

# Evapotranspiración en Maravilla (*Helianthus annuus* L.) y sus relaciones con evaporación de bandeja y rendimiento<sup>1</sup>

Juan Tosso T.<sup>2</sup> y Jorge Tondreau A.<sup>2</sup>

## INTRODUCCION

El factor más importante en la determinación de tasas de riego es la evapotranspiración o uso-consumo de los cultivos. Los antecedentes que existen en el país al respecto son escasos, especialmente en lo que se refiere al cultivo de la maravilla.

Los valores de evapotranspiración de un cultivo varían de acuerdo al estado de desarrollo vegetativo y a la demanda atmosférica,

hecho que dificulta la obtención de estos valores para las diferentes zonas climáticas del país.

Una de las formas más simples de obtener los antecedentes de evapotranspiración es a través de una estimación mediante la información proporcionada por bandejas de evaporación y los coeficientes específicos del cultivo, K.

El presente trabajo tuvo por objeto determinar la evapotranspiración mensual de un cultivo de maravilla y sus respectivos coeficientes K en la provincia de Santiago. Además, se estableció una relación evapotranspiración-rendimiento a partir de la cual es posible estimar los volúmenes de agua que se

<sup>1</sup>Recepción originales: 24 de junio de 1975.

<sup>2</sup>Ings. Agrs. M.S., Programa Riego, Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile.

requieren para conseguir rendimientos óptimos.

### REVISION DE LITERATURA

Tanner (1967) establece tres métodos para determinar la evapotranspiración de un cultivo:

- a) Método de balance de agua;
- b) Método micrometeorológico, y
- c) Método empírico.

El primer método se basa en la ecuación hidrológica

$ET = P - Es - Pp \pm \Delta H$ , en donde:

ET = Evapotranspiración;

P = Precipitación o riego;

Es = Escurrimiento superficial;

Pp = Percolación profunda, y

$\Delta H$  = Cambio en el contenido de humedad del suelo.

Controlando P, Es y Pp, se puede conocer ET si se determina  $\Delta H$  a partir de la medición de la humedad del suelo. Utilizando parcelas experimentales o lisímetros, la aplicación de este método resulta relativamente sencillo. La principal desventaja de este método es que los antecedentes obtenidos no pueden extrapolarse a condiciones climáticas diferentes.

El método micrometeorológico exige trabajar con instrumentos altamente sensibles y sofisticados, puesto que las variables que considera no se miden en los servicios de estaciones meteorológicas.

El método empírico se basa en el desarrollo de ecuaciones que relacionan variables climáticas, con el fin de estimar valores de evapotranspiración potencial que son corregidos para los diferentes cultivos y períodos de desarrollo. Son conocidas las ecuaciones propuestas por Criddle (1953), Blaney y Criddle (1962), Thornthwaite (1948), Papadakis (1962), Penman (1954) y otros, que fueron desarrolladas bajo condiciones climáticas diferentes a las de nuestro país.

Pruitt (1960) y Hargreaves (1968) señalan que existe una correlación entre el agua usada por los cultivos y el agua evaporada desde una bandeja de evaporación e indican, que los antecedentes de evaporación proveen una forma simple de calcular las necesidades de riego en zonas donde los datos de evapotrans-

piración no han sido determinados experimentalmente.

Basado en este hecho, Tosso (1972) propuso una ecuación para estimar la evaporación de bandeja, utilizando antecedentes climáticos del país.

Al relacionar los valores de evaporación de bandeja con valores de evapotranspiración obtenidos experimentalmente, se obtienen los coeficientes K del cultivo, que varían de acuerdo al estado de desarrollo vegetativo. Estos coeficientes pueden utilizarse en zonas climáticas diferentes, para estimar valores de evapotranspiración de acuerdo a la siguiente ecuación:

$ET = K \cdot Ev$  donde;

ET = Evapotranspiración estimada;

K = Coeficiente de cultivo;

Ev = Evaporación de bandeja.

### MATERIALES Y METODOS

El estudio se efectuó durante los años 1969-1973 en la Estación Experimental La Platina del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, ubicada en la comuna de La Granja, provincia de Santiago.

El suelo pertenece a la Serie Maipo; tiene textura franca a franco-limosa y a partir de los 90 cm de profundidad, piedras redondas con 10% de matriz franco-arenosa. Las constantes hídricas se determinaron en el laboratorio con equipos de presión y se extrajeron muestras de suelo no disturbadas para establecer la densidad aparente.

Cuadro 1 — Constantes hídricas del perfil del suelo.

Profundidad (cm)	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Capacidad de campo (%)	Porcentaje de marchitez permanente (%)
0 — 30	1,22	22,9	6,8
30 — 60	1,26	23,1	6,9
60 — 90	1,28	19,0	5,6

El diseño experimental correspondió a un bloque al azar con tres tratamientos de riego y cuatro repeticiones. Los tratamientos de riego consistían en regar cuando se había extraí-

do del suelo los siguientes porcentajes de humedad aprovechable:

Tratamiento			
	Porcentaje - humedad aprovechable		extraída
	1969/70	1970/71	1972/73
Húmedo	50	86	68
Medio	72	95	79
Seco	91	100	100

La evapotranspiración se determinó por el método del balance de agua, utilizando parcelas experimentales apretilladas de  $4 \times 4$  m, con lo cual se controló el escurrimiento superficial. La cantidad de agua aplicada en los riegos se midió volumétricamente con el objeto de reponer en el perfil de suelo la humedad máxima que era capaz de retener sin que hubiera percolación profunda. Para esto, se tomaron muestras de suelo a 0-30, 30-60 y 60-90 cm de profundidad antes de cada riego y se determinó los contenidos de humedad por el método gravimétrico.

Los antecedentes de precipitación y evaporación de bandeja fueron obtenidos de la Estación Meteorológica, ubicada en la Estación Experimental.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### EVAPOTRANSPIRACIÓN Y EVAPORACIÓN DE BANDEJA

El análisis de los antecedentes de evapotranspiración obtenidos, con su distribución mensual, se indican en el Cuadro 2.

La información, promedio de 3 años, de evapotranspiración y evaporación de bandeja por periodos de 10 días y expresada en milímetros por día, aparece en la Figura 1.

Del Cuadro 2 y Figura 1 se aprecia que el mayor valor de la evapotranspiración se obtuvo en el mes de enero, período que coincidió con la etapa de floración del cultivo. En la Figura 1, se observa la relación entre los antecedentes de evapotranspiración y evaporación de bandeja; esta relación es corroborada por la correlación entre ambas variables.

Cuadro 2 — Evapotranspiración mensual de la maravilla, promedio de 3 años, expresada en milímetros.

Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Total
6	75	160	255	150	60	706

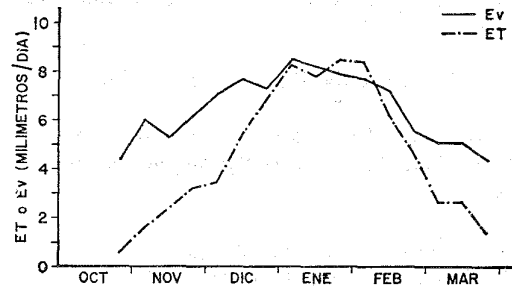


Figura 1 — Promedio de tres años de evapotranspiración y evaporación de bandeja.

Los valores obtenidos de la ecuación de regresión y coeficiente de correlación fueron los siguientes:

$$ET = -6,93 + 1,79 Ev$$

$$r = 0,90$$

### COEFICIENTES DEL CULTIVO (K)

Para obtener valores de K de acuerdo al período vegetativo, se dividió en 10 partes iguales el tiempo que demoró el cultivo en cumplir su ciclo vegetativo; de esta forma, los coeficientes K, que aparecen en el Cuadro 3, están dados en base a porcentaje de desarrollo del cultivo.

En la Figura 2 se muestra la distribución de los valores de K a lo largo del período vegetativo. Su valor máximo fue de 1,07 valor que coincidió con el período de floración.

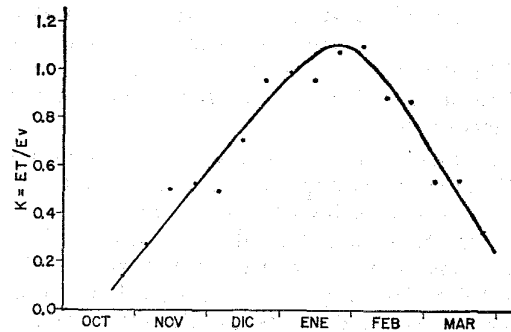


Figura 2 — Distribución de los valores de K, promedio de 3 años, a lo largo del período vegetativo.

Cuadro 3 — Valores de los coeficientes de cultivo, K, promedio de 3 años.

	Porcentaje de desarrollo									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
K	0,18	0,38	0,56	0,76	0,92	1,07	1,06	0,86	0,69	0,35

## RELACION RENDIMIENTO - EVAPOTRANSPIRACION

La relación que se presenta en este trabajo corresponde a información proporcionada por tres años de investigación. Su propósito fundamental es determinar el óptimo de producción física de un programa de riego en maravilla para diferentes niveles de evapotranspiración o tazas de riego.

Se estableció la siguiente ecuación de regresión simple entre la evapotranspiración total y el rendimiento:

$$R = 8,35 + 0,40 ET \quad 37 \leq ET \leq 89$$

$$r = 0,82 \text{ , donde}$$

R = Rendimiento en grano, qq/ha  
ET = Evapotranspiración total, cm; y  
r = Coeficiente de correlación.

Se obtuvo, además, otra relación entre rendimiento en grano y la humedad aprovechable extraída en los primeros 30 cm de suelo antes de cada riego:

$$R = 61,37 - 0,40 Ha \quad 43 \leq Ha \leq 93$$

$$r = 0,74 \text{ , donde}$$

Ha = Porcentaje de humedad aprovechable extraída en los primeros 30 cm de suelo.

## RESUMEN

En la Estación Experimental La Platina, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, ubicada en la comuna de La Granja, provincia de Santiago, se efectuó un ensayo durante los años 1969-1973 con el fin de determinar los valores de evapotranspiración de un cultivo de maravilla (*Helianthus annuus* L.) y sus relaciones con evaporación de bandeja y rendimiento.

La evapotranspiración total promedio fue de 706 milímetros con un valor diario máximo de 8,5 milímetros/día durante el período de floración.

Se encontró una correlación positiva entre los valores de evapotranspiración del cultivo y evaporación de bandeja obteniéndose una ecuación del tipo:

$$ET = - 6,93 + 1,79 Ev$$

$$r = 0,90$$

También se determinaron los coeficientes del cultivo (K) para diferentes etapas del desarrollo vegetativo utilizando la ecuación:

$$K = \frac{ET}{Ev}$$

Finalmente, se establecieron relaciones entre evapotranspiración y rendimiento en grano y entre porcentaje de la humedad aprovechable extraída en los primeros 30 cm de suelo y rendimiento en grano, obteniéndose las ecuaciones:

$$R = 8,35 + 0,40 ET \quad 37 \leq ET \leq 89$$

$$r = 0,82 \text{ y}$$

$$R = 61,37 - 0,40 Ha \quad 43 \leq Ha \leq 93$$

$$r = 0,74$$

## SUMMARY

EVAPOTRANSPIRATION OF SUNFLOWER (*Helianthus annuus* L.) AND ITS RELATIONSHIP WITH PAN EVAPORATION AND YIELD

An experiment was conducted during the years 1969-1973 at La Platina Experiment Station, Santiago, Chile.

The main purpose of this study was to determine the evapotranspiration (ET) of sunflower and its relationship with pan evaporation (Ev) and crop yield (R).

The total ET obtained was 706 milimeters with a peak value of 8.5 milimeters per day during the flowering stage.

A positive correlation between ET and Ev was found:

$$ET = - 6.93 + 1.79 Ev$$

$$r = 0.90$$

The crop coefficients K, were determined for different stages of crop growth according to the equation:

$$K = \frac{ET}{Ev}$$

Finally, relationships between ET and grain yield, and between percentage of available water depleted in the first 30 cm of soil (Ha) and grain yield, were established with the following equations:

$$R = 8.35 + 0.40 ET \quad 37 \leq ET \leq 89$$

$$r = 0.82 \text{ and}$$

$$R = 61.37 - 0.40 Ha \quad 43 \leq Ha \leq 93$$

$$r = 0.74$$

## LITERATURA CITADA

- BLANEY, M. F. and CRIDDLE, W. D. 1962. Determining consumptive use and irrigation water requirements. Washington D.C., U.S. Department of Agriculture, Technical Bulletin Nº 1.275, 59 p.
- CRIDDLE, W. D. 1953. Consumptive use of water and irrigation requirements. Journal of Soil and Water Conservation.
- HARGREAVES, G. H. 1968. Consumptive use derived from evaporation pan data. Journal of the Irrigation and Drainage Division, Asce. 94 (1): 97-105.
- PAPADAKIS, J. 1962. Avances recientes en el estudio hídrico de los climas; evapotranspiración, índice hídrico, lluvia de lavado, estaciones seca y húmeda, régimen hídrico. IDIA, Argentina, 175: 1-26.
- PENMAN, M. L. 1954. Irrigation needs. Soil and Fertilizers 17 (5):399-401.
- PRUITT, W. O. 1960. Relation of consumptive use of water to climate. Trans. of the ASAE, Michigan 3 (1): 9-17.
- TANNER, C. B. 1967. Measurement of evapotranspiration. R. M. Hagan, M. R. Haise and T. W. Edminster (eds), Irrigation of Agricultural Lands. Agron. 11, Am. Soc. of Agron., Madison Wis.
- THORNTHWAITE, C. W. 1948. An approach toward a Rational classification of climate. Geograph. Rev. 38, 55.
- Tosso, J. E. 1972. Analysis of chilean meteorological data to estimate evapotranspiration and irrigation requirements. Thesis M. Sc., Utah State University, Logan, Utah, 110 p.