

EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA A PARTIR DE MODELOS CON MÍNIMO REQUERIMIENTO DE DATOS: ESTIMACIÓN DE VALORES DIARIOS PARA LA LOCALIDAD DE BALCARCE (ARGENTINA)

Andrea I. IRIGOYEN¹, Aída DELLA MAGGIORA¹ y Jesús M. GARDIOL²

Introducción

El método de Penman-Monteith se ha postulado como estándar (Allen *et al.*, 1998) para la estimación de la evapotranspiración de referencia (ET₀). Este método ha sido evaluado para Balcarce por Della Maggiora *et al.* (1997), mostrando buena aptitud. Las variables de entrada, a menudo son faltantes, por lo que es necesario disponer de alternativas de estimación.

Los métodos de Hargreaves y Samani (1985) y el modificado por Droogers y Allen (2002), no presentan adecuada performance para la localidad de Balcarce, pero es factible el empleo de un método ajustado a partir de las mismas variables para la estimación de valores medios mensuales (Irigoyen *et al.*; 2003).

Los objetivos de este trabajo son a) determinar un ajuste local para la estimación de valores diarios de ET₀ y b) validar su aplicación para la estimación de valores diarios y decádicos.

Materiales y Métodos

Se realiza la estimación de los valores diarios de evapotranspiración de referencia según el método de Penman-Monteith (ET_{0PM}), acorde a lo indicado por Allen *et al.* (1998). Este es el método patrón para la evaluación de los modelos. Las variables de entrada corresponden a las registradas en la EEA Balcarce INTA (37° 45' S, 58° 18' W), durante la serie 1971-2000.

Se emplean las series de datos de las variables temperatura máxima (TMAX), temperatura mínima (TMIN) y precipitación (PP) del período 1971-85 para la desarrollo de los modelos. La variable radiación teórica astronómica (RTA) se obtiene a partir de la información de latitud y número de día del año, según lo indicado en Allen *et al.* (1998). La variable DT representa la diferencia entre TMAX y TMIN.

Los datos correspondientes a la serie 1986-2000 se emplean para la validación de los modelos. La evaluación de la performance se realiza a través de gráficos de dispersión, ajuste por regresión (P < 0,05) y la determinación de la raíz cuadrada del cuadrado medio de error (RCME) y el error absoluto medio (EAM) según:

$$RCME = (\sum (\text{estimado-observado})^2 / n)^{0.5}$$

$$EAM = \sum |\text{estimado-observado}| / n$$

Resultados y discusión

En el desarrollo de modelos sencillos para la estimación de ET₀ se consideran las variables temperatura máxima (TMAX), temperatura mínima

(TMIN), diferencia entre temperaturas máxima y mínima (DT) y precipitación (PP), que resultan buenas predictoras a escala media mensual para la localidad de Balcarce (Irigoyen *et al.*, 2003). Los coeficientes de correlación entre ET_{0PM} y las predictoras RTA, TMAX, TMIN y DT mantienen la significancia a escala diaria, mientras que la asociación entre ET_{0PM} y PP se hace despreciable (Cuadro 1). Se prueban combinaciones de estas variables, que resultan en seis modelos sencillos de estimación lineal, cuyos coeficientes se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Coeficientes de correlación ordinaria Pearson entre variables predictoras y ETP_{PM} (n=5410).

	RTA	TMAX	TMIN	DT	RTA*DT	PP
r	0,84	0,81	0,56	0,59	0,86	-0,0008

Cuadro 2. Coeficientes del ajuste por regresión de los modelos (n=5410).

	Modelo					
	1	2	3	4	5	6
Coefficientes						
Intercepto	-2,12	-2,12	0,20	0,16	0,15	0,16
RTA	0,11	0,11				
DT	0,13	0,13				
RTA*DT			0,01	0,01	0,01	0,01
PP			-0,001	0,01		-0,002
TMAX					-0,06	-0,06
TMIN					0,14	0,15
R ²	0,79	0,79	0,74	0,75	0,83	0,83

Cuadro 3. Estadísticos empleados en la validación de los modelos para la estimación de valores diarios (n=5345)

Modelo	ET ₀ mmd ⁻¹	a mmd ⁻¹	b	R ²	RCME mmd ⁻¹	EAM mmd ⁻¹
1	2,7	0,50	0,85	0,80	0,72	0,56
2	2,7	0,50	0,85	0,80	0,72	0,56
3	2,6	0,68	0,77	0,72	0,84	0,65
4	2,6	0,64	0,77	0,72	0,84	0,65
5	2,7	0,47	0,88	0,84	0,66	0,51
6	2,7	0,47	0,88	0,84	0,66	0,51

Los modelos presentan una adecuada performance para la estimación de valores diarios (Cuadro 3), considerando que los modelos evaluados tienen mínimo requerimiento de las variables de entrada determinantes del proceso.

¹ Unidad Integrada Fac. Cs. Agrarias UNMdP-EEA Balcarce INTA (Argentina)

Email: airigoyen@balcarce.inta.gov.ar

² Facultad de Ciencias Exactas y Naturales UBA (Argentina)

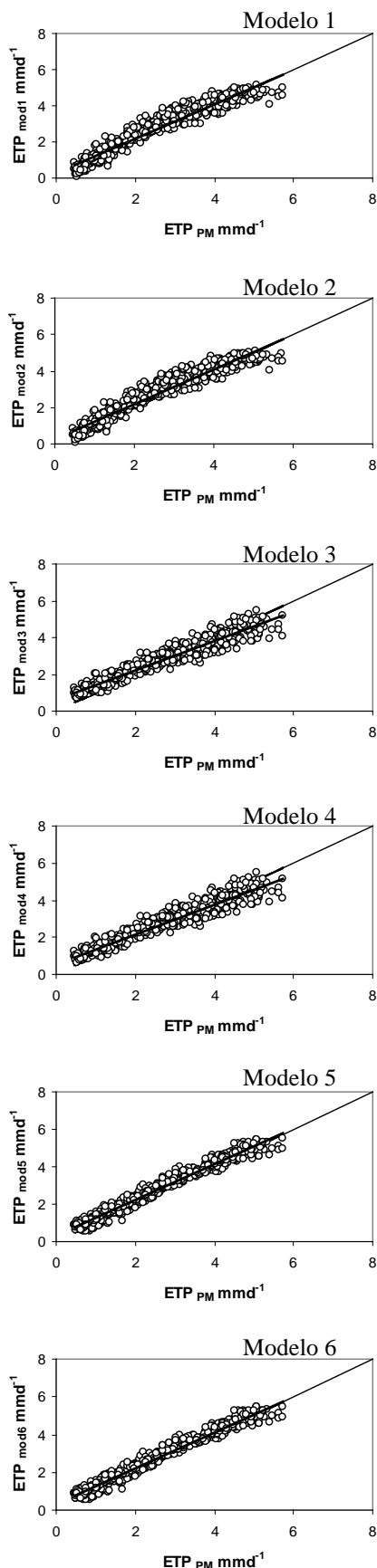


Figura 1. Gráficos de dispersión entre valores observados (ET_{0PM}) y valores medios decádicos estimados por cada uno de los modelos. La línea delgada representa la recta 1:1 y la línea gruesa representa el ajuste por regresión.

El modelo 5 se distingue por una mejor combinación conjunta de los parámetros empleados en la evaluación. El RCME es de $0,66 \text{ mmd}^{-1}$ y el EAM representa un 20% del valor medio observado ($ET_{PM}=2,6 \text{ mmd}^{-1}$). La incorporación de la variable precipitación no incrementa la explicación por el modelo, cuando las restantes variables ya están presentes. Esto es resultado de la escasa correlación a escala diaria entre la ET_{PM} y la precipitación (PP).

En la Figura 1 se presentan los ajustes por regresión para la estimación de valores decádicos, donde se distingue también la performance del modelo 5. El coeficiente a se aproxima a uno, el coeficiente b se aproxima a cero, mayor coeficiente de determinación R^2 , menor RCME y menor EAM (Cuadro 4). Errores del 10% respecto al valor medio observado ($ET_{0PM}=2,6 \text{ mmd}^{-1}$) señalan una alternativa válida para los casos en los cuales no están disponibles las variables necesarias para la aplicación del método estándar.

Cuadro 4. Estadísticos empleados en la validación de los modelos para la estimación de valores decádicos (n=540)

Modelo	ET_0 mmd^{-1}	a mmd^{-1}	b	R^2	RCME mmd^{-1}	EAM mmd^{-1}
1	2,7	0,24	0,96	0,93	0,41	0,33
2	2,7	0,24	0,96	0,93	0,42	0,33
3	2,6	0,59	0,80	0,93	0,44	0,36
4	2,6	0,55	0,80	0,93	0,43	0,35
5	2,7	0,27	0,96	0,97	0,31	0,25
6	2,7	0,27	0,96	0,97	0,31	0,25

Conclusiones

Dado que el período decádico resulta adecuado en la mayoría de las aplicaciones del balance de agua, el empleo de la evapotranspiración estimada por un método tan sencillo, resulta una ventaja considerable frente a los usuales problemas de disponibilidad de información meteorológica básica.

Referencias Bibliográficas

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S. RAES, D.; D. SMITH. Crop evapotranspiration. Guides for computing crop water requirements. FAO Irrig. Drain. Paper N° 56. FAO, Rome, Italy, 300 p, 1998.
- DELLA MAGGIORA, A.I.; GARDIOL, J.M.; IRIGOYEN, A.I.; L.ECHARTE. Estimación de la evapotranspiración de referencia con el método de Penman-Monteith en Balcarce. Rev. de la Fac. de Agron. Tomo 17 N° 1:123-126, 1997.
- DROOGERS, P. Y R. ALLEN. Estimating reference evapotranspiration under inaccurate data conditions. Irrigation and Drainage Systems 16, 33-45, 2002.
- HARGREAVES, G Y Z. SAMANI. Reference crop evapotranspiration. Tech. N.J. Irrig. Drain. Eng., 1985.
- IRIGOYEN, A.; DELLA MAGGIORA, A. y J. GARDIOL. Evapotranspiración de referencia a partir de modelos con mínimo requerimiento de datos: Estimación de valores medios mensuales para la localidad de Balcarce (Argentina) XIII Congreso Brasileiro de Agrometeorología. Santa María, Brasil, 2003.