

ESTUDIO DE MODELOS FÍSICOS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA GRAMÍNEAS PARA LA REGIÓN DE MURCIA

M^a.I. Sánchez-Toribio*, A. León Martínez-Campos*, F. del Amor García* y F. López Bermúdez**

Recibido: 8 junio 1993
Aceptado: 17 noviembre 1994

SUMMARY

Study of the physical models of reference's evapotranspiration for Murcia region

Under semi-arid mediterranean climate conditions, in the Murcia Region (the Guadalentín river's valley), it is verify the Eto Penman FAO, Eto Radiation FAO reference's evapotranspiration's estimation's FAO models validity and the recent propose definiition by the FAO, according to the Penman-Monteith ecuation.

During two agricultural years, the decades estimation are opposed to the correspondent measures of the evapotranspiration of gramineous reference obtien in a lisimeter experiment. The Penman FAO model offer very satisfactories results for using the normalized expresions recomended, to the intermediate variables in the Unity's Intemational System.

Key words: evapotranspiration, Penman FAO, Eto Radiation FAO, Penman-Monteith, gramineous, lisimeter, Unity's Intemational System.

RESUMEN

Bajo condiciones climáticas semiáridas mediterráneas, en la Región de Murcia (Valle del Guadalentín), se verifica la validez de los modelos FAO de estimación de la evapotranspiración de referencia Eto Penman FAO, Eto Radiación FAO y la reciente definición propuesta por la FAO basada en la ecuación de Penman-Monteith.

Las estimaciones decadales, durante dos años agrícolas se contrastan con las correspondientes medidas de evapotranspiración de referencia gramíneas obtenidas con lisímetro. El modelo Penman FAO ofrece resultados muy estimables al utilizar, para las variables intermedias, las expresiones normalizadas recomendadas en el Sistema Intemacional de Unidades.

Palabras clave: evapotranspiración, Eto Penman FAO, Eto Radiación FAO, Penman-Monteith, gramíneas, lisímetro, Sistema Intemacional de Unidades.

*

** CSIC-CEBAS. Programa de Asesoramiento en Riegos. Avda. de la Fama, 1 30003 MURCIA.
Departamento de Geografía Física. Universidad de Murcia. Campus de la Merced, 30001 MURCIA.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de modelos rigurosos y precisos de estimación de la evapotranspiración (ET), ha experimentado un considerable avance en las dos últimas décadas, merced a la introducción de los computadores, los avances de la instrumentación meteorológica y la colaboración e impulso de organismos internacionales, tales como la FAO, la WMO y el ICID.

JENSEN et al. (1971), y DOORENBOS y PRUITT (1977), desarrollaron el concepto de evapotranspiración de referencia (Eto), que representa la máxima evapotranspiración que puede esperarse en un cultivo de referencia, bajo condiciones climáticas concretas (CUENCA y AMEGEE, 1987). A partir de tal concepto y mediante coeficientes de cultivo empíricos, puede estimarse la Et de un cultivo dado. El manual FAO-24 de Doorenbos y Pruitt, recoge cuatro modelos de estimación de Eto referencia gramíneas, basados en modificaciones de los métodos Penman, Blaney-Criddle, Makkink (Radiación) y la cubeta USWB clase A, calibrados empíricamente con un banco de datos de experimentos con lisímetros.

Los modelos FAO de Doorenbos y Pruitt, han tenido una amplia aplicación a nivel mundial, al incluir coeficientes de corrección, que tratan de satisfacer la necesidad, ya expuesta por TANNER (1967), de una calibración para las regiones en que se utilizan, particularmente en zonas áridas y semiáridas (WRIGHT, 1985).

Con todo, trabajos más recientes (ALLEN y BROCKWAY, 1982; ALLEN y PRUITT, 1986; JENSEN et al., 1990; FACI et al., 1990), indican la necesidad de un segundo nivel de calibración de modelos FAO, para incrementar la precisión, en condiciones locales determinadas, de las estimadas de Eto de referencia gramíneas y un mayor ajuste con los resultados obtenidos en lisímetros.

SMITH et al. (1991), han recopilado las conclusiones de la reunión de expertos auspiciada por la FAO, en las que además de proponer y normalizar las expresiones de cálculo más adecuadas para las variables intermedias, utilizando Unidades Sistema Internacional, se formula una nueva definición del concepto de evapotranspiración de referencia, basado en el modelo físico de evaporación de Penman-Monteith.

Con el presente trabajo, pretendemos contribuir al objetivo propuesto por la Land and Water

Development División de la FAO y el Working Group on Crops and Water Use del ICID, para la presente década, de validar, en diferentes condiciones climáticas, el nuevo concepto de evapotranspiración de referencia y los algoritmos normalizados, para la estimación de Eto Penman-Monteith, Eto Penman-FAO y Eto Radiación-FAO. El estudio se desarrolla en la Región de Murcia, globalmente la región española de ambiente más árido y más dependiente del agua y en la que, por ello, el conocimiento preciso de la demanda de evapotranspiración tiene un marcado interés hidrológico, agronómico y medioambiental.

MATERIAL Y MÉTODOS

La medida de Eto-gramíneas, se realizó en un lisímetro de drenaje de 28 m² y una profundidad de 1.3 m, rodeado de una pradera de guarda de 2 m, e instalado en la estación agroclimática de Sangonera (Murcia), del Programa de Asesoramiento en Riegos (PAR), situada en la costera de la Sierra de Carrascoy, en el Bajo Guadalentín, a 37° 53' de Latitud Norte, 1° 15' de Longitud Oeste, y 250 m de altitud sobre el nivel del mar.

El lisímetro se plantó de gramíneas, mantenidas según las recomendaciones de la FAO. El período de estudio comprende dos años agrícolas, en ciclo septiembre-agosto. Las medidas se tomaron a razón de cuatro por década, integrándose posteriormente en períodos decadales y mensuales, según la ecuación de JENSEN (1974).

El suelo, un Tomorthen Xérico, bien drenado y moderadamente pedregoso, se reconstruyó cuidadosamente en el lisímetro, de acuerdo con sus diferentes horizontes. El control de la variación de la reserva hídrica del suelo, se realizó mediante humidimetría neutrónica y tensiometría.

Los datos meteorológicos se tomaron en la estación agroclimática situada en las proximidades del lisímetro. Se utilizaron las medidas decadales y mensuales de las temperaturas máximas y mínimas, de la humedad relativa, del recorrido del viento y de la insolación relativa, así como de la relación viento diurno/nocturno. Los datos de radiación empleados fueron los medidos en el piranómetro de la estación, integrándose igualmente en períodos decadales y mensuales.

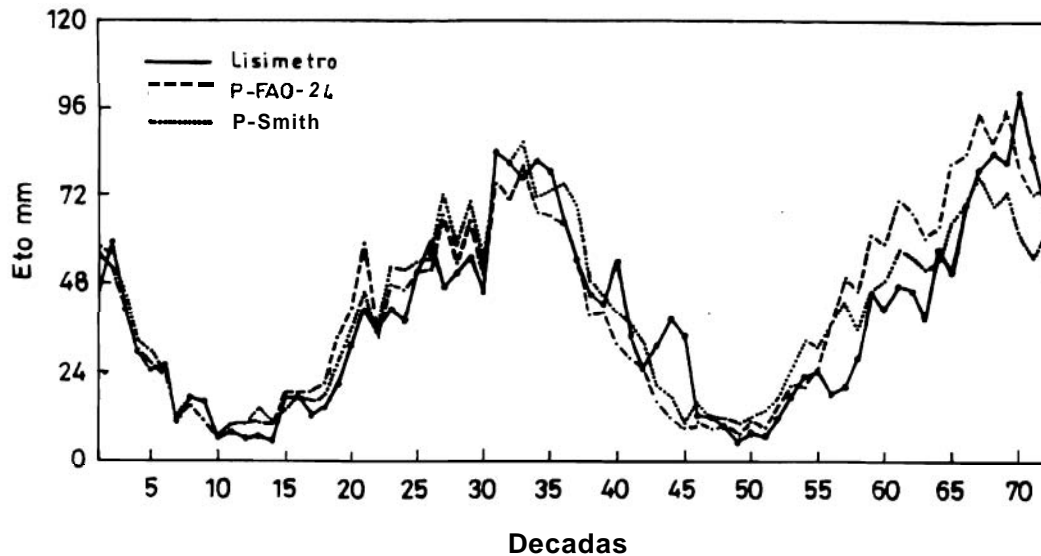


FIGURA 1. Evolución comparada, durante dos años agrícolas, de Eto Lisímetro y las dos estimadas de Eto Penman-FAO. Decadal.

Evolution for two years period. Eto Lisimeter and Eto Penman-FAO. Decades.

La localización en la margen derecha del Bajo Guadalentín, es representativa de las áreas del regadío murciano no influidas directamente por la proximidad al mar. Las características hidrodinámicas fueron descritas anteriormente (SÁNCHEZ-TORIBIO, 1990).

Para la estimación de la evapotranspiración de referencia gramíneas: Eto-Penman FAO, Eto-Radiación y Eto Penman-Monteith, se han seguido los procesos de cálculo intermedios recomendados por Doorenbos y Pruitt y Smith et al.

RESULTADOS

Eto Penman-FAO

La tabla 1, muestra como Eto Penman-FAO, con las variables intermedias estimadas con los modelos recomendados en la revisión de Smith et al., resulta un excelente estimador de Eto — Lisímetro, para el conjunto de los 2 años de estudio, agrupados en períodos de diez días, hasta un total de 72 décadas, pues la pendiente no se desvía significativamente de la unidad, incluso al forzar en la regresión el origen cero. No se

producen, en consecuencia, las estimaciones por exceso que se habían señalado para el cálculo de Eto Penman, con las variables intermedias del manual FAO-24 (SÁNCHEZ-TORIBIO et al., 1991), aunque el nivel de ajuste expresado por el coeficiente de correlación r sea ligeramente superior en este último caso.

La figura 1, muestra la evolución comparada, a lo largo de los dos años de estudio, de Eto Lisímetro y las dos estimadas de Eto Penman-FAO, que sobrevaloran ligeramente en la primavera, sobre todo en el segundo año, e infravaloran, aún en menor medida en las dos ramas descendentes.

Eto Radiación — FAO

Eto Radiación-FAO, se muestra escasamente afectada por los modelos de cálculo de las variables intermedias. En ambos casos se produce una ligera sobrestimación de Eto — Lisímetro, que es mayor cuando se opera con las unidades y ecuaciones intermedias en el sistema internacional. tabla 2.

TABLA 1. Ajuste Eto Lisímetro — Eto Penman. Decadal

CÁLCULO DE VARIABLES INTERMEDIAS	r	Pendiente	Origen
DOORENBOS Y PRUITT	0.9120	0.87 ± 0.05	4.29
	0.9120	0.86 ± 0.02	0
SMITH et al	0.9014	1.00 ± 0.05	0.35
	0.9014	1.01 ± 0.02	0

TABLA 2. Ajuste Eto Lisímetro — Eto Radiación. Decadal.

CÁLCULO DE VARIABLES INTERMEDIAS	r	Pendiente	Origen
DOORENBOS Y PRUITT	0.9007	0.99 ± 0.05	1.60
	0.9001	0.96 ± 0.03	0
SMITH et al.	0.8998	0.96 ± 0.06	1.85
	0.8990	0.93 ± 0.03	0

TABLA 3. Ajuste Eto Lisímetro — Eto Penman-Monteith. Decadal.

CÁLCULO DE VARIABLES INTERMEDIAS	r	Pendiente	Origen
Smith et al. h = 12 cm. rc = 69 s/m	0.8996	1.06 ± 0.06	-0.12
	0.8996	1.06 ± 0.03	0

TABLA 4. Ajuste Eo Clase A — Eo Penman. Decadal.

CÁLCULO DE VARIABLES INTERMEDIAS	r	Pendiente	Origen
Smith et al.	0.9026	1.02 ± 0.05	-2.06
	0.9020	0.99 ± 0.03	0

Eto Penman — Monteith

Siguiendo las recomendaciones de la nueva definición de Eto referencia gramíneas, basada en la ecuación de Penman — Monteith y descrita por Smith et al., se han realizado las estimadas de Eto Penman-Monteith para la pradera imaginaria de gramíneas de 12 cm de altura y 69 s/m de resistencia del cultivo.

La tabla 3, muestra los parámetros de ajuste de Eto Penman-Monteith, respecto de la Eto

Lisímetro, para las 72 décadas en que se dividen los dos años estudiados.

Según se traduce de la pendiente, hay una cierta subestimación (-6%), al utilizar Penman-Monteith en períodos de diez días, para estimar los valores de Eto.

La Figura 2, muestra la evolución decadal comparada de Eto Lisímetro y Eto Penman-Monteith, a lo largo de los dos años de estudio. Las diferencias más significativas se dan en los meses de julio y agosto, en los que se produce

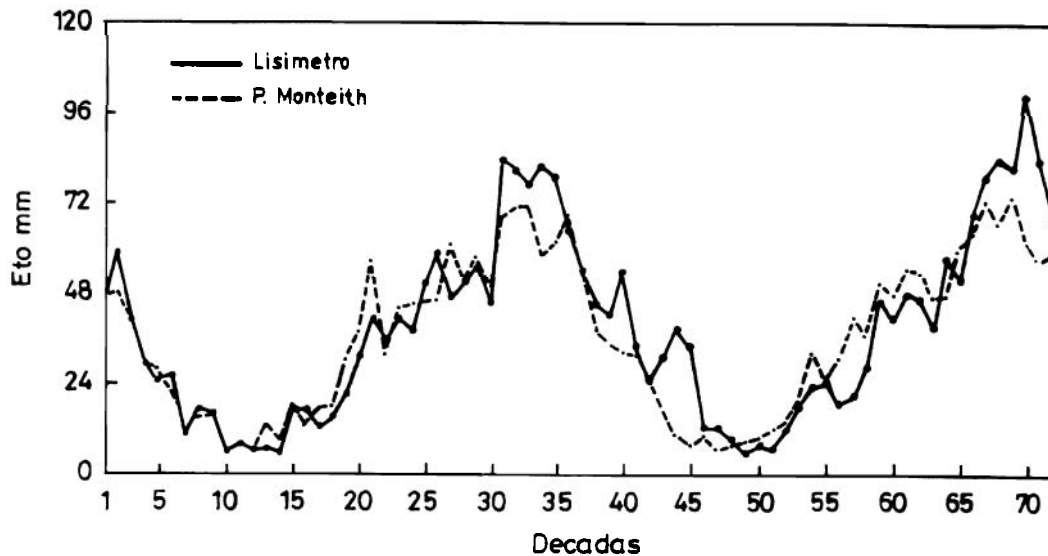


FIGURA 2. Evolución comparada, durante dos años agrícolas, de Eto Lisímetro y Eto Penman-Monteith. Decadal.

Evolution for two years period. Eto Lisimeter and Eto Penman-Monteith. Decades.

una cierta infravaloración de Penman-Monteith con respecto a los valores obtenidos en el estudio lisimétrico. A lo largo de la primavera, en cambio, Penman-Monteith sobrevalora, muy ligeramente, los valores medidos en el lisímetro.

Eo Penman

A la vista de la eficiencia mostrada por las ecuaciones para las variables intermedias, recomendadas por el grupo de expertos FAO y operando en el Sistema Internacional (SI) de Unidades, se ha verificado el interés de la clásica ecuación de Penman para la evaporación potencial (Eo), formulada en unidades SI, como estimador de la evaporación de Cubeta Clase A (Epan).

La tabla 4, muestra los correspondientes parámetros de ajuste entre Epan y Eo Penman, de los que se deduce que con las ecuaciones recomendadas para las variables intermedias, Eo Penman es un buen estimador de la evaporación en Cubeta Clase A.

La figura 3 muestra la evolución decadal, a lo largo de los dos años de estudio, entre la

evaporación medida en Cubeta Clase A y la calculada por el método Eo Penman, pudiendo observarse la estrecha relación entre ambas, sobre todo en el primer año agrícola estudiado, con una pequeña sobrevaloración primaveral de Eo Penman en el segundo año de estudio.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican claramente, que al utilizar los procedimientos de cálculo de variables intermedias, en Unidades del Sistema Internacional, recomendados por Smith et al., Eto-Penman-FAO resulta un excelente estimador de la evapotranspiración de referencia gramíneas, en condiciones climáticas áridas y semiáridas.

La metodología propuesta por dichos autores, a través de una nueva definición de Eto gramíneas, basada en la ecuación Penman-Monteith, produce resultados estimables, con ligera subestimación, a nivel decadal, en los que conviene profundizar a nivel diario y horario.

Con las ecuaciones intermedias indicadas, la clásica ecuación de Penman para Eo, resulta un

buen estimador de la **evaporación** de Cubeta Clase A, en las citadas condiciones climáticas.

En lo que concierne a **Eto Penman-FAO** y **Eto Penman-Monteith**, los comportamientos observados se corresponden con lo expuesto por **MANTOVANI et al. (1991)**, en el caso de Córdoba.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G. y BROCKWAY, C. E., 1982. Consumptive irrigation requirements for crops in Idaho. Final Technical Completion Report, Idaho Water and Energy Resources Research Institute, University of Idaho, Moscow.
- ALLEN, R. G. y PRUITT, W. O., 1986. Rational use of the FAO Blaney-Criddle formula. *J. Irrig. Drain. Div. Am. Soc. Civ. Eng.* 112, 139-155.
- CUENCA, R. H. y AMEGEE, K. J., 1987. Analysis of evapotranspiration as a regionalized variable. En «Advances in irrigation», vol. 4. Ed. D. Hillel. Academic. Press. pp. 181-220.
- DOORENBOS, J. y PRUITT, W. O., 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. FAO. *Irrigation and Drainage Paper 24, 2a.* ed. Roma. 156 pp.
- FACI, J.; CUENCA, R. H. y MARTÍNEZ-COB, A., 1990. Estudio de la evapotranspiración de referencia a nivel regional en Aragón. VIII Jornadas Técnicas sobre Riegos. AERYD. Mérida. pp. 67-77.
- JENSEN, M. E. (ed.), 1974. «Consumptive Use of Water and Irrigation Water Requirements». *Am. Soc. Civ. Eng., Irrig. Div.*, 1-227.
- JENSEN, M. E.; WRIGH, J. L. y PRATT, B. J. 1971. Estimating soil moisture depletion from climate, crop and soil data. *Trans. ASAE 14*, 954-959.
- MANTOVANI, E. C.; BERENGENA, J.; VILLALOBOS, F.; ORGAZ, F. y FERERES, E. 1991. Medidas y estimaciones de la evapotranspiración real del trigo de regadío en Córdoba. AERYD. IX Jornadas Técnicas sobre Riegos. Ponencia B.16. Granada. 9 pp.
- SÁNCHEZ-TORIBIO, M. I., 1990. La evaporación en la Región de Murcia en relación con sus aplicaciones en hidrología y agricultura. Secretariado de Publicaciones Univ. Murcia, 285 pp.
- SÁNCHEZ-TORIBIO, M. I.; DEL AMOR, F.; NOGUERA, M. y LEÓN, A., 1991. Calibración de los modelos FAO de estimación de Eto, en un área representativa de la Región de Murcia (Valle del Guadalentín). AERYD. IX Jornadas Técnicas sobre Riegos. Ponencia B.17. Granada. 11 pp.
- SMITH, M.; SEGEREN, A.; SANTOS PEREIRA, L.; PERRIER, A. y ALLEN, R., 1991. Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crops water requirements. FAO Land and Water Development: *Division. Roma.* 45 pp.
- TANNER, C. B., 1967. Measurement of evapotranspiration. *Agron. Monogr. 11*, 534-574.
- WRIGHT, J. L., 1985. Evapotranspiration and irrigation water requirements. En «Advances in evapotranspiration». ASAE Pub. 14-85. 105-113.