

ESCENARIOS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN EN CASTILLA-LA MANCHA MEDIANTE TELEDETECCIÓN.

D. Segarra (*), F. Belda (**), A. Calera (***) y J. Meliá (*)

Demetrio.Segarra@uv.es

(*) *Unidad de Teledetección. Departament de Termodinàmica. Universitat de València. C/ Dr. Moliner 50, 46100 Burjassot (VALENCIA)*

(**) *Academia General del Aire . Oficina Meteorològica de Defensa. Santiago de la Ribera 30720. Murcia*

(***) *Instituto Desarrollo Regional. Universidad de Castilla-La Mancha. 02071 Albacete*

RESUMEN: En el trabajo se plantean distintos escenarios para estimar la evapotranspiración, bajo diferentes condiciones climáticas. Mediante imágenes Landsat se ha realizado, para el periodo 1982-2000, un inventario de la superficie de regadío en una extensa zona de Castilla La-Mancha. Los escenarios propuestos permiten comparar, en función de la evapotranspiración anual calculada, la variabilidad que en la misma introduce climatología y uso agrícola del suelo.

SUMMARY: In this work several evapotranspiration scenarios are proposed under different climatological conditions. An inventory of irrigated area has been done, by using Landsat images, for an extensive area of Castilla La Mancha, during the 1982-2000 period. Considered scenarios let us to compare the sensibility of the annual evapotranspiration to the climatology and land use variability.

PALABRAS CLAVE: Landsat. Evapotranspiration scenarios. Climatology

Las imágenes de satélite han encontrado en el cálculo de la evapotranspiración una de sus aplicaciones agronómicas más fecundas. En particular el inventario de superficies de regadío y su variación a lo largo de épocas recientes ha merecido gran interés por cuanto implica la utilización de recursos hídricos y sobreexplotación de acuíferos.

Con ser de la mayor importancia el incremento en las superficies dedicadas al cultivo de regadío y el consiguiente aumento en el consumo de agua derivado de las mismas, su valoración absoluta puede ser insuficiente si no se consideran otras alternativas posibles. En efecto, un escenario en el que únicamente se toma en consideración el consumo de agua del regadío es incompleto ya que debe tenerse en cuenta otros factores como son, por una parte, el uso agrícola del suelo previo a su transformación en regadío y por la otra la variabilidad climática propia de la zona.

La estimación a escala regional de la evapotranspiración a partir de imágenes de satélite puede realizarse a partir del inventario de cultivos, Si, en la zona, de la evapotranspiración de referencia, $ET_o(t)$, y del coeficiente del cultivo, $Kc_i(t)$ (Jensen et alii. 1990). De estos tres factores y a los efectos de balances anuales, $Kc_i(t)$ puede considerarse único para cada tipo de cultivo, $ET_o(t)$ presenta una variabilidad aleatoria y que se escapa a cualquier control, mientras que Si lo hace de forma sistemática,

en base a políticas agrarias y factores socio-económicos.

Amplias zonas de Castilla-La Mancha presentan características adecuadas que nos permiten crear escenarios con los que simular tanto diferentes condiciones climáticas como superficies de regadío variables (Calera 2000). En este trabajo se discuten distintos escenarios posibles en una zona de Castilla-La Mancha de 347.530 ha, delimitada por las coordenadas UTM X: 566 900, 616 050 y Y: 429 1575, 436 2225, que incluye distintos municipios como Albacete, Barrax La Roda y Tarazona, entre otros. Para la construcción de escenarios se ha tomado como referencia los cambios de uso de suelo en el periodo 1982-2000 y el estudio climático realizado en el periodo 1961-2000.

CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN ANUAL.

La evapotranspiración anual en la zona de estudio de un determinado cultivo, ETc_i , puede calcularse mediante la expresión:

$$ETc_i = \sum_t^{365} Kc_{i,t} \sum_r S_{i,r} \cdot ET_{o,t,r} \quad (1)$$

Y para toda la zona:

$$ETc = \sum_i ETc_i = \sum_i \sum_t^{365} Kc_{i,t} \sum_r S_{i,r} \cdot ET_{o,t,r} \quad (2)$$

El cálculo de la ecuación 2 requiere conocer la distribución espacial de la evapotranspiración de referencia y su variabilidad temporal, $ET_{0,t}$, y para cada clase de cultivo su distribución espacial, S_i , y la variación temporal del coeficiente de cultivo, $Kc_{i,t}$. La principal dificultad reside en la determinación del campo de evapotranspiración potencial, ya que no se dispone de información suficiente. Por ello ha sido necesario hacer un estudio climático previo para conocer el grado de fiabilidad en las aproximaciones utilizadas.

Los coeficientes de cultivo utilizados son los propuestos por la FAO (Allen et alii 1998) y revisados por el ITAP. Los inventarios agrícolas han sido facilitados por el Instituto de Desarrollo Regional de la Universidad de Castilla La Mancha.

ESTUDIO CLIMÁTICO

Se ha hecho un estudio de la precipitación a partir de las medidas registradas en 43 estaciones de la red pluviométrica que dispone el Instituto Nacional de Meteorología, distribuidas entre las provincias de Cuenca y Albacete. Esta red tiene una densidad adecuada a los requisitos establecidos por la organización Meteorológica Mundial con series temporales largas, 1961-2000, que nos permiten caracterizar de forma adecuada la precipitación en la región.

El mapa de isoyetas de la figura (figura 1) muestra una distribución de la precipitación media anual en la que se distinguen dos subzonas, definidas respecto a la isoyeta de 400 l/m² como línea fronteriza. La primera con cantidades de lluvia inferiores a 400 l/m² adentrándose por el sureste en forma de cuña y la segunda zona que correspondería a las precipitaciones superiores a este valor, con dos máximos relativos, uno situado al suroeste y otra al noroeste de la zona de estudio. La primera subzona presenta un mínimo acusado en la parte central con precipitaciones inferiores a 200 l/m², y la segunda subzona registra un máximo relativo en la zona más meridional, alcanzándose los 600 l/m².

La zona de estudio, con una superficie de 347.530 ha, queda en su práctica totalidad comprendida en la subzona primera con precipitaciones inferiores a los 400 l/m². Puede considerarse un valor medio de 350 l/m², lo que da una precipitación anual de 1.216 hm³.

Los años en los que se dispone de inventario de cultivos se han clasificado como muy secos 1982, 83, 86 y 2000; 1984, 85 y 96 como normales y sólo 1997 como muy húmedo

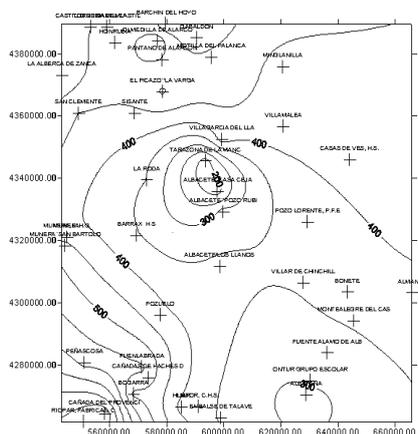


Figura 1. - Precipitación media anual (mm) obtenida de la red de estaciones del INM. Periodo en 1961 – 2000.

Para el cálculo de la evapotranspiración se dispone de las medidas de temperatura en las estaciones termométricas del INM y solamente desde 1997 disponemos también de medidas diarias de la ETo obtenidas en la estación que tiene el ITAP en la finca experimental de Las Tiesas, ubicada en el término municipal de Baeza dentro de la zona de estudio. La estación del ITAP en Baeza proporciona valores diarios de la ETo calculados según la ecuación de Penman-Monteith.

Se ha hecho un análisis preliminar con el objeto de conocer en que medida los valores de la ETo calculados en la estación de las Tiesas pueden extrapolarse a toda la zona de estudio. Para ello se ha aplicado el modelo de Thornwaite a las medidas de temperatura proporcionadas por las estaciones del INM, correspondiente al periodo 1961-90. En la figura (figura 2) se representa la distribución acumulada media, en mm. El cálculo de errores nos permite estimar que el método de Thornwaite da un error del orden de ± 20 mm.

Este valor introducido en el mapa de la ETo nos lleva a concluir que en una primera aproximación y dentro del objetivo del trabajo es correcto suponer un valor único de la ETo para toda la zona y tomar para el mismo el que proporciona la estación del ITAP en Baeza. Con ello la ecuación 2 se puede simplificar y queda de la forma:

$$ETc = \sum_i ETc_i = \sum_i S_i \cdot \sum_t^{365} Kc_{i,t} \cdot ET_{0,t} \quad (3)$$

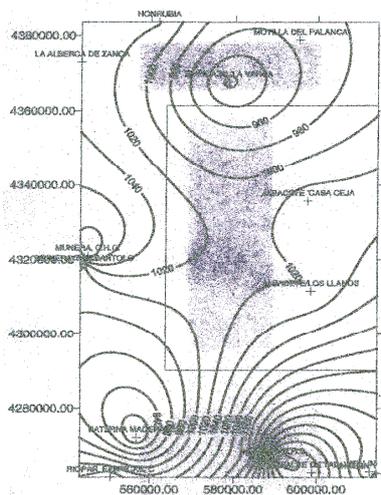


Figura 2.-Distribución de la ET₀ acumulada media (mm), correspondiente al periodo 1961 – 90, calculada según el método de Thornwaite.

De los cuatro años con medidas en Barrax, clasificados dos como muy secos y otros dos muy húmedos, hemos obtenido un valor de la ET₀ tipo para la zona. En la figura (figura 3) se representan los valores acumulados de la ET₀ para dos años del estudio: 1997, correspondiente a un año muy húmedo, y 2000 clasificado como muy seco.

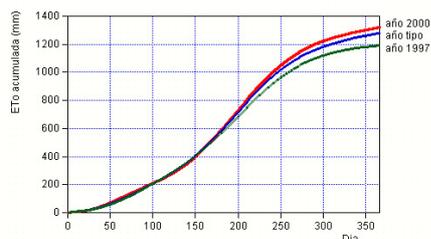


Figura 3.-Evolución anual de la ET₀ acumulada para los años 1997 (muy húmedo) y 2000 (muy seco) y año tipo

INVENTARIO DE CULTIVOS.

Mediante imágenes Landsat se ha hecho una clasificación de la cubierta vegetal para el periodo 1982-2000. El periodo 1982-1986 se ha inventariado con imágenes del sensor MSS y los años 1996 y 2000 con las del TM. En la tabla (tabla 1) se recogen, expresados en ha, los cambios experimentados, por las tres clases de regadío consideradas, durante el periodo 1982-2000 en la superficie de 347.544 ha que cubre la zona de estudio (Lanjeri, S. 2002).

CLASE	1982	1983	1984	1985	1986	1996	2000
Regadío Verano	12717	12925	24011	30023	32273	32605	26350
Regadío Primavera	1897	1478	3193	4706	7138	16834	18754
Otros regadíos	2663	938	1153	3122	2256	8094	21731
Total	17277	15341	28357	37851	41667	57539	66835

Tabla 1.- Evolución de los cultivos de regadío en el periodo 1986-2000, calculados con imágenes Landsat MSS y TM.

SEGUIMIENTO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN Y CREACIÓN DE ESCENARIOS.

El cálculo de la ecuación 3 puede realizarse para cada uno de los siete años para los que se dispone de inventario y de los que se conoce su tipología en cuanto al régimen de precipitaciones. Para el cálculo de los valores que se dan en la figura (figura 4) se ha partido del inventario del año 2000 y se ha supuesto que las superficies de matorral, forestal y vid no varían. El incremento de la superficie de regadío se considera que es a expensas de la disminución de la de cereal de secano y de barbecho.

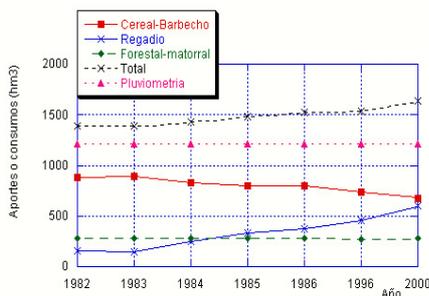


Figura 4.- Variación de la evapotranspiración anual acumulada, en hm³, durante el periodo 1982-2000

En esta figura se han representado, como referencia, la ET correspondiente a forestal-matorral y la precipitación media calculada del estudio climático. Bajo la hipótesis antes mencionada, que el incremento del regadío es a expensas de la disminución de la superficie de cereal y de barbecho, se observa en la figura como en el año 2000 ambos valores de la ET se aproximan. La relación secano/regadío en 1982 era de 5,7 y pasa a ser en el año 2000 de 1,1. La ET para toda la zona en 1982 da un valor de 1.302 hm³ y en 2000 de 1.638 hm³, que respecto al valor calculado de la precipitación es 1,1 y 1,3 veces superior, respectivamente. Para el año 2000, en el que se tiene información mas exacta, el 36,9 %, 606 hm³, de la

evapotranspiración total, 1.641 hm^3 , se debe al regadío que solo ocupa el 22,1 % de la superficie.

De la información climática y del seguimiento del regadío en los 19 años que cubre el periodo de estudio pueden definirse diferentes escenarios y calcular, aplicando la ecuación 3, los valores de las respectivas ET. Hemos supuesto tres condiciones climáticas: año muy seco, muy húmedo y normal o tipo y para cada uno de ellos se ha modificado la superficie de regadío. Los resultados se representan en la figura (figura 5).

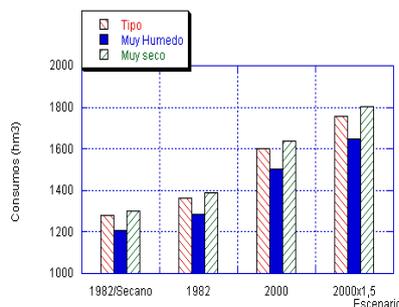


Figura 5.- Escenarios para distintas condiciones climáticas y de superficie de regadío.

Escenario 1982-Secano.

Se supone que no existe la clase regadío, que pasa a incrementar la de secano/barbecho. Este escenario con una climatología tipo da un valor para la ET de 1.280 hm^3 , cifra muy próxima a los 1.220 hm^3 de la precipitación. Por otra parte la variabilidad entre año muy seco y muy húmedo es de 1,08.

Escenarios 1982 y 2000.

Cálculos análogos pueden repetirse para los años 1982 y 2000, suponiendo igualmente las tres hipótesis para ETo. Para el año 1982 se aprecian diferencias entre años muy secos y muy húmedos de 106 hm^3 mientras que idéntico cálculo da para el año 2000, 136 hm^3 . Para valores tipo de la ETo el aumento en la

evapotranspiración entre los dos años es de 292 hm^3 , lo que significa un incremento del 21,7 %.

Escenario 2000x1,5.

Cabe hacer una proyección sobre un hipotético escenario en el que los cultivos de regadío aumentarían proporcionalmente su superficie en un 50 %, valor que significaría idéntica cantidad de la disminución de cereal/barbecho. Este escenario da valores tipo de la ET Tipo de 1.756 hm^3 y una variabilidad entre año muy seco y muy húmedo de 156 hm^3 .

BIBLIOGRAFÍA

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998 Crop evapotranspiration. *FAO Irrigation and Drainage Paper, N° 56*.

Calera, A. 2000 Seguimiento mediante teledetección de la cubierta vegetal de los cultivos de secano y su relación con variables climáticas en Castilla La Mancha. *Tesis Doctoral. Universitat de Valencia*.

Jensen, M.E., Burman, R.D. and Allen, R.G. 1990 Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. *ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice, N° 70*.

Lanjeri, S., Segarra, D., Calera A. and Meliá J. 2002 Study of the land use changes on the evapotranspiration in central Spain using remote sensing techniques. *1st Int.Symposium on Recent Advances in Quantitative Remote Sensing*.pp.530-536.

AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto "Evaluación por teledetección de la incidencia de los cambios de la cubierta vegetal del suelo en los flujos de agua y energía" (CLI99-0793), subvencionado por la CICYT. Queremos agradecer al I.D.R. de la Universidad de Albacete, al I.T.A.P. y al I.N.M toda la información facilitada