

COMPARACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE REFERENCIA MEDIANTE CINCO MÉTODOS, PROPUESTOS POR LA FAO¹

Oscar Luís Caballero Casuriaga²
Rubén Alcides Franco Ibars³

ABSTRACT

The present research had for objective to determinate and compare the reference evapotranspiration (ET_o) estimate for five methods propose by the FAO. The methods used were: Penmam modified by the FAO, used as reference method, Blaney & Criddle modified by the FAO, Radiation modified by the FAO, Class A pan and Hargreaves & Samani. The study was conducted in the experimental field of the «Facultad de Ciencias Agrarias» (25° 20'16" S, 57° 31'03" W). The data were analyzed during two periods November - December 2005 and May - June 2006. The data analyses were based on daily comparison using regression analysis, agreement (Willmott, 1981) and performance (Camargo & Sentelhas, 1997) indexes. For the first period the Radiation method obtained the best performance index as optimum, followed by the Blaney & Criddle method with a performance index as good. For the second period the Radiation and Blaney & Criddle methods were classified by the performance index as very good; the Hargreaves and Class A pan, shown regular performances, for this period.

Key Words: irrigation management, Penmam equation, determination of evapotranspiration

RESUMEN

La evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) se define como la tasa de evapotranspiración de una superficie extensa de hierba verde, de 0,08 a 0,15m de altura uniforme, en crecimiento activo, sombreando totalmente el suelo y bien provisto de agua. Este trabajo comparó la ET_o utilizando cinco métodos propuestos por la FAO, durante dos etapas: Noviembre-Diciembre de 2005 y Mayo-Junio de 2006; para la zona de San Lorenzo (25° 20'16" S, 57° 31'03" O). Los métodos considerados fueron el de Blaney & Criddle modificado por la FAO; el de la Radiación modificado por la FAO; el del Tanque evaporímetro clase A y el de Hargreaves. El objetivo del trabajo fue comparar el desempeño de los cuatro métodos citados con respecto al el de Penman modificado por la FAO, que fue utilizado como método base. El análisis de datos se realizó por medio de regresiones y la diferencia entre los valores observados, con respecto al método base, fue medida mediante un coeficiente de confianza (c), propuesto por Camargo & Sentelhas (1997), que corresponde al producto entre el coeficiente de correlación (r) en valor absoluto por el coeficiente de exactitud propuesto por Willmott en el año 1981. Para la primera etapa, el método de la Radiación obtuvo el mejor desempeño con una calificación de: óptimo, seguido del método de Blaney & Criddle modificado por la FAO con desempeño bueno. Para la segunda etapa los métodos de la Radiación y Blaney & Criddle modificados por la FAO, presentaron un desempeño muy bueno; mientras los métodos de Hargreaves y tanque Clase A fueron regulares.

Palabras clave: manejo de riego, ecuación de Penman, determinación de evapotranspiración,

1 Tesis Presentada a la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Carrera de Ingeniería Agronómica - Departamento de Ingeniería Agrícola.

2 Alumno del décimo Semestre de la Carrera de Ingeniería Agronómica. Departamento de Ingeniería Agrícola. Promoción 2006.

3 Profesor Ing. Agr. Docente a Tiempo Completo. Departamento de Ingeniería Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias - UNA. Casilla de Correo 1618. San Lorenzo - Paraguay.

INTRODUCCIÓN

El riego es una práctica agrícola que busca incrementar la productividad, para alcanzar este objetivo se debe realizar un buen manejo del mismo; uno de los criterios es el de estimar el consumo de agua de las plantas a través de la evapotranspiración y luego reponer el agua consumida por medio del riego.

La evaporación del agua a la atmósfera sucede tanto desde la superficie de las masas de agua como desde el suelo y la vegetación húmeda. Al proceso de evaporación del agua que ha pasado a través de la planta, se le llama transpiración. En la naturaleza, la evaporación desde el suelo y la transpiración de las plantas ocurren simultáneamente, sin que existan métodos sencillos de distinguir entre ambas, por ello se engloban bajo el término evapotranspiración (Faci, 1997).

Debido a que la cantidad de evapotranspiración de una superficie parcialmente humedecida es muy afectada por la naturaleza del suelo, es aconsejable considerar primeramente el caso en que el suministro de agua es ilimitado; esto lleva al concepto de Evapotranspiración potencial, ET_p desarrollado por Penman y citado por Silveira Da Mota (1996), en donde la define como: «la cantidad de agua transpirada en la unidad de tiempo por un cultivo de porte bajo, verde, cubriendo totalmente el suelo, de altura uniforme, sin deficiencia de agua».

Doorembos y Pruitt citados por Faci (1997), adoptan el concepto de Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) que es muy similar al de ET_p, pero haciendo referencia a una hierba corta, aunque sin definir el género y especie de la misma. La ET_o se define como la tasa de evapotranspiración de una superficie extensa de hierba verde, de 0,08 a 0,15m de altura uniforme, en crecimiento activo, sombreando totalmente el suelo y bien provisto de agua. Smith et al citados por Faci (1997), proponen una nueva definición de la ET_o utilizando un cultivo hipotético, similar a una hierba, esta es la definición que es aceptada actualmente por la FAO.

Existe una gran cantidad de métodos que permiten estimar o determinar la evapotranspiración Hatfield citado por Castillo & Castellvi (1996), considera tres categorías: métodos directos, métodos indirectos, métodos de simulación del balance de agua en el suelo.

La elección del método de cálculo para una zona, depende fundamentalmente de la disponibilidad y confiabilidad de datos climatológicos. Si la provisión de estos fuera óptima, se recomienda el método de Penman modificado por la FAO, que considera la mayoría de las variables, aumentando la posibilidad de obtener resultados más precisos (Medeiros, 1998).

La ecuación de Penman, modificada por la FAO, permite calcular la ET_o no solamente en regiones frías y hú-

medas, sino también en las zonas calientes y áridas (Avidan, 1994).

Numerosos trabajos de investigación han demostrado que existen altos valores de correspondencia entre la evapotranspiración y la radiación (de Santa Olalla & Valero, 1993). El primer método basado en la radiación solar global (R_s) fue propuesto por Makkink en el año 1957. Tal como se le conoce, el método de la Radiación modificado por la FAO es una adaptación del método de Makkink, que a su vez resulta ser una simplificación del método de Penman (de Santa Olalla & Valero, 1993).

Mediante el método de Blaney & Criddle modificado por la FAO se calcula la ET_o en función de un factor de uso consuntivo para distintos niveles de viento, humedad e insolación (Faci, 1997).

Según Avidan (1994), el método del Tanque evaporímetro clase A, permite estimar los efectos integrados del clima (radiación, temperatura, viento y humedad relativa del aire), en función de la evaporación de una superficie de agua libre, de dimensiones estándar.

El método de Hargreaves fue desarrollado por Hargreaves & Samani (1985), a base de mediciones realizadas con lisímetros en la Universidad de California (Avidan, 1994).

Camargo & Camargo (2000), manifiestan que el modelo de Penman funciona bien en diferentes condiciones climáticas, presentando el inconveniente de que necesita de numerosos elementos meteorológicos para su solución.

Medeiros (1998), comparó el desempeño de 12 ecuaciones de estimación de la ET_o, con datos obtenidos en evapotranspirometros del tipo Thorntwaite-Mather, la evaluación se realizó mediante el coeficiente propuesto por Camargo & Sentelhas en el año 1997. Los métodos de Penman, Camargo y Tanner & Pelton tuvieron desempeños considerados muy buenos.

Determinar la ET resulta muy importante para programar riegos, diseñar sistemas de riego, planificar recursos hídricos y usos de la tierra y, en general, para la producción de especies agrícolas y forestales (Castillo & Castellvi 1996).

En el Paraguay la aplicación del riego se realiza aún sin mucho criterio técnico. El presente trabajo tiene como objetivo determinar y comparar la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o), obtenida mediante los métodos propuestos por la FAO, utilizando como parámetro el método de Penman FAO.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) fue determinada mediante cinco métodos propuestos por

la FAO, en dos etapas del año; para la zona de San Lorenzo (Paraguay) localizada en latitud 25° 20'16" S y longitud 57° 31'03" O. El clima de esta región, según la clasificación de Thornthwaite es subhúmedo húmedo megatermal.

La primera etapa fue llevada a cabo durante los meses de Noviembre-Diciembre de 2005 (primavera-verano) y la segunda etapa comprendió, los meses de Mayo-Junio de 2006 (otoño-invierno).

Los cinco métodos considerados fueron: el de Penman modificado por la FAO (tomado como base), el de Blaney & Criddle modificado por la FAO, el de la Radiación modificado por la FAO, el del Tanque evaporímetro clase A y el de Hargreaves.

La evapotranspiración del cultivo de referencia por el método de Penman modificado por la FAO se calcula por la siguiente ecuación:

$$ET_0 = (c) * [W * (R_n) + (1 - W) * [f(u) * (e_a - e_d)]] \quad (1)$$

Dónde:

ET₀: Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

(c): Factor de ajuste para Penman.

W: Factor de ponderación para Penman.

R_n: Radiación Neta total (mm/día).

f (u): Función del viento.

e_a: Presión del vapor de agua a saturación (mbar).

e_d: Presión del vapor de agua ambiente (mbar).

El calculo utilizando el método de Blaney & Criddle (modificado por la FAO) se realiza por la siguiente fórmula:

$$ET_0 = a + bf \quad (2)$$

Dónde:

ET₀: Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

a ; b: Coeficientes de regresión lineal entre f y ET₀.

f: Factor de uso consuntivo de Blaney & Criddle (mm/día).

El cálculo del factor de uso consuntivo (f) es realizados utilizando la siguiente ecuación:

$$f = p (0,46t + 8,13) \quad (3)$$

Donde:

f: factor de uso consuntivo Blaney & Criddle.

p: porcentaje de horas diurnas (tabulado por mes y por latitud).

t: temperatura

Para calcular la ET_{rg} se utiliza la siguiente ecuación :

$$ET_{rg} = a + bWR_s \quad (4)$$

Dónde:

ET_{rg}: viene expresada en el equivalente de evaporación en mm/día.

Rs: Radiación solar, se expresa también en mm/día.

W: Índice de ponderación, se encuentra tabulado y depende de la temperatura media del aire y de la altitud.

a y b: Coeficientes del método de la Radiación.

La ET₀ por el método del tanque clase A se estima de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$ET_0 = ET_{an} * K_{an} \quad (5)$$

Dónde:

ET₀: Evaporación del cultivo de referencia (mm/día).

ET_{an}: Evaporación media diaria del tanque (mm/día).

K_{Tan}: Coeficiente del tanque, establecido y tabulado de acuerdo a la ubicación del tanque y las condiciones climáticas del lugar de ubicación.

El método de Hargreaves utiliza la siguiente fórmula:

$$ET_0 = 0,0023 Ra (T_m + 17,8) \sqrt{\Delta t} \quad (6)$$

Dónde:

ET₀: Evapotranspiración del cultivo de referencia, (mm/día).

R_a: Radiación extraterrestre, (mm/día), tabulados por Hemisferio, por mes y por Latitud.

T_m: Temperatura, (°C), media diaria.

$\sqrt{\Delta t}$: Raíz cuadrada de la diferencia de temperatura diaria en el periodo considerado (°C).

Los datos necesarios (velocidad del viento, humedad atmosférica, etc) para el calculo de la ET₀ por medio de las diversas ecuaciones fueron proveídos por el Dpto. de Meteorología de la Facultad Politécnica (UNA), con excepción de:

a) albedo del cultivo (á), en ausencia de este dato fue supuesto á = 0,25, necesario para el calculo de Radiación Neta total (R_n),

b) radiación extraterrestre (R_a) calculada de acuerdo a latitud y longitud;

c) Temperatura media necesaria para el calculo de factor de ponderación para Penman (W), que fue obtenida con datos de temperatura mínima y máxima, medidas por medio de termómetros respectivos, ubicados en una caseta meteorológica del campo experimental de la FCA;

d) Relación de insolación (n/N), tabulada de acuerdo a nubosidad observada, en el local del experimento, y

e) las mediciones del nivel de evaporación del agua contenida en el tanque, fueron realizadas diariamente a las 8:15 horas, mediante un limnómetro. Con respecto al Coeficiente del tanque (K_{Tan}) se encuentra tabulado según: la ubicación del tanque y las condiciones climáticas del lugar de ubicación.

Las diferencias entre los valores observados fueron

medidas a través de un coeficiente de confianza (c), propuesto por Camargo & Sentelhas (1997), que corresponde a la multiplicación del coeficiente de correlación (r) en valor absoluto por el coeficiente de exactitud (Willmott, 1981). Este coeficiente expresa la dispersión de los puntos, en relación a la recta 1:1, d se calcula por la siguiente ecuación:

$$d = 1 - \frac{\sum (P_i - O_i)^2}{\sum [(P_i - O_i)^2 + (O_i - O)^2]}$$

Dónde:

Pi: Valor estimativo.

Oi: Valor observado.

O: Media de los valores observados.

El coeficiente de confianza (c) fue utilizado para determinar el desempeño de los métodos evaluados De acuerdo a la siguiente escala: c >0,85 desempeño óptimo, para 0,76 <c< 0,85 se consideró un desempeño muy bueno, valores de 0,66 <c< 0,75 indicaron un desempeño bueno, para 0,51 <c< 0,65 un desempeño regular, valores de 0,41 <c< 0,50 fueron considerados como mal desempeño y para c <0,40 se considero un pésimo desempeño.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se pueden observar los valores totales y promedios diarios de ETo, obtenidos mediante cada método, durante la etapa primavera - verano. El método de Penman modificado por la FAO presentó los valores, totales y promedio diario, más altos seguido por los métodos de Hargreaves y el de la Radiación, esto podría deberse a que los tres métodos incluyen directamente términos energéticos (radiación) en el calculo de la ETo y durante esta época del año la radiación es elevada.

TABLA 1. Valores de ETo, totales y promedios, obtenidos mediante los diferentes métodos. Primavera - verano 2005. FCA. San Lorenzo. 2006.

Valor de ETo	Tanque Clase A	Hargreaves	Radiación	Blaney & Criddle modificado por la FAO	Penman modificado por la FAO
Total (mm)	220,95	258,78	254,27	220,32	264,95
Promedio diario (mm)	5,52	6,47	6,36	5,51	6,62

La Figura 1, muestra el comportamiento de la ETo, calculada diariamente, durante esta etapa, abarcado entre el 15 de Noviembre y el 24 de Diciembre de 2005. Se puede notar una cierta semejanza entre los resultados arrojados por el método utilizado como base (Penman modificado por la FAO), y el método de la Radiación (Figura 1a); esto es bastante razonable, debido a que dicho método es una simplificación del anterior.

Con respecto al método de Hargreaves (Figura 1b), también presenta un comportamiento similar al método de Penman, sin embargo se observan algunos picos discordantes, especialmente en los primeros días de Diciembre, donde el método de Hargreaves muestra valores claramente inferiores; esto se debe probablemente a la escasa variación entre la temperatura máxima y la mínima en esas fechas, cuyos valores fueron utilizados por la ecuación de Hargreaves para el cálculo de ETo. Los tres métodos citados hasta ahora, incluido el de Penman modificado por la FAO, presentan resultados similares debiéndose esto a que todas las ecuaciones requieren de datos de Radiación extraterrrestre. Con respecto a los otros dos métodos utilizados, Blaney & Criddle modificado por la FAO (Figura 1c) y tanque Clase A (Figura 1d) presentan resultados notablemente mas bajos que los calculados por la ecuación de Penman.

En la Figura 2a se puede observar que el método de la Radiación presenta una casi coincidencia con la recta 1:1 de Penman, con una tendencia subestimativa. En la Figura 2b se observa la dispersión de puntos de la ETo calculada mediante el método de Hargreaves, la misma es bastante irregular. Los valores calculados por el método de Blaney & Criddle modificado por la FAO subestiman la Eto en relación al método base (Figura 2c). El método del tanque Clase A (Figura 2d), se comporta de forma similar al de Blaney & Criddle modificado por la FAO, con tendencia a subestimar la ETo, durante esta etapa; no obstante la dispersión de puntos resulta bastante desordenada en comparación al método anterior. La tendencia subestimativa expuesta por este método son contrarios a los resultados hallados por Camargo & Camargo (2000), aclarando que dichos resultados fueron hallados en zonas de clima árido y seco.

La Tabla 2 presenta el desempeño de acuerdo a los valores de (c). Se destaca el método de la Radiación con un desempeño óptimo, coincidiendo con Conceição & Mandelli (2005). El método de Blaney & Criddle presenta desempeño bueno, coincidiendo con resultados de Camargo & Camargo (2000), mientras que el método de Hargreaves y el del tanque Clase A, tuvieron un desempeño malo.

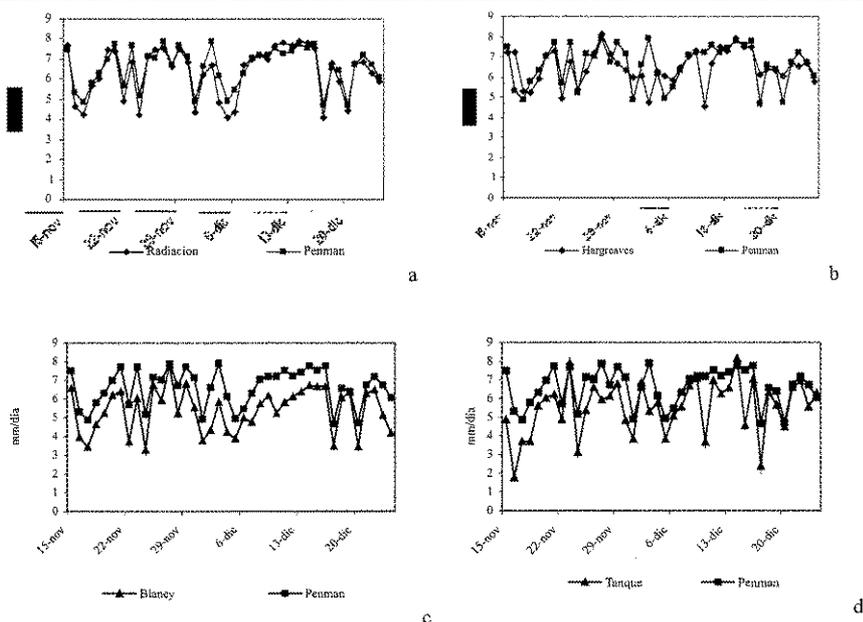


FIGURA 1. Variación diaria de la ETo calculada por diferentes métodos, Radiación (a), Hargreaves (b), Blaney & Criddle modificado por la FAO (c) y tanque clase A (d), en relación al método de Penman modificado por la FAO. Noviembre – Diciembre 2005. FCA. San Lorenzo. 2006.

FIGURA 2. Dispersión de puntos de la ETo calculada por diferentes métodos, Radiación (a), Hargreaves (b), Blaney & Criddle modificado por la FAO (c) y tanque clase A (d), en torno a una recta construida con los datos del método de Penman modificado por la FAO. Noviembre – Diciembre 2005. FCA. San Lorenzo. 2006.

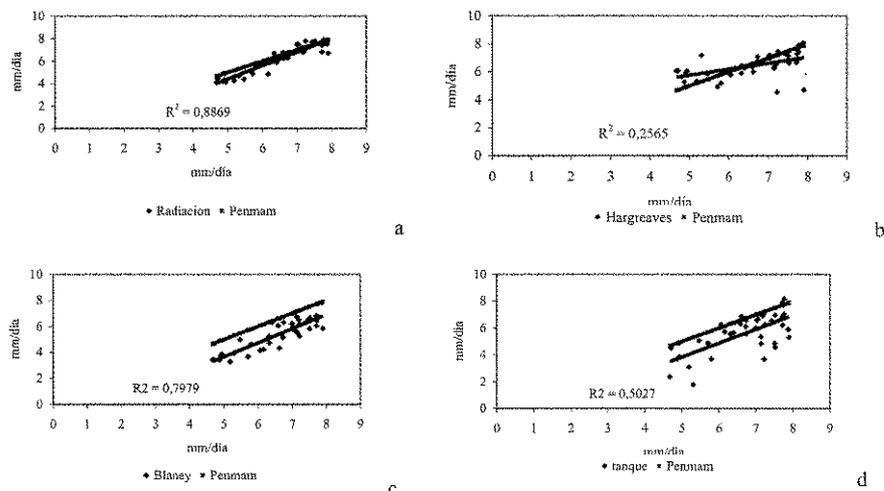


TABLA 2. Desempeño de cada método de acuerdo a valor de (c). primavera – verano 2005. FCA. San Lorenzo. 2006.

Coefficientes	Hargreaves	Radiación	Blaney & Criddle modificado por la FAO	Tanque Clase A
Coef. de determinación (r^2)	0,257	0,887	0,798	0,503
Coef. de correlación (r)	0,506	0,942	0,893	0,709
Coef. de exactitud (d)	0,881	0,961	0,755	0,693
Coef. de confianza (c)	0,450	0,900	0,670	0,490
Desempeño	Malo	Óptimo	Bueno	Malo

$c > 0,85$ desempeño óptimo, $0,76 < c < 0,85$ desempeño muy bueno, $0,66 < c < 0,75$ desempeño bueno, $0,51 < c < 0,65$ desempeño regular, $0,41 < c < 0,50$ desempeño malo y $c < 0,40$ desempeño pésimo.

En la Tabla 3 se pueden observar los valores totales y promedios diarios de ETo, calculados durante los meses de Mayo y Junio del 2006. Se puede apreciar que para esta etapa, los cuatro métodos evaluados obtienen valores, totales y promedios, inferiores al método base, siendo Hargreaves y Blaney & Criddle modificado por la FAO los que se encuentran más próximos al mismo, luego el de la Radiación y por último el método del tanque Clase A.

TABLA 3. Valores de ETo, totales y promedios, obtenidos mediante los diferentes métodos. Mayo – Junio 2006. FCA. San Lorenzo. 2006.

Valor de ETo	Tanque Clase A	Hargreaves	Radiación	Blaney & Criddle modificado por la FAO	Penman modificado por la FAO
Total (mm)	101,68	106,71	105,60	106,52	109,36
Promedio diario (mm)	2,54	2,67	2,64	2,66	2,73

estos fueron días con baja HRmin. Con respecto al método del tanque Clase A (Figura 3d), por lo general, registra valores inferiores al método base.

Tal como se puede observar en la Figura 4a, los puntos que representan los valores del método de la Radiación para esta etapa, son los que demuestran una menor dispersión en torno a la recta construida con los datos del método de Penman. Estos resultados son contradictorios a los encontrados por Mendonça et al (2003), que manifiestan que el método de la Radiación superestima la ETo, para esta etapa.

Los valores calculados por el método de Hargreaves (Figura 4b) presentan una mayor dispersión de los puntos con respecto al método anterior y en general reflejan valores levemente subestimativos, contrariamente a Mendonça et al. (2003).

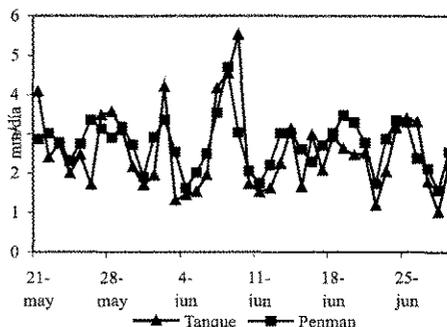
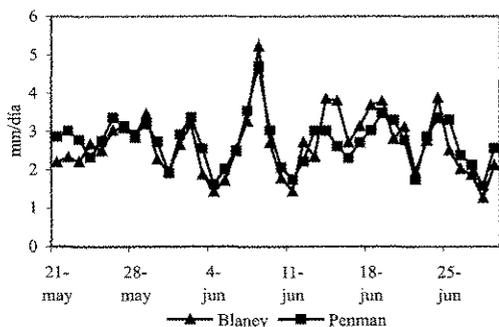
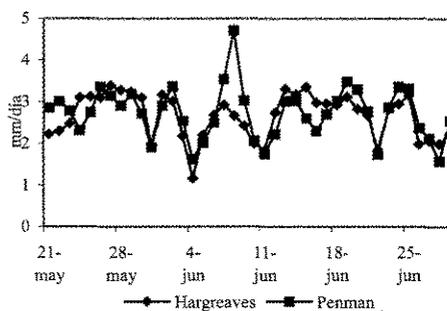
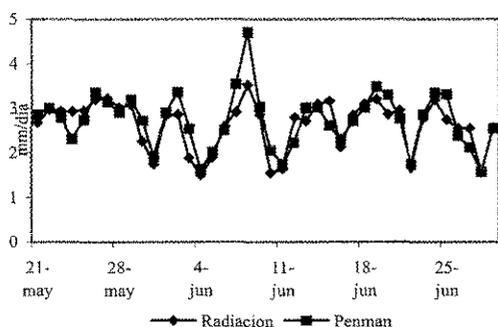


FIGURA 3. Variación diaria de la ETo calculada por diferentes métodos, Radiación (a), Hargreaves (b), Blaney & Criddle modificado por la FAO (c) y tanque clase A (d) en relación al método de Penman modificado por la FAO. Mayo- Junio 2006. FCA. San Lorenzo. 2006.

En general la diferencia entre los valores calculados por el método base y los otros es menor a la de la etapa anterior, esto es mas marcado para los métodos Radiación y Hargreaves, Figura 3a y 3b, respectivamente.

El método de Blaney & Criddle modificado por la FAO (Figura 3c) muestra una tendencia similar al método base; salvo al inicio de la fase experimental, probablemente a causa de las bajas temperaturas medias que inciden en el calculo de f (factor de uso consuntivo) y a mediados de Junio, en donde presentó valores superiores de ETo, posiblemente como consecuencia de que

El método de Blaney & Criddle modificado por la FAO, revela una dispersión de puntos bastante regular en torno a la recta 1:1 de Penman modificado por la FAO (Figura 4c), contrariamente a Camargo & Camargo (2000), que manifiestan que este método sobreestima considerablemente la ETo, para esta etapa. El método del tanque evaporímetro Clase A subestima la ETo y presenta una mayor dispersión de valores (Figura 4d).

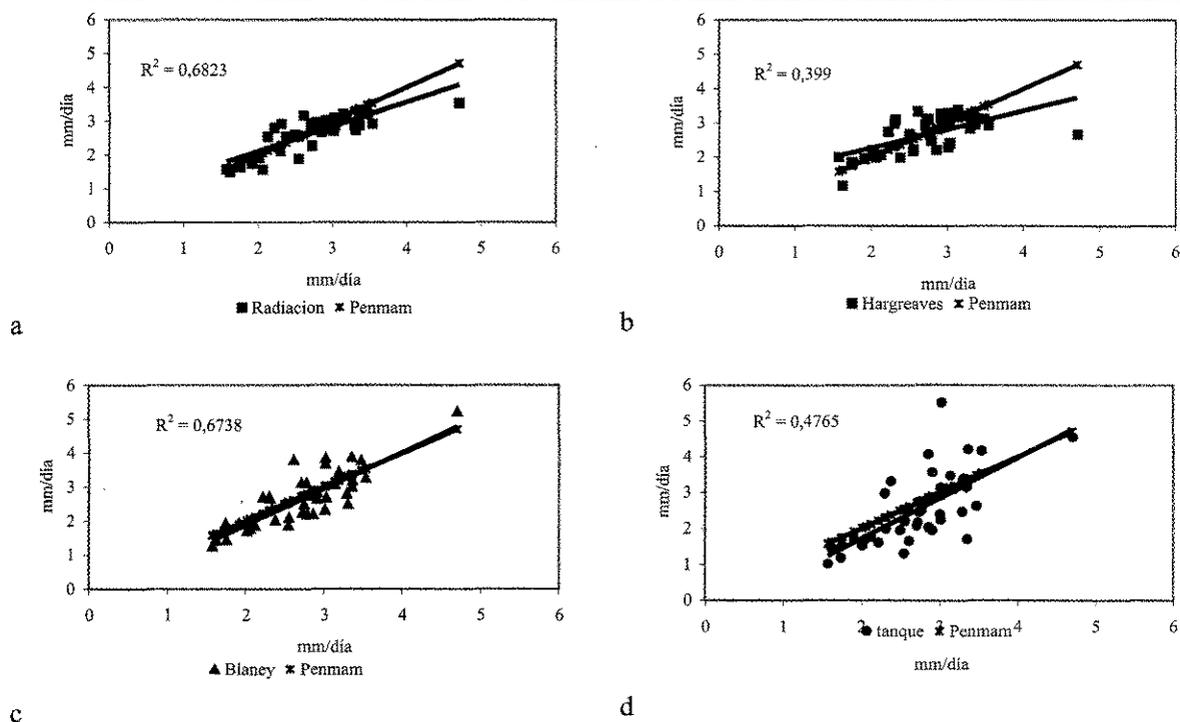


FIGURA 4. Dispersión de puntos de Eto calculada por diversos métodos, Radiación (a), Hargreaves (b), Blaney & Criddle modificado por la FAO (c) y tanque clase A(d) en torno a una recta construida con los datos del método de Penman modificado por la FAO. Mayo- Junio 2006. FCA. San Lorenzo. 2006.

En la Tabla 4, se puede notar que, para los meses de Mayo- Junio, los métodos de la Radiación y de Blaney & Criddle modificado por la FAO obtienen los mejores desempeños, con una calificación de muy bueno, en ambos casos. Conceição & Mandelli, 2005 encontraron resultados semejantes para el mismo método, para el cual

obtuvieron desempeño optimo, en investigaciones realizadas en la Región de Bento Gonçalves (RS, Brasil). En cuanto a los otros métodos (tanque Clase A y Hargreaves) tuvieron un desempeño regular.

TABLA 4. Desempeño de cada método de acuerdo a valor de (c). Otoño – Invierno 2006. FCA. San Lorenzo. 2006.

Coefficientes	Hargreaves	Radiación	Blaney & Criddle modificado por la FAO	Tanque Clase A
Coef. de determinación (r^2)	0,399	0,682	0,674	0,477
Coef. de correlación (r)	0,632	0,826	0,821	0,690
Coef. de exactitud (d)	0,896	0,947	0,911	0,767
Coef. de confianza (c)	0,570	0,780	0,750	0,530
Desempeño	Regular	Muy bueno	Muy bueno	Regular

$c > 0,85$ desempeño optimo, $0,76 < c < 0,85$ desempeño muy bueno, $0,66 < c < 0,75$ desempeño bueno, $0,51 < c < 0,65$ desempeño regular, $0,41 < c < 0,50$ desempeño malo y $c < 0,40$ desempeño pésimo.

En ambas etapas en que se realizo la investigación los métodos que necesitan mas variables para el calculo (Radiación y Blaney & Criddle modificado por la FAO) tuvieron mejor desempeño que aquellos métodos mas simples (Tanque clase A y Hargreaves), si bien el desempeño de estos últimos mejoró en la etapa de otoño-invierno.

& Criddle modificado por la FAO calculan valores de ETo cercanos a los calculados por el método de Penman modificado por la FAO y pueden ser utilizados para estimar la ETo.

Los resultados sugieren que independientemente de la época del año los métodos de la Radiación y el de Blaney

CONCLUSIONES

Considerando los resultados obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

El método de la Radiación presenta un desempeño óptimo, para primavera – verano y muy bueno para otoño - Invierno.

El método de Blaney & Criddle modificado por la FAO; presenta un desempeño bueno en primavera – verano, y muy bueno para otoño – invierno.

Los métodos de Hargreaves y del tanque evaporímetro clase A, tuvieron un mal desempeño en primavera – verano y regular para otoño – invierno.

LITERATURA CITADA

- AVIDAN, A. 1994. Determinación del régimen de riego de los cultivos. Israel: Dan Scheuer - Servicios Editoriales. 77 p. (La evaporación de los cultivos, 2)
- CAMARGO P. de, A.; SENTELHAS, P. C. 1997. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo. Revista Brasileira de Agrometeorologia (BR). 5 (1): 89 – 97.
- CAMARGO P. de, A.; CAMARGO P. de, M. B. 2000. Uma revisão analítica da Evapotranspiração Potencial. Bragantia (BR). 59 (2): 125 – 137.
- CASTILLO, F. L.; CASTELLVI SENTIS, F. (Coord.). 1996. Agrometeorología. Madrid, ES: Ediciones MUNDI- PRENSA. 517 p.
- CONCEIÇÃO F., M. A.; MANDELLI, F. 2005. Comparação entre métodos de estimativa de evapotranspiração de referência em Bento Gonçalves, RS. Revista Brasileira de Agrometeorologia. (BR). 13 (2): 303 - 307
- DE SANTA OLALLA MAÑAS, F. M.; DE JUAN VALERO, J. A. (Coord.). Agronomía del riego. 1993. Madrid, ES: Ediciones MUNDI PRENSA 732 p.
- DOOREMBOS, J.; PRUITT, W. O. 1997. Necessidades hídricas das culturas. Tradução H. R. Gheyi; Metri, J. E. C.; Damasceno, F. A. V. Campina Grande, BR: FAO U F P. 204 p. (Estudos FAO Irrigação e drenagem, 24)
- FACI GONZALEZ, J. M. 1997. Curso internacional de riego localizado: Medida y cálculo de la evapotranspiración de los cultivos. Tenerife, ES: I C I. 140 p.
- HARGREAVES, G.H. SAMANI, Z. A. 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. Applied Engineering Agriculture (EE.UU.). 1 (2): 96 - 99.
- MEDEIROS, S. L. P. Avaliação de métodos de estimativa de evapotranspiração de referência para a região mesoclimática de Santa Maria. RS. 1998. Revista Brasileira de Agrometeorologia (BR). 6 (1): 105 - 109
- MENDONÇA, J. C.; DE SOUSA, E. F.; SALASSIER, B.; DIAS, G. P.; GRIPPA, S. 2003. Comparação entre métodos de estimativa de evapotranspiração de referência (ET_o) na região Norte Fluminense, RJ. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. (BR). 7 (2): 275 - 279
- SILVEIRA DA MOTA, F. 1996. Meteorologia agrícola. 7ª ed. Sao Paulo, BR: Nobel. 376 p.
- WILLMOTT, C. J. 1981. On the validation of models. EE.UU.: Physical Geography (EE.UU.). 2 (2): 184-194.