

Determinaciones de evapotranspiración y coeficientes K para varios cultivos¹

Juan Tosso T.^{2/}

INTRODUCCION

La cantidad de agua que necesita un cultivo a través de sus diferentes estados de desarrollo vegetativo, término que se expresa como Uso-Consumo o Evapotranspiración, es un antecedente fundamental en la determinación de Tasas de Riego, en la planificación del riego tanto a nivel predial como regional, en el diseño de método y estructuras de riego, distribución de agua, etc.

Sin embargo, los valores de Uso-Consumo determinados en un lugar tienen un área de extrapolación limitada debido a que este factor está fuertemente influenciado por las características climáticas del lugar para un cultivo específico. Por otro lado, las mediciones de Uso-Consumo necesitan varios años de experimentación para que ellas sean representativas requiriendo, además, de equipos y personal especializado.

Basado en la buena correlación existente entre Uso-Consumo y evaporación de bandeja clase A indicada por algunos investigadores entre los que se pueden mencionar a Pruitt (1960), Brutsaert (1965), y Denmead y Shaw (1962), es posible hacer estimaciones de evapotranspiración conociendo la relación existente entre ambos parámetros en los diferentes estados de desarrollo vegetativo del cultivo. Dicha relación se conoce como coeficiente K de evapotranspiración.

En el presente trabajo se ha analizado la información de varios años de experimentación conducidos por el Programa de Riego de la Estación Experimental La Platina, con el propósito de determinar el Uso-Consumo del maíz, maravilla, tomate, frejol, papas, cebolla, trigo, alfalfa y trébol. Se relacionó tam-

bién dichos valores con la evaporación de bandeja clase A obteniéndose los coeficientes K para algunos de estos cultivos.

REVISION DE LITERATURA

El método más común para medir Uso-Consumo de los cultivos es el basado en la diferencia de humedad del suelo durante los intervalos de riego, y ha sido descrito por Pair (1969), Jensen (1967), Davidson y Nielsen (1966) y Christiansen (1968). Taylor (1961) indica que a través de este método se puede tener un error de 5 a 10%. Tanner (1967) recomienda el uso de aspersor de neutrones en las determinaciones de humedad para disminuir el error.

Pruitt (1966), Hargreaves (1971) y Tosso y Tondreau (1975), señalan que existe una buena correlación entre el Uso-Consumo y la evaporación de bandeja clase A. Basado en esta afirmación, es posible hacer estimaciones de Uso-Consumo en base a la evaporación, en zonas donde aquella información no se ha obtenido experimentalmente. Para ello se hace uso de la siguiente ecuación:

$$ET = K \cdot EV \quad [1]$$

donde:

ET = evapotranspiración estimada

K = coeficiente del cultivo

EV = evaporación de bandeja clase A

Los coeficientes K varían de acuerdo al estado de desarrollo de los cultivos y sus valores pueden extrapolarse a zonas climáticas diferentes a aquellas en las cuales ellos han sido obtenidos. En relación a la evaporación de bandeja, EV, Tosso (1975) propuso una fórmula a través de la cual ella puede ser estimada. Dicha fórmula está basada en antecedentes climáticos obtenidos en el país.

¹Recepción originales: 22 de septiembre de 1975.

²Ing. Agr., M. S., Programa de Riego, Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en la Estación Experimental La Platina, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, ubicada en la comuna de La Granja, provincia de Santiago.

El suelo en que se realizaron los ensayos pertenece a la serie Maipo, posee una textura franco-limosa y piedras redondas con 10% de matriz franco-arenosa a partir de los 90 centímetros de profundidad.

El diseño experimental usado en cada uno de los cultivos, correspondió a bloques al azar con 3 tratamientos y 4 repeticiones.

Los tratamientos de riego consistían en regar cuando había disminuido en diferentes porcentajes la humedad aprovechable en el perfil del suelo.

La evapotranspiración se determinó por el método del balance de agua utilizando parcelas experimentales apretilladas de 4×4 metros con lo cual se controló el escurrimiento superficial. La cantidad de agua aplicada en los riegos se midió volumétricamente con el objeto de llevar el suelo a capacidad de campo, disminuyendo a un mínimo de percolación profunda. Para esto se tomaron muestras de suelo a través del perfil muestreando a las profundidades de 0-30, 30-60 y 60-90 cm. Para los propósitos del presente estudio se consideró solamente el tratamiento que garantizaba que la planta no había estado sometida a stress de agua durante su desarrollo. Los tratamientos considerados correspondieron a aquellos en que se obtuvo mayor rendimiento, habiéndose agotado entre 40-50% del agua aprovechable del perfil antes de cada riego.

La información de evaporación de bandeja clase A fue obtenida de la Estación Meteorológica existente en la Estación Experimental La Platina. Esta información fue procesada conjuntamente con la información de evapotranspiración usando correlaciones y regresiones lineales simples.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las Figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6 muestran las relaciones entre la evapotranspiración actual de los respectivos cultivos y la evaporación de bandeja clase A, relación que constituye el coeficiente K del cultivo. Dichas figuras fueron trazadas considerando el período vegetativo en términos de porcentaje, considerando como 100% el período que va desde la siembra a la cosecha. El propósito de este tipo de representación es poder comparar los

valores con otros determinados en diferentes zonas climáticas.

En el Cuadro 1 se indican los resultados de los análisis estadísticos realizados. Se observa que los coeficientes de correlación r para la relación $ET = a + b \times EV$, variaron entre 0,69 y 0,90, fluctuación que concuerda con lo indicado por algunos autores como Pruitt (1960).

En el Cuadro 2, se observan los valores de los coeficientes K para cada uno de los cultivos. Estos fueron calculados para los diferentes estados de desarrollo del cultivo, expresados en porcentajes del período vegetativo, con el fin de que ellos puedan ser directamente utilizados en zonas climáticas diferentes a aquellas en que fueron obtenidos. Se observan en este cuadro que con excepción

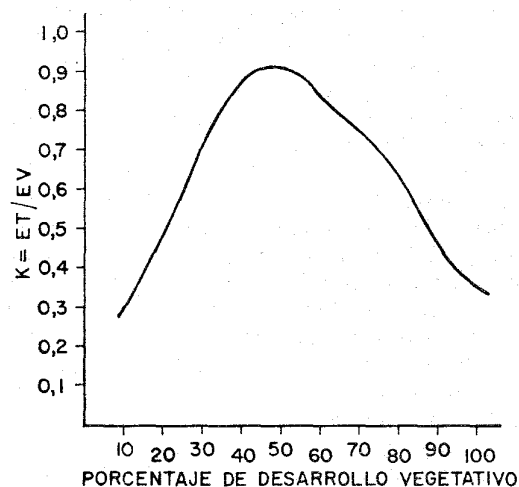


Figura 1 — Relación Uso-Consumo/Evaporación de bandeja en maíz. Promedio 3 años. Est. Exp. La Platina.

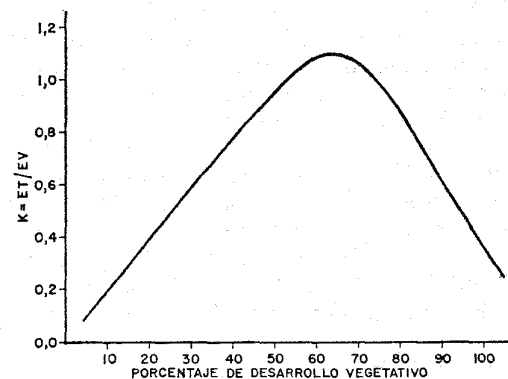


Figura 2 — Relación Uso-Consumo/Evaporación de bandeja en maravilla. Promedio 4 años. Est. Exp. La Platina.

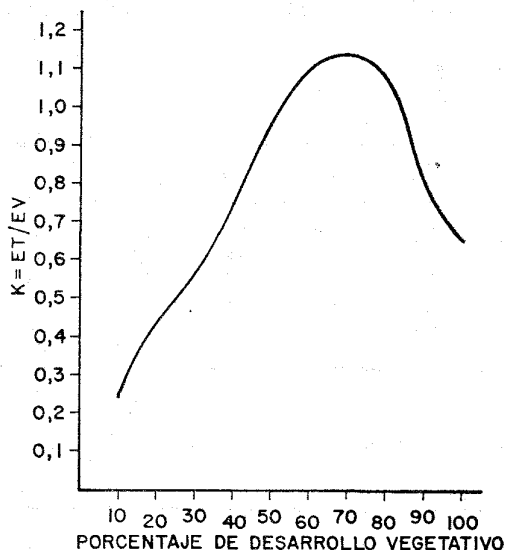


Figura 3 — Relación Uso-Consumo/Evaporación de bandeja en tomate. Promedio 2 años. Est. Exp. La Platina.

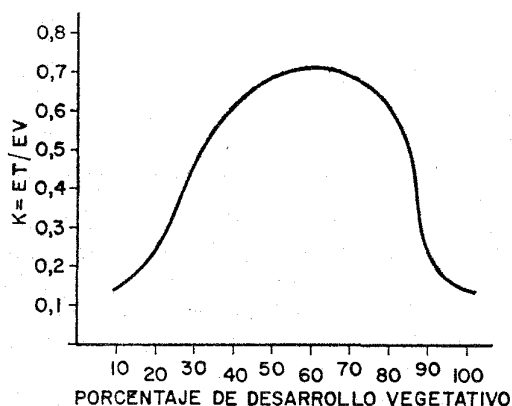


Figura 4 — Relación Uso-Consumo/Evaporación de bandeja en cebolla. Promedio 2 años. Est. Exp. La Platina.

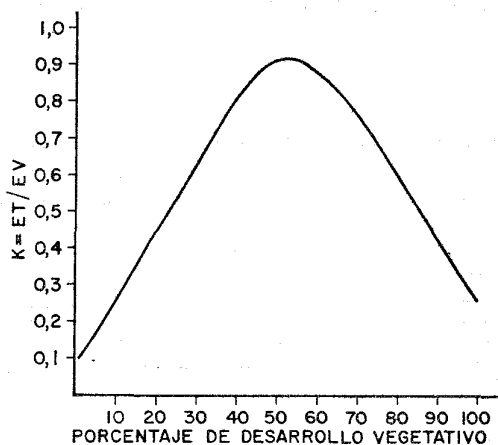


Figura 5 — Relación Uso-Consumo/Evaporación de bandeja en frejol. Promedio 3 años. Est. Exp. La Platina.

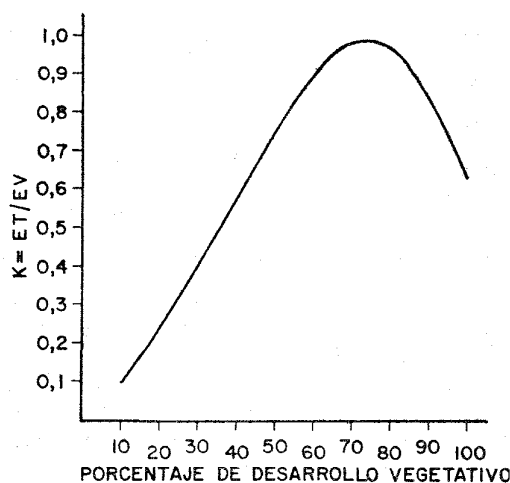


Figura 6 — Relación Uso-Consumo/Evaporación de bandeja en papas. Promedio 3 años. Est. Exp. La Platina.

Cuadro 1 — Antecedentes del análisis de regresión y correlación entre evapotranspiración, ET, y evaporación de bandeja clase A, EV.

Cultivos	Nº años	Nº datos	r	ET = a + b . EV
Maíz ¹	3	23	0,69	ET = -4,81 + 1,35 EV
Maravilla ²	4	16	0,90	ET = -6,93 + 1,79 EV
Tomate	2	22	0,72	ET = -1,29 + 1,47 EV
Cebolla	2	18	0,82	ET = -1,8 + 1,55 EV
Frejol	3	23	0,73	ET = -6,30 + 1,60 EV
Papa	3	27	0,81	ET = 1,69 + 0,45 EV

¹Información de la Estación Experimental La Platina analizada por F. Córdova.

²Información analizada por Tosso y Tondreau.

Cuadro 2 — Coeficientes K para estimar evapotranspiración en base a evaporación de bandeja clase A

$$\left(K = \frac{ET}{EV} \right)$$

Cultivos	Porcentaje de desarrollo vegetativo (%)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Maíz	0,30	0,50	0,70	0,87	0,91	0,82	0,75	0,65	0,45	0,35
Maravilla	0,18	0,38	0,56	0,73	0,92	1,07	1,06	0,86	0,60	0,36
Tomate	0,25	0,45	0,57	0,75	0,95	1,15	1,07	0,80	0,65	0,50
Cebolla	0,15	0,24	0,50	0,61	0,64	0,72	0,54	0,52	0,19	0,15
Frejol	0,15	0,35	0,53	0,72	0,88	0,91	0,79	0,57	0,35	0,28
Papa	0,10	0,25	0,41	0,57	0,72	0,88	0,98	0,97	0,82	0,63

Cuadro 3 — Promedios mensuales de evapotranspiración en la Estación Experimental La Platina, expresados en milímetros por mes.

Cultivos	Nº años	Meses										Total
		Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Enr.	Feb.	Marz.	Abr.	May.		
Maíz	5		56	126	223	211	98	47	91			770
Maravilla	4		6	75	160	255	150	60				706
Tomate	2			47	133	209	166	74				629
Cebolla	2			30	112	142	90	20				394
Frejol	3			19	112	206	95	40				472
Papa	3			45	135	212	159	20				571
Alfalfa	5		93	129	158	159	123	84	54	43		843
Trébol	5		44	90	143	146	98	78	60	31		690
Raps	1	83	148	154								385
Trigo	5		84	126	90	16						316

del maíz el resto de los cultivos presenta su mayor valor de coeficiente K al 60% de su período vegetativo.

Al comparar los coeficientes K obtenidos en el presente trabajo con los recopilados por Hargreaves (1967), se observan pequeñas variaciones. Según Córdova (1974) éstas se deberían a las posibles diferencias de construcción entre las bandejas utilizadas, al método de riego empleado, a la diferencia de densidad de plantas, diferencias de advección y nivel de humedad aprovechable en el suelo durante la experiencia. Los coeficientes del Cuadro 2 pueden ser utilizados para estimar evapotranspiración actual de los cultivos en zonas donde este factor no ha sido medido ex-

perimentalmente. Para ello es necesario conocer la evaporación de bandeja del lugar donde se requiere dicha información y aplicar la ecuación I indicada anteriormente. En dicha ecuación, EV es considerada como índice de evapotranspiración potencial.

En el Cuadro 3 se indican los valores de Uso-Consumo mensual, expresados en milímetros para algunos cultivos. Esta información corresponde a los tratamientos en que se obtuvo el mejor rendimiento de los respectivos cultivos. Se observa en este cuadro que los mayores requerimientos de agua se presentan durante los meses de diciembre y fundamentalmente enero.

RESUMEN

El Programa de Riego de la Estación Experimental La Platina, ha realizado estudios en cultivos de maíz, maravilla, tomate, frejol, papas, cebolla, trigo, alfalfa y trébol, con el propósito de determinar las necesidades de agua de ellos a través de su período vegetativo. El método utilizado fue el de parcelas experimentales y consistía en tomar muestras de humedad del suelo con el fin de determinar el Uso-Consumo mediante un balance hídrico.

Se realizaron estudios de correlación y regresión simple entre la evapotranspira-

ción de cada cultivo y la correspondiente evaporación de bandeja clase A. Del análisis de la información se obtuvo los coeficientes K función del porcentaje de desarrollo vegetativo de cada cultivo. A su vez se indican los resultados mensuales expresados en milímetros por mes, Uso-Consumo o evapotranspiración medidos en La Platina.

SUMMARY

DETERMINATION OF EVAPOTRANSPIRATION AND K COEFFICIENTS FOR SEVERAL CROPS

The Irrigation Program of La Platina Experiment Station has conducted some experiments on the following crops: corn, sunflower, tomato, beans, potatoes, onion, wheat, alfalfa, clover and rape. The objective of this research was to determine the consumptive use of water by the aforementioned crops. The methodology utilized consisted in taking soil samples between consecutive irrigations and drying these samples in an oven at a temperature of 150°C. The decrease in soil moisture between samplings was used to compute the rate of consumptive use. The precipitation occurred between irrigations was taken into account. Regression and correlation analysis between consumptive use and class A pan evaporation were done, in order to obtain the crop coefficients K that indicate the relationship between these two parameters. The results of the average monthly consumptive use were also presented in this paper.

LITERATURA CITADA

- BRUTSAERT, WILFRIED. 1965. Evaluation of some practical methods of estimating evapotranspiration in arid climates at low latitudes. *Water Resources Res.*, Vol. 1, Nº 2, pp. 187-191.
- CÓRDOVA, P. F. 1974. Relaciones entre Uso-Consumo y evaporación desde bandeja para un cultivo de maíz. *Agricultura Técnica (Chile)*. 34 (1): 11-15.
- DAVIDSON, J. M. and NIELSEN, D. R. 1966. Determining evapotranspiration by profile sampling. Procedure, evapotranspiration and its role in water resources management. Conference American Society of Agricultural Engineers.
- CHRISTIANSEN, J. E. 1968. Pan Evaporation and evapotranspiration from climatic data. *Journal of Irrigation and Drainage Division. Proceedings of American Society of Civil Engineers* pp. 243-265.
- DENMEAD, O. T. and SHAW, R. H. 1962. Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions *Agr. J.* 54: 385-390.
- HARGREAVES, G. H. 1967. Consumptive-use derived from evaporation pan data. *Journal of the Irrigation and Drainage Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, Vol. 94, Nº IR 1.
- . 1971. The evaluation of water deficiencies. Technical Report. Utah State University, Department of Agricultural and Irrigation Engineer. Logan, Utah. 12 p.
- JENSEN, M. E. W. 1967. Evaluating Irrigation Efficiency. *American Society of Civil Engineering. Eng. Proc.* 93 (IR 1): 83-99.
- PAIR, H. C. (ed) 1969. *Sprinkler Irrigation. Third Edition.* Sprinkler Irrigation Association. Washington, D. C. 20005. 444 p.
- PRUITT, W. O. 1960. Relation of consumptive use of water to climate. Reprinted from the *Transaction of ASAE*. Vol. 3, Nº 1, pp. 9-13.
- . 1966. Empirical Method of estimating evapotranspiration using primarily evaporation pans. *Evapotranspiration and its role in Water Resources Management, ASAE Conference Procedure*, 57-61.
- TANNER, C. B. 1967. Measurements of Evapotranspiration. *Irrigation of Agricultural Lands. Agronomy* Nº 11. pp. 535-574.
- TAYLOR, C. B. 1961. Evaluating soil water. *Utah Agricultural Experimental Station. Bulletin* Nº 426. 67 p.
- TOSSO, JUAN. 1975. Nueva fórmula para la determinación de evapotranspiración en Chile. *Agricultura Técnica (Chile)*. 35 (3): 139-147.
- . y TONDREAU, J. 1975. Evapotranspiración en Maravilla (*Helianthus annuus* L.) y sus relaciones con evaporación de bandeja y rendimiento. *Agricultura Técnica (Chile)*. 36 (3): 98-102.