de ET obtenida

	B (mm/día K)	ET _{min} (mm/día)	ET _{max} (mm/día)	ET _{med} (mm/día)
Trigo	0.57	3.6	5.8	4.8
Cebada	0.57	1.8	4.2	3.3
Alfalfa	0.18	3.8	4.6	4.1
Barbecho	0.18	1.7	2.5	2.2

Tabla III.- Resultados obtenidos para la ET el día 26/05/91

4.- REFERENCIAS

- Artigao, M. 1994. Determinación de la evapotranspiración real en la zona de Barrax (Albacete) mediante el uso combinado de imágenes Landsat TM y NOAA-AVHRR. **Trabajo de investigación**. Universitat de València.
- Caselles, V., Coll, C., Valor, E. y Rubio, E. 1995. Mapping land surface emissivity using AVHRR data application to La Mancha, Spain. *Remote sensing Reviews*, 12:311-333.
- Coll, C. 1994. Un modelo operativo para la determinación de la temperatura de la superficie terrestre desde satélites. **Tesis Doctoral**. Universitat de València.
- Cuenca, R. 1989. *Irrigation System Design: an engineering approach*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, Cap 5.
- Doorenbos, J., Pruitt, W. 1980. Las necesidades de agua de los cultivos. *Estudios FAO: Riego y Drenaje*, 24.
- Hurtado, E., Caselles, V. y Artigao, M. 1994. Mapping actual evapotranspiration by combining Landsat TM and NOAA-AVHRR images in the Albacete region, Spain. En *Image Quality and Interpretation for Mapping*. INA PG Grignon, RSS-SFPT.
- Wright, J. L. 1982. New evapotranspiration crop coefficients. *Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE*. 108 (IR1):57-74.
- Steward, J. B. 1983. A discussion of the relationships between the principal forms of combination equation for estimating crop evaporation. *Agric. Meteorol.*, 30:111-127.
- Faci, J. M., Martínez Cob, A. Cabezas, A. 1994. *Agrometeorología de los regadíos del bajo Gállego*. Diputación General de Aragón, Zaragoza.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a la CICYT (Proyecto AMB94-1208) por la ayuda económica concedida y a Ramón Aragües por facilitar la colaboración entre los tres centros firmantes.

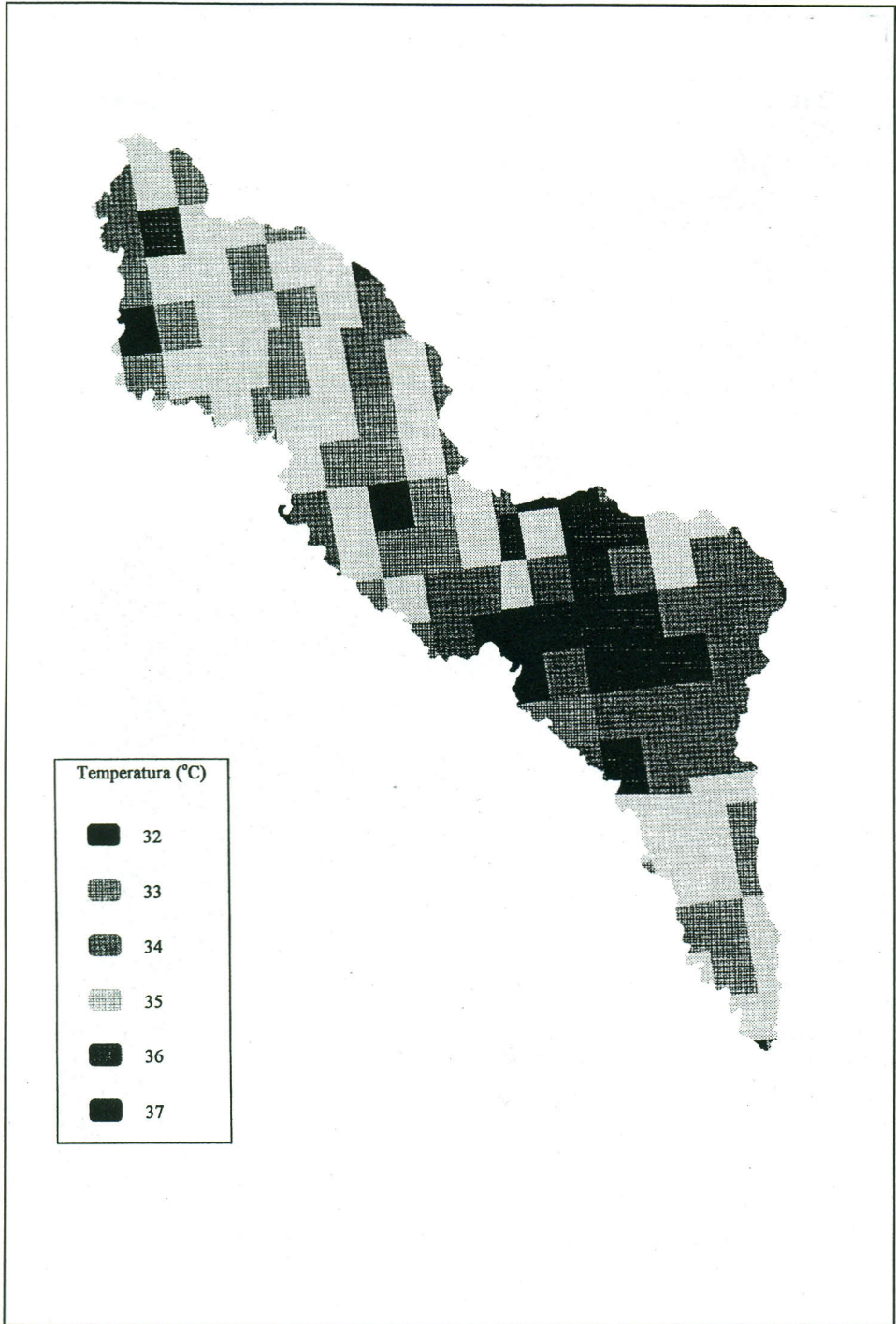


Figura 1.- Imagen de Temperatura

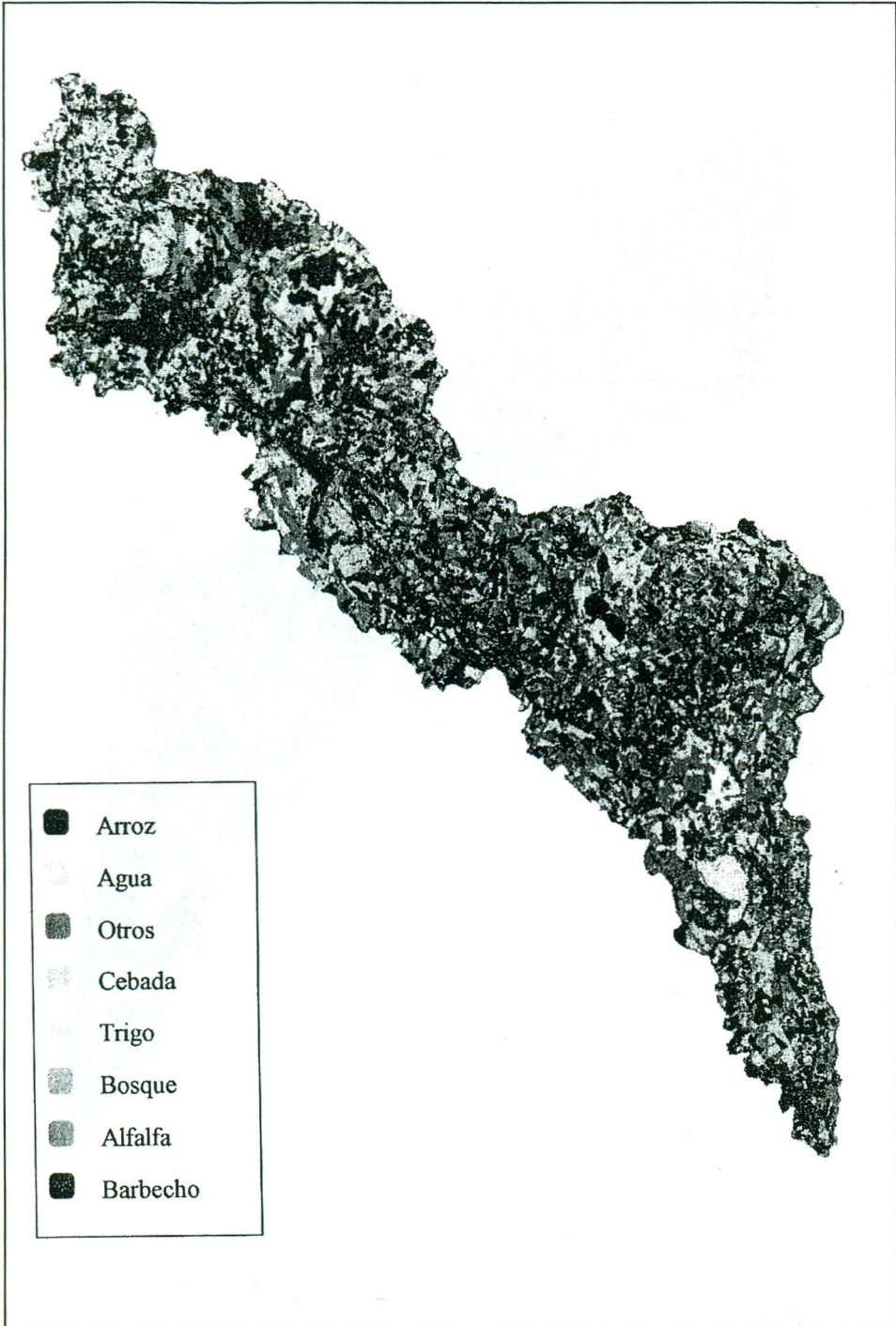


Figura 2.- Clasificación automática multitemporal (C. 1)

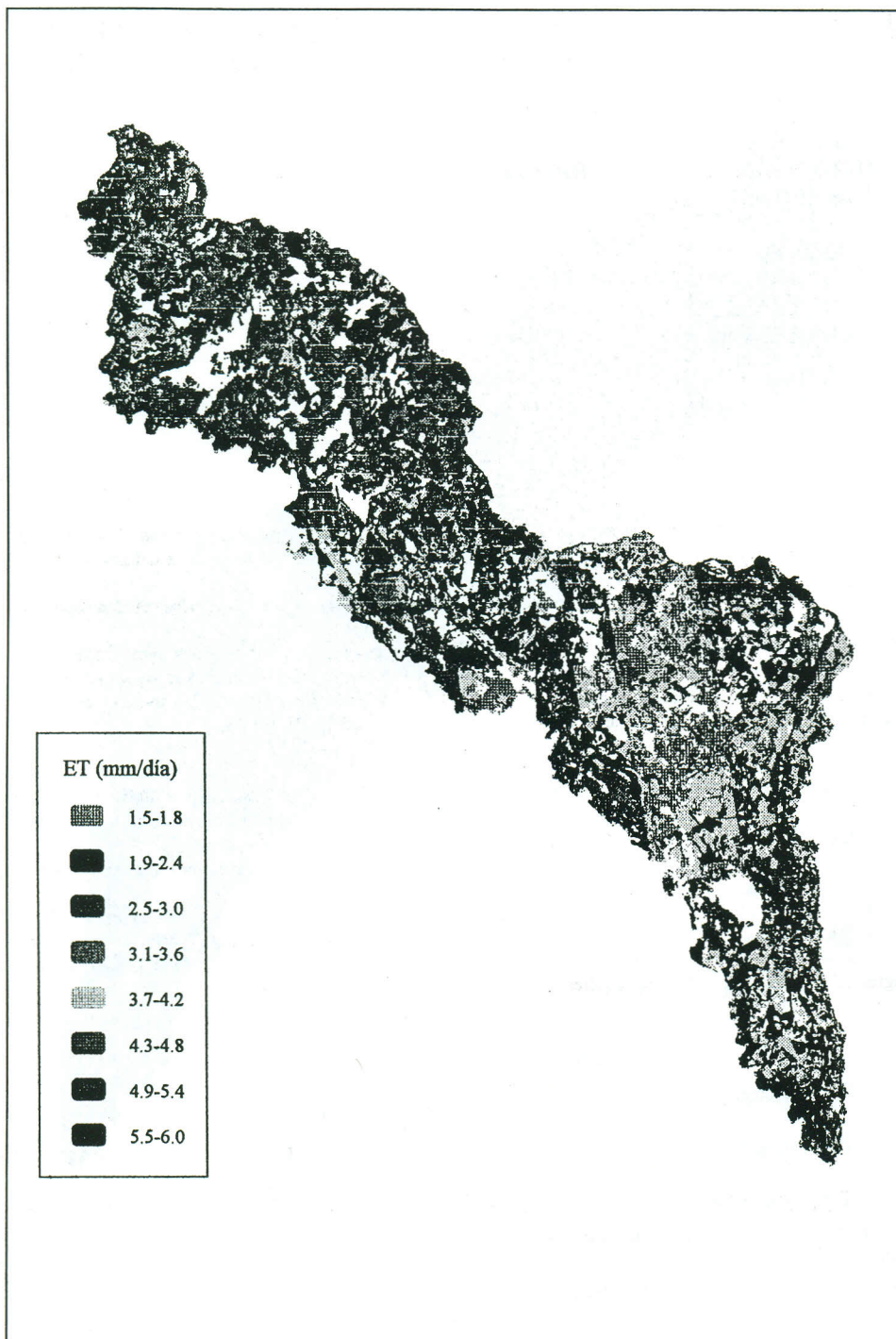


Figura 3.- Imagen de evapotranspiración real (C. 2)