

# INFLUENCIA DE LA ALTURA DEL CULTIVO EN LA EVAPOTRANSPIRACION RELATIVA DE LA ALFALFA <sup>1</sup>

Por CARLOS J. GRASSI <sup>2</sup> y JORGE CHAMBOULEYRON <sup>3</sup>

## ABSTRACT

Report herein are the results of an experiment measuring the influence of crop height on the relative evapotranspiration of alfalfa field. Experiments were conducted at the Instituto de Suelos y Riego Experimental Farm, Facultad de Ciencias Agrarias, Mendoza, Argentina.

Three different treatments of crop height were evaluated: treatment *A*, complete plant height development (before cutting); treatment *B*, half height plant development; treatment *C*, small-plant height (after cutting).

Total evapotranspiration of the cycle and rate of evapotranspiration were higher in *B* than in treatment *C*. Average evapotranspiration values were: *A*, 4.90 mm per day; *B*, 3.86 mm per day; and *C*, 3.17 mm per day. The evapotranspiration evaporation ratios in each treatment were: *A*, 1.06; *B*, 0.835; *C*, 0.867.

The reported experiments show that even in a perennial crop like alfalfa, which completely covers the soil, a considerable difference in the relative evapotranspiration value is obtained. From the period after cutting to the period of full leaf and complete plant height development the crop coefficient is rising. This variation of crop coefficients should be kept in mind in applying formulas to estimate the evapotranspiration rate of an alfalfa crop for specific periods between cuttings.

<sup>1</sup> Trabajo presentado a la Tercera Reunión de la Ciencia del Suelo.

Para la realización de este trabajo se contó con una subvención de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Técnicas de la República Argentina.

<sup>2</sup> Ingeniero Agrónomo. Master of Science en Irrigación y Drenaje. Profesor titular de Hidrología Agrícola y Jefe de la Sección Hidrología Agrícola del Instituto de Suelos y Riego de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo.

<sup>3</sup> Ingeniero Agrónomo. Jefe de Trabajos Prácticos de Hidrología Agrícola e Investigador del Instituto de Suelos y Riego de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo.

## INTRODUCCION

Los procedimientos que permiten estimar la evapotranspiración de los cultivos, en base a datos climáticos, incluyen un coeficiente que tiene en consideración la variable incidencia del factor planta, a lo largo de su ciclo vegetativo. De esta manera, no existiendo limitaciones o factores reductores del proceso, que dependan de la energía de retención del agua en el suelo, se puede calcular la *evapotranspiración real o actual*, a partir de la *evapotranspiración potencial* medida o estimada, afectando a ésta por un coeficiente de cultivo.

En cultivos anuales sembrados "en líneas", la relación de evapotranspiración actual a potencial, varía al principio con el tamaño del cultivo (porcentaje de cubrimiento del terreno), y con el proceso de maduración al final del ciclo. Curvas típicas de evapotranspiración relativa, variables en función del tiempo, en función del crecimiento relativo, han sido obtenidos por diferentes investigadores: DENMEAD y SHAW (1959), KIJNE (1961), HANSEN (1963), JENSEN y HAISE (1963), GRASSI (1965).

En cultivos sembrados "al voleo", que cubren íntegramente el terreno con la vegetación, el tamaño de los mismos está expresado por la altura de las plantas. Un alfalfar, por ejemplo, en adecuadas condiciones edafo-climáticas, aumenta su tamaño a partir de la siega, y como consecuencia su volumen foliar. Cabe establecer si, correlativamente con el tamaño, cambia el valor de la evapotranspiración relativa y por ende del coeficiente de cultivo.

El efecto de la *altura del cultivo* en la evapotranspiración, está implícitamente considerado en la definición de evapotranspiración potencial, al referirse a una "masa vegetal verde que cubre íntegramente el terreno y de reducida altura" ("short green crop"), PENMAN (1956). Al respecto MAKKINK (1957), determinó una correlación lineal entre la evapotranspiración relativa y la altura del cultivo, y AZIZ (1961) y BAHRANI y TAYLOR (1961), registraron en alfalfa, una notable reducción de la evapotranspiración relativa, durante el período posterior a la siega.

Se analiza en el presente trabajo, una experiencia realizada en Mendoza, con un cultivo de alfalfa, mantenido a diferente altura mediante periódicos cortes.

## MATERIAL Y METODO

Los ensayos a que se refiere el presente trabajo, se realizaron en suelo franco-limoso, en el campo experimental del Instituto de Suelos y Riego, Facultad de Ciencias Agrarias, Chacras de Coria, Mendoza.

Un cultivo de alfalfa instalado en parcelas de 4 m  $\times$  4 m

(16 m<sup>2</sup>), en pleno desarrollo y antes de la siega, se sometió a tres diferentes tratamientos en cuanto a altura de las plantas: tratamiento A *pleno desarrollo* (aproximadamente 45 cm); tratamiento B *media altura* (aproximadamente 25 cm); tratamiento C a *ras del suelo* (aproximadamente 3 cm). Se adoptó una parcela por tratamiento, con cuatro periódicas determinaciones de humedad edáfica.

La alfalfa se sembró el 10/10/63, germinó el 15/10/63 y se segó por primera vez el 23/12/63. El día 17/2/64, antes de practicar el segundo corte y con posterioridad a un riego uniforme a todo el ensayo, se iniciaron los tratamientos diferenciales. Para mantener constante la altura de las plantas durante toda la experiencia, periódicamente se efectuaron despuntes de las mismas con tijeras de mano.

La variación del contenido hídrico del suelo, en cada parcela, se siguió mediante periódicas determinaciones de humedad en cuatro perfiles (determinaciones), cada uno de los cuales se dividió en tres capas a los fines del muestreo, a saber: de 0 a 20 cm; de 20 a 40 cm y de 40 a 60 cm de profundidad. Las muestras de suelo se extrajeron con barreno de tubo, dos veces por semana, y la humedad se calculó en base a peso seco. La lámina de agua evapotranspirada en cada capa de suelo y para cada intervalo, se obtuvo por diferencia de su contenido hídrico y considerando una densidad aparente de 1,40 gr.gr<sup>-3</sup>.

Al mismo tiempo se compilaron las observaciones meteorológicas, correspondientes a los días del ensayo, efectuadas en la Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias Agrarias: evaporación del tanque, temperatura, nubosidad y precipitación pluvial.

La experiencia se cumplió durante el lapso de 66 días que se extiende desde el 17/2/64 al 23/4/64; período durante el cual, se extrajeron muestras de suelo dos veces por semana para determinar su humedad. Se efectuaron además riegos periódicos, a fin de mantener los tres tratamientos en similares condiciones de humedad edáfica y evitar la incidencia del potencial de agua en el suelo en el valor de la evapotranspiración relativa.

Complementariamente, el año siguiente al del ensayo, entre el 18/2 y el 6/3 de 1965, se colocó nuevamente el cultivo en las condiciones de altura de la experiencia, y se registró durante varios días la temperatura del suelo a 5 cm de profundidad, a las 9 h, 15 h y 19 h.

## RESULTADOS

A los fines de su análisis, la experiencia se dividió en 5 períodos de aproximadamente igual duración: 4 de 10 días y 1 de 7 días. En el período comprendido entre el 27/2 y el 5/3, y entre el 12/3 y el 24/3, sucesivas lluvias impidieron medir evapotranspiración, quedando entonces la experiencia reducida a un total de 47 días efectivos.

CUADRO 1

Fecha	Periodo evaporación		Periodo evapotranspiración					
	Evt mm	Ev mm/día	Trat. A		Trat. B		Trat. C	
			Eat mm	Ea mm/día	Eat mm	Ea mm/día	Eat mm	Ea mm/día
17/2-27/2 ..	76,9	7,69	74,9	7,49	36,6	3,66	33,9	3,39
3/3-12/3 ..	27,3	3,90	30,0	4,29	31,2	4,46	24,2	3,46
24/3-3/4...	46,1	4,61	48,4	4,84	52,1	5,21	37,0	3,70
3/4-13/4 ..	32,5	3,35	42,4	4,24	29,7	2,97	21,4	2,14
13/4-23/4 ..	34,8	3,48	34,6	3,46	32,0	3,20	22,6	3,26
	217,6	46,38	230,3	4,90	181,6	3,86	149,1	3,17
Ea/Ev.....				1,06		0,835		0,685

En el cuadro 1, se consignan en la columna del respectivo tratamiento, los valores de evapotranspiración, Eat, acumulada a tiempo *t*, en mm (L); la velocidad de evapotranspiración, Ea, en mm/día (L/T); los correspondientes totales y promedios del ciclo de observación.

Los datos del cuadro 1, como así también la figura 1 de valores acumulados en función del tiempo, muestran claramente una mayor cantidad de agua evapotranspirada en el tratamiento A que en el B y en B que en el C; o sea la evapotranspiración de A B C. La figura 2 que registra en forma gráfica, las curvas de la velocidad de evapotranspiración Ea, durante el ciclo, confirma en general el mismo orden anterior; sin embargo, durante el segundo y tercer período, el tratamiento B, registra valores levemente superiores al A.

La diferencia en la velocidad de evapotranspiración, entre los tratamientos A y B, es mayor que entre el B y el C. Para un día determinado, la diferencia en la escala de la ordenada entre el tratamiento A y el C, señalaría la caída de la velocidad de evapotranspiración por efecto de la siega de la alfalfa.

El cuadro 1 incluye asimismo, los datos de evaporación del tanque standar tipo A, Evt (L) y Ev (L/T), que corresponden a cada uno de los períodos en que se ha dividido el ciclo de observaciones. Las relaciones medias o evapotranspiración relativa Ea/Ev, correspondientes al período de la experiencia, son las siguientes: en A, 1,060; en B, 0,835; en C, 0,685.

Los resultados anteriores, muestran que, en las condiciones del tratamiento A, o sea de máxima capacidad de extracción de agua del suelo por el cultivo, la velocidad de evapotranspiración de un

FEBRERO		MARZO			ABRIL		
17	27	5	12	24	3	13	23

E<sub>a</sub> ACUMULADO

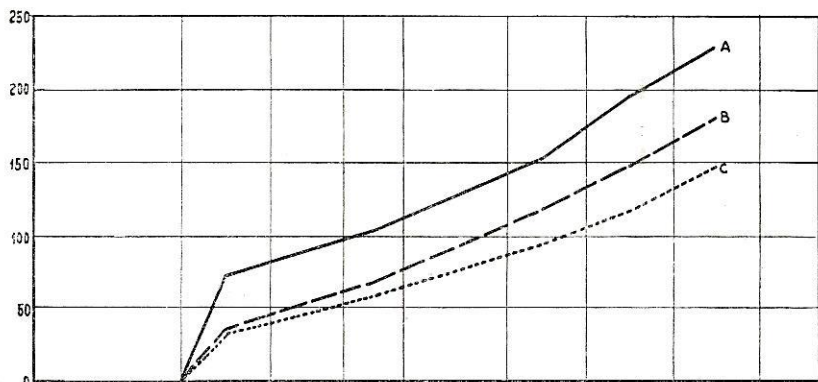


FIG. 1

E<sub>a</sub>

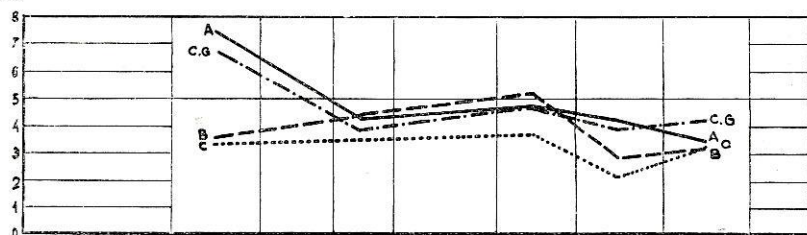


FIG. 2

E<sub>z</sub>/E<sub>v</sub>

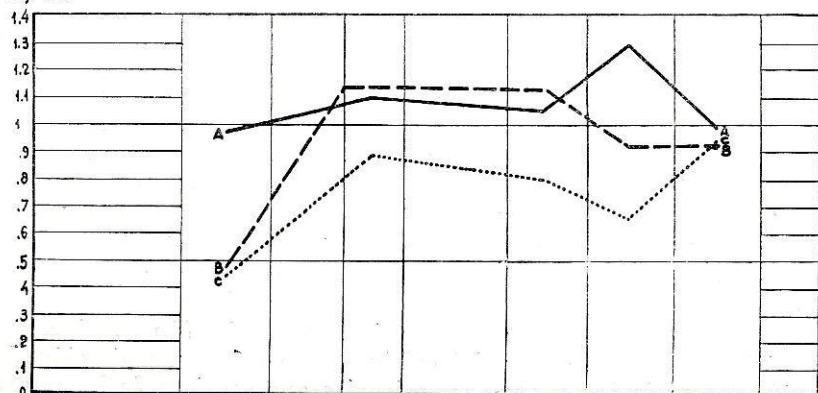


FIG. 3

CUADRO 2

Fecha	Temperatura del suelo		
	Trat. A	Trat. B	Trat. C
18/2/65 .....	22,1	23,0	25,1
19/2/65 .....	21,7	22,4	24,7
20/2/65 .....	21,8	22,1	22,0
27/2/65 .....	20,4	24,2	26,3
2/3/65 .....	21,0	20,1	21,8
3/3/65 .....	19,1	20,1	21,3
4/3/65 .....	19,4	20,8	22,8
5/3/65 .....	19,2	20,0	21,8
6/3/65 .....	19,0	20,3	21,6
Promedio .....	20,4	21,5	22,9

alfalfar, fig. 2, *supera levemente* a la evaporación de una superficie libre de agua.

La figura 2, contiene también la curva de la evapotranspiración calculada con la fórmula de GRASSI-CHRISTIANSEN (1964). Comparando la evapotranspiración medida en la experiencia y la estimación con dicha fórmula, se observa un aceptable acuerdo con los datos del tratamiento A, o sea en las condiciones de máximo crecimiento vegetativo del cultivo.

Los datos de temperatura de suelo, promedios diarios, se consignan en el cuadro 2. De dicho cuadro surge una disminución de la misma con la altura de las plantas, o sea que la temperatura de  $A < B < C$ .

#### DISCUSION

La altura del cultivo, o el tamaño del cultivo y como consecuencia el área evaporante, que crea el mismo, sin duda influye significativamente en la cantidad de agua evapotranspirada en un período determinado. Con un criterio estrictamente físico, el aumento de la altura del cultivo, afecta el intercambio de energía y la capacidad de almacenar y transmitir calor, a consecuencia del creciente espesor de la masa vegetativa. Además, contrariamente a lo que ocurre con la evaporación de una superficie libre de agua, en la cual el área es constante, la superficie de transpiración de una planta se modifica continuamente con su crecimiento; desde emergencia hasta completo desarrollo vegetativo, la superficie evaporante aumenta y como consecuencia la transpiración relativa.

El efecto de la altura del cultivo en la evapotranspiración, ha sido comprobado en otras experiencias que consigna la literatura.

FRITSCHEN y SHAW (1961), determinaron un completo acuerdo entre la marcha de la evapotranspiración relativa y la altura de la planta de maíz. MAKKINK (1957), trabajando con césped, en lisímetros, determinó un aumento de 0,267 en el valor de la evapotranspiración relativa,  $E_a/E_v$ , por cada 10 cm de incremento en la altura del cultivo.

La variación de la evapotranspiración relativa con la altura de la alfalfa, resulta también de los registros en lisímetros compilados por JENSEN y HAISE (1963). Concretamente, LENMON et al (1957) consideran que, después de alcanzado el completo cubrimiento del suelo por el cultivo, la velocidad de evapotranspiración aumenta como consecuencia del creciente área foliar y altura de las plantas. TAYLOR (1962), refiriéndose a experiencias en lisímetros, discute la posibilidad de un mayor aporte de energía advectiva para el proceso evapotranspiratorio, la que sería captada en mayor proporción por un cultivo alto que por uno bajo; además, la función del viento de la fórmula aerodinámica de la evaporación (o evapotranspiración), aumenta según BUSINGUER (1956) con la altura de las plantas.

Los resultados de las experiencias que se analizan en el presente trabajo, permiten establecer que, la evapotranspiración de un alfalar en pleno crecimiento y sin limitación de humedad edáfica, iguala o supera a la evaporación del tanque. Además, si bien la evapotranspiración relativa disminuye a medida que decrece la altura del cultivo, se observó una mayor diferencia entre los tratamientos *A* y *B*, que entre los tratamientos *B* y *C*; ello señalaría que el gran incremento en la evapotranspiración relativa, se produce desde media altura hasta pleno desarrollo del cultivo.

Una explicación de la reducida diferencia de evapotranspiración registrada entre los tratamientos *B* y *C*, estaría en que, el corte de la alfalfa a media altura, ha eliminado en el tratamiento *B*, una mayor proporción de brotes y hojas tiernas que en el tratamiento *A*, dejando solamente tallos con proporcionalmente escasa área foliar y por ende de superficie evaporante.

El decreciente volumen foliar en el siguiente orden  $A > B > C$ , conduce a una temperatura creciente del suelo:  $A < B < C$ . De esta manera, cada tratamiento es la expresión de un determinado balance de energía y del monto de la energía residual disponible para evapotranspiración. Ello resulta evidente, al observar la proporcionalidad de la evapotranspiración de los respectivos tratamientos y la temperatura del suelo, registrada en similares condiciones. BAHRANI y TAYLOR (1961), al respecto encontraron que, después de un corte de alfalfa, disminuye la evapotranspiración y la radiación neta y aumenta la temperatura del suelo.

Promediando los datos de  $E_a/E_v$ , correspondientes a períodos semanales, obtenidos por KIJNE en Utah (1961), durante 6 años de experiencias con alfalfa de un año, se llega a un valor promedio de  $E_a/E_v = 0,86$ . Dicho coeficiente, se refiere a toda la estación de

crecimiento, en la que están incluidos unos tres períodos de siega. Comparativamente con los resultados de nuestra experiencia, dicha relación media se aproxima bastante a la obtenida con el tratamiento *B*, donde  $E_a/E_v = 0.835$ .

El aceptable acuerdo logrado entre la velocidad de evapotranspiración medida y la calculada con la fórmula de GRASSI-CHRISTIANSEN, permite suponer que esta expresión se presta para condiciones de completo desarrollo vegetativo, ya que según GRASSI (1964), en su derivación utilizando datos de experiencias realizadas en el Oeste de los Estados Unidos, se han excluido todos los registros de evapotranspiración correspondientes a períodos posteriores a la siega de la alfalfa.

### CONCLUSIONES

El anterior análisis, permite arribar a las siguientes conclusiones:

1. La evapotranspiración relativa varía en el cultivo de la alfalfa, con el tamaño o altura de las plantas. Los valores más elevados se obtienen cuando el cultivo ha alcanzado el máximo crecimiento, y los más bajos inmediatamente después de la siega.
2. Las diferencias observadas en la evapotranspiración relativa, señala que, para pronosticar la evapotranspiración de períodos específicos, comprendidos en el lapso que media entre uno y otro corte de alfalfa, debe emplearse un coeficiente de cultivo, variable en función de la altura de las plantas.

### RESUMEN

Se analiza en el presente trabajo, la influencia de la altura del cultivo en la evapotranspiración relativa de la alfalfa.

Las experiencias se realizaron en el campo experimental del Instituto de Suelos y Riego, Facultad de Ciencias Agrarias, Mendoza, con tres variantes de altura del cultivo: tratamiento *A* pleno desarrollo; tratamiento *B* media altura; tratamiento *C* a ras del suelo.

La evapotranspiración total del ciclo y la velocidad de evapotranspiración, resultó mayor en el tratamiento *A* que en el *B* y en el *B* que en el *C*, con los siguientes valores medios: tratamiento *A*, 4,90 mm/día; tratamiento *B*, 3,68 mm/día; tratamiento *C*, 3,17 mm/día. La evapotranspiración con respecto a la evaporación de una superficie libre de agua — tanque standard tipo *A* — resultó: tratamiento *A*, 1,06; tratamiento *B*, 0,835, tratamiento *C*, 0,687.

La experiencia señala claramente que, aún en un cultivo permanente que cubre íntegramente el terreno, tal como ocurre con la alfalfa, se observa una apreciable diferencia en el valor del coeficiente de cultivo, desde el período de siega a pleno desarrollo. Ello señala que, dicha variación debe ser tenida en cuenta al estimar la



evapotranspiración de la alfalfa, para períodos específicos y de corta duración comprendidos entre una y otra siega.

LITERATURA CITADA

- AZIZ, M. A. 1961. *The influence of advective energy on evapotranspiration*. Master of Science thesis, Utah State University Library, Logan, Utah (inédito).
- BAHRANI, B. y S. A. TAYLOR. 1961. *Influence of soil moisture potential and evaporative demand on the actual evapotranspiration from an alfalfa field*. Agronomy Journal, 53 (4) : 233-237.
- BUSINGUER, J. A. 1956. *Some remarks on Penman's equations for the evapotranspiration*. Netherlands Journal of Agricultural Science, 4 (1) : 77-80.
- DENMEAD, O. T. y R. H. SHAW. 1959. *Evapotranspiration in relation to the development of the corn crop*. Agronomy Journal, 51 (12) : 725-726.
- FRITSCHEN, L. J. y R. H. SHAW. 1961. *Evapotranspiration for corn as related to pan evaporation*. Agronomy Journal, 53 (3) : 149-150.
- GRASSI, C. J. 1964. *Estimation of evapotranspiration from climatic formulas*. Master of Science thesis, Utah State University Library, Logan, Utah (inédito).
- 1965. *Variación de la evapotranspiración relativa durante el ciclo vegetativo*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza (inédito).
- HANSEN, V. E. 1963. *Unique consumptive use curve related to irrigation practice*. Journal of the Irrigation and Drainage Division, Proceedings of American Society of Civil Engineers, 89 (1) : 43-50.
- JENSEN, M. E. y R. H. HAISE. 1963. *Estimating evapotranspiration from solar radiation*. Journal of the Irrigation and Drainage Division, Proceedings of American Society of Civil Engineers, 89 (4) : 15-41.
- 1963. *Summary of measured evapotranspiration rates and the evapotranspiration-solar radiation data at various locations in Western United States*. Agricultural Research Service United States Department of Agriculture (inédito).
- KLIJNE, J. W. 1963. *Variation of consumptive use with evaporation during the growing season*. Master of Science thesis, Utah State University Library, Logan, Utah (inédito).
- LEMON, E. R., A. H. GLASER y L. E. SATTERWHITE. 1957. *Some aspects of the relationship of soil, plant and meteorological factors to evapotranspiration*. Soil Science of American Proceedings, 21 (5) : 464-468.
- MAKKINK, G. F. 1957. *Examen de la fórmula de Penman*. Netherlands Journal of Agricultural Science, 5 (4) : 290-305.
- PENMAN, H. L. 1956. *Evaporation: and introductory survey*. Netherlands Journal of Agricultural Science, 4 (1) : 9-29.
- TAYLOR, S. A. 1962. *Irrigations physics*. Agronomy, 165, fall quarter, Department of Agronomy, Utah State University, Logan, Utah (inédito).