

# Estimación de la evapotranspiración de dos cultivares de *Gerbera jamesonii* en condiciones de hidroponía

LIBERTAD MASCARINI<sup>1</sup>; OLGA S. DELFINO<sup>2</sup>; ALBA MASCARINI<sup>1</sup>; FERNANDO VILELLA<sup>3</sup> e VERÓNICA C. PETASNE<sup>1</sup>

## RESUMEN

La producción comercial de *Gerbera jamesonii* para flor de corte ocupa un lugar destacado a nivel mundial. En Argentina la superficie de cultivo bajo invernadero está en aumento y no cubre la demanda del mercado. La introducción de nuevas tecnologías de riego y cultivo que están llevando a cabo los productores, requiere del conocimiento de las necesidades hídricas del cultivo para que el sistema resulte eficiente. El objetivo de este trabajo es caracterizar el consumo hídrico de dos cultivares de *Gerbera* en hidroponía, mediante el ajuste de modelos de uso corriente, para el área de influencia de la ciudad de Buenos Aires, en el ciclo de primavera. En este ensayo se evalúa el consumo de agua mediante bandejas de drenaje a fin de determinar el coeficiente del cultivo ( $K_c$ ) para cada una de las fórmulas empleadas; también se caracteriza el clima del invernadero a fin de hallar los valores de evapotranspiración potencial o de referencia ( $E_{to}$ ) para esa situación empleando fórmulas de uso corriente y se selecciona la relación entre  $E_{to}$  y  $K_c$  que determine la evapotranspiración del cultivo ( $E_{tc}$ ) que mejor se ajuste al consumo medido. No se han detectado diferencias significativas entre  $E_{tc}$  y  $E_{to}$  calculada por el método de Penman-Monteith, modificado por FAO, siendo el que mejor se ajusta a la estimación de  $E_{to}$  en las condiciones de invernadero; por el contrario, se han hallado diferencias significativas utilizando el método de Blaney-Criddle. Asimismo, se han detectado diferencias significativas entre la  $E_{tc}$  de las dos variedades ensayadas.

**Palabras clave:** coeficiente del cultivo, cultivo protegido, temperatura, humedad relativa.

## ABSTRACT

### Evapotranspiration of two *Gerbera jamesonii* cultivars in soilless culture

The commercial production of gerbera cut flower occupies a relevant position worldwide. In Argentina, the area of growing under greenhouse is actually increasing and is not able to match the market demand. The introduction of new techniques of irrigation which are being carried out by growers need the knowledge of the water needs of the crops so that the system may result efficient. The object of this work was to characterize the water consumption of two cultivars of gerbera in soilless growing through the adjustment of common practice modeling, in the city of Buenos Aires and surroundings for spring season. It was evaluated the water consumption through drainage trays in order to determine the coefficient of the crop ( $K_c$ ) for each of the model employed. It was also characterized the greenhouse environment to find the potential evapotranspiration in that situation, using common practice model, and it was selected the ratio between  $E_{to}$  and  $K_c$  which can determine the  $E_{tc}$  which better suits the measured consumption. Significant differences were not detected between  $E_{tc}$  and  $E_{to}$  calculated by the Penman-Monteith modified by FAO. On the contrary, significant differences were detected using the Blaney-Criddle method and also between the  $E_{tc}$  of the two tested varieties. The estimation method of  $E_{tc}$  which better suited greenhouse conditions for the measured water consumption was the method of Penman-Monteith modified by FAO.

**Keys word:** crop coefficient, protected crops, temperature, relative humidity.

<sup>1</sup> Cátedra de Floricultura.

<sup>2</sup> Cátedra de Estadística.

<sup>3</sup> Cátedra de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453. (1417) Capital. República Argentina. E-mail: lmascari@mail.agro.uba.ar

## 1. INTRODUCCIÓN

Al género *Gerbera* pertenecen más de 50 especies, la mayoría de ellas de origen africano. Las variedades cultivadas en la actualidad para su aprovechamiento comercial, tienen su origen en la realización de numerosas hibridaciones, principalmente entre las especies *Gerbera jamesonii* y *Gerbera viridifolia*, ambas procedentes del sur de África.

La gerbera es una planta herbácea perenne, perteneciente a la familia de las Compuestas, comercialmente sólo interesa cultivarla durante dos o tres años, dependiendo de los cultivares y técnicas de cultivo empleadas.

En Argentina, las flores de gerbera se comercializan en su totalidad en el mercado interno y en algunas oportunidades entran varas desde países limítrofes como, por ejemplo, Brasil. Del total de varas florales comercializadas, la gerbera representa un porcentaje muy bajo fluctuando alrededor de 0,06%. La gerbera requiere de suelos con alta capacidad de retención hídrica pero, al mismo tiempo, con alta porosidad que le permitan drenar el agua rápidamente para que las raíces se desarrollen en condiciones de oxigenación adecuadas y no propicias para el ataque de patógenos. Debido a ello y a la dificultad de contar con suelos libres de patógenos y malezas, cada vez más productores se vuelcan a la técnica de cultivo sin suelo. Así se logran cultivos más sanos, con precocidad en la producción, con tallos más largos y uniformes y mayor diámetro de flor.

Cuantificar las necesidades hídricas del cultivo permite dimensionar adecuadamente el equipo de riego o, para aquellos productores que ya lo posean, utilizarlo eficientemente ajustando el riego a las necesidades del cultivo.

Efectuada una revisión bibliográfica del tema, se ha concluido que, si bien las necesidades hídricas del cultivo se pueden estimar mediante diversos modelos (CORNILLON, 1980; CORNILLON et al., 1993; VAN MEURS & STANGHELLINI, 1992; VILELLE, 1974), no hay información sobre su comportamiento para condiciones locales y en invernadero. Esta necesidad hídrica, que se expresa como evapotranspiración del cultivo (Etc), surge de la relación entre evapotranspiración de referencia (Eto) y el coeficiente del cultivo (Kc) (DOORENBOS & PRUITT, 1974). Para el cálculo de Eto, pueden aplicarse diferentes fórmulas existentes en la bibliografía, pero es escasa la información sobre Kc

y su evolución a lo largo del ciclo del cultivo, para flores de corte en general y para Gerbera en particular.

Hay trabajos de investigación de varios autores sobre el tema para el cultivo de gerbera; entre éstos, (MALOUPA et al., 1993), quien afirma que la evapotranspiración es igual a la radiación y concluye que las diferencias entre variedades pueden deberse al distinto potencial genético de cada una de ellas y que la evapotranspiración del cultivo es siempre menor a la evapotranspiración de referencia; (MARTINEZ et al., 1995), quien obtiene como conclusión que el calentamiento del sustrato incrementa el agua total consumida por el cultivo; (PAPADOPOULOS et al., 1996), quien evalúa los coeficientes del cultivo para sus diferentes etapas y en diferentes sustratos, concluyendo, que los mayores valores del coeficiente del cultivo, Kc, se encuentran en etapa de floración y son mayores en los sustratos lana de roca y perlita.

En Argentina, existen trabajos sobre el tema para cultivo de tomate en invernadero (PARIANI et al., 1993), pero tan solo hay un antecedente en el tema para plantas ornamentales (KLASMAN et al., 1996), que ajusta el cálculo de evapotranspiración del cultivo de Crisantemo en invernadero para diferentes ciclos, concluyendo que es recomendable determinar la evapotranspiración de referencia mediante el método de Penman Monteith, adaptado por FAO.

Dada la importancia del cultivo de gerbera como actividad alternativa económicamente rentable y, siendo la hidroponía la tecnología de cultivo más avanzada introducida en Argentina, resulta necesario ajustar el manejo del sistema para hacerlo eficiente.

Conocer el consumo de agua responde al interrogante de qué cantidad de agua es necesario reponer en cada riego y permite junto a otros datos realizar diversos cálculos para obtener frecuencias, intervalos y necesidades de riego. Esta información no existe en la bibliografía de uso frecuente (DOORENBOS & PRUITT, 1974; DOORENBOS & KASSAM, 1980) para la gerbera, lo que deriva en una dificultad para el correcto manejo del cultivo de esta flor de corte. De allí que el presente trabajo constituye un aporte original en vías de solucionar dicha dificultad.

El objetivo del presente trabajo consistió en:

a) medir el consumo de agua de dos cultivares de gerbera en el ciclo de primavera, a fin de determinar el coeficiente del cultivo (Kc);

b) seleccionar la relación entre Eto y Kc que determine la Etc que mejor se ajuste al consumo medido.

Sobre la base de los resultados de trabajos que se han realizado en el cultivo de tomate en invernáculo (PARIANI et al., 1993) y crisantemo bajo cubierta (KLASMAN et al., 1996), la hipótesis planteada fue que el método de estimación de la Eto que mejor se ajusta a las condiciones de invernadero para el consumo hídrico medido es el de Penman-Monteith modificado por FAO (KLASMAN et al., 1996; SMITH, 1993; VAN ZYL et al., 1992).

## 2. MATERIALES Y METODOS

Para medir consumo de agua se utilizaron bandejas de drenaje de zinc de 1,15m x 0,25m x 0,05m, con un tubo de desagüe, en un extremo de las mismas, introducido en un recipiente cerrado y con suave pendiente para que escurra el agua. Cada recipiente se ubicó en el suelo dentro de un pozo. Sobre cada bandeja se colocó un contenedor en forma de manga de polietileno negro de 300 micrones cubierto con polietileno blanco, de 1,20 m de longitud y 0,30 m de diámetro y 40 l de capacidad. Se utilizó perlita (de 0-5 mm de diámetro y densidad de 1,85 g.ml<sup>-1</sup>) como sustrato inerte debido a sus probadas ventajas en cuanto a la estabilidad de su estructura, a su alta capacidad de retención de agua, a su baja densidad y a su buena relación aire/agua; todas éstas, características que contribuyen a que éste sea el sustrato inerte donde se obtengan hasta el momento los mayores rendimientos. En cada una de las mangas se ubicaron cinco plantas y se realizaron perforaciones para el drenaje.

El invernadero donde se realizó esta experiencia está ubicado en la ciudad de Buenos Aires, Capital Federal (34°35' LS y 58°29' LO, 25 m de altura sobre el nivel del mar). El mismo tiene forma circular, con ventilación lateral y frontal, con orientación N-NO/

S-SE, con estructura metálica y cobertura de polietileno térmico de 150 micrones. El ancho del invernadero es de 6 m y el largo es de 24 m. La altura de los laterales es de 3 m y de la cumbrera 4,50 m. La superficie cubierta es de 144 m<sup>2</sup>, el volumen de aire es de 601 m<sup>3</sup> y la relación volumen-superficie es 4,17 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. A partir de mediados de octubre se colocó malla de sombreado de 80%.

La experiencia se inició con plantas de gerbera para corte, de un año, de dos cultivares: A) Nevada (semidoble, flores liguladas amarillas y centro negro) y B) Testarossa (semidoble, flores liguladas rojas y centro amarillo), con una densidad de 7,5 plantas/m<sup>2</sup>.

Se utilizó el sistema de riego por goteo, con un caudal promedio de 2 l/h por gotero. Los riegos se concentraron en las horas de mayor demanda atmosférica, entre las 11 h a 15 h. Durante el mes de septiembre se realizó un promedio de dos riegos diarios, y para los meses de octubre, noviembre y diciembre un promedio de tres riegos diarios. La mayor cantidad de riegos hacia diciembre, se debe al incremento de las temperaturas registradas dentro del invernadero. La duración de los riegos fue de tres minutos cada uno. Se fertilizó en todos los riegos.

La composición de la solución nutritiva fue la siguiente, en gramos por litro: ácido sulfúrico 30,7; nitrato de amonio 385,6; nitrato de potasio 291,9; fosfato monopotásico 225,8; nitrato de calcio 366, y micronutrientes. La conductividad eléctrica medida de la solución fue de 2,1 mmhos cm<sup>-1</sup> y el pH 5,5 a 6.

Se realizaron tratamientos fitosanitarios según lo requirió el cultivo y en algunas oportunidades se realizó deshojado de limpieza.

La temperatura y la humedad relativa dentro del invernadero se registraron con un termohigrógrafo ubicado en la parte central del mismo a 1,50 m del nivel del suelo (Tabla 1).

Tabla 1. Temperatura en °C (°T) y Humedad Relativa en % (HR) media, mínima y máxima, en el exterior (Estación Meteorológica Villa Ortuzar) y dentro del invernadero

Variables climáticas	Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	ext	int	ext	int	ext	int	ext	int
T med (°C)	14,7	21,0	18,7	24,0	20,6	25,2	22,6	26,7
T mín (°C)	9,7	12,6	13,8	15,8	15,8	16,9	17,1	18,1
T máx (°C)	19,9	29,4	23,5	32,2	25,3	33,7	28,0	35,3
HR med (%)	69,9	60,8	65,4	56,9	64,4	53,4	59,5	52,0
HR mín (%)	48,9	29,8	44,8	27,3	43,8	25,3	38,5	22,7
HR máx (%)	90,9	91,8	86,0	86,5	85,0	81,4	80,5	81,3

Los valores de radiación solar global, necesarios para las fórmulas que se emplearon, fueron medidos dentro del invernadero con un radiómetro LI-190 (Licor Inc.) y los de radiación solar exterior se obtuvieron del Servicio Meteorológico Nacional de la Estación de Villa Ortuzar, ubicada a 1.000 m aproximadamente del invernadero (Tabla 2). Relacionando ambos valores, se determinó que la radiación interna fue el 80 % del valor de la radiación solar incidente en el exterior del invernadero, debido a la acción de la cubierta de polietileno del mismo, desde el mes de septiembre a mediados de octubre, y el 16% para la última quincena de octubre hasta diciembre, debido a la colocación de la malla de sombreo. De la misma estación meteorológica se obtuvieron valores de temperatura y humedad relativa externas (Tabla 1) a fin de relacionarlas con las variables climáticas internas y complementar la caracterización de este invernadero.

Los valores de nubosidad y de velocidad del viento, necesarios para la utilización de las fórmulas, se obtuvieron de los datos de la estación meteorológica mencionada anteriormente (Tabla 2). Los valores de velocidad del viento considerados fueron hasta  $1 \text{ m.s}^{-1}$  como valor máximo dentro del invernadero, dado que es el valor de programación del sensor de cierre automático de las ventanas del invernadero.

### Métodos estadísticos

El cultivo se condujo en seis canteros, con dos líneas de 22 m de longitud cada una. Cada línea contuvo 18 mangas. Las mangas fueron distribuidas al azar en el invernadero siguiendo los lineamientos de muestreo estratificado considerando dos variedades con tres repeticiones por variedad. La unidad experimental fue la manga de polietileno. El

análisis de los datos se realizó según esquema repetido en el tiempo considerando el período septiembre–diciembre, ciclo de primavera. Una vez obtenida la información se determinó cuál fue el modelo (de evapotranspiración) que siguen los datos a través de métodos de regresión múltiple y análisis exploratorio. Asimismo, los patrones de comportamiento de los datos climáticos del invernadero (temperatura, HR, radiación) fueron analizados a través de técnicas de análisis descriptivo de datos, y se realizó análisis de varianza para el consumo de agua de ambos cultivares.

### Metodología

El agua drenada se midió a través de las bandejas de drenaje obteniéndose los valores de consumo de agua mensuales de la siguiente forma:

$$\text{Etc} = \text{agua agregada} - \text{agua percolada} / \Delta t$$

Mediante las fórmulas de Blaney-Criddle (DOORENBOS & PRUITT, 1974) y Penman-Monteith adaptadas por FAO (SMITH, 1993) se obtuvieron los valores de Eto. También se calculó la ETo por el método de la radiación, descartándolo, ya que no se adapta a condiciones de invernadero debido a que arroja valores de ETo extremadamente bajos para las condiciones imperantes dentro del mismo al compararlos con los valores de Etc.

1. Fórmula para el cálculo de Eto del método de Blaney-Criddle (DOORENBOS & PRUITT, 1974):

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

Siendo f : factor de uso consuntivo en mm/día.  
p: % diario medio de horas diurnas anuales según latitud.

t: temperatura media.

Tabla 2. Datos de nubosidad, velocidad del viento y radiación solar fuera y dentro del invernadero obtenidos de la Estación Meteorológica de Villa Ortuzar (1998) y estimados dentro del invernadero

Mes	Nubosidad (octas)	Velocidad viento ( $\text{m s}^{-1}$ )		Radiación solar ( $\text{W m}^{-2}$ )	
		Exterior	Interior*	Exterior	Interior
Septiembre	3,3	3,95	$\leq 1$	305.0	244.0
Octubre	3,3	3,30	$\leq 1$	434.7	212.0
Noviembre	3,8	3,40	$\leq 1$	480.7	77.0
Diciembre	3,1	4,72	$\leq 1$	540.5	86.5

\* El sistema automático de cierre de ventanas se activa con velocidades de viento  $> 1 \text{ m s}^{-1}$

El valor  $f$  se corrigió por nubosidad, humedad relativa mínima y velocidad del viento, para obtener el valor  $E_{to}$  en mm/día.

2. El método de Penman-Monteith modificado por FAO responde a la siguiente ecuación:

$$E_{to} = c [WRn + (1-W) f(u) (e_a - e_d)]$$

Siendo:

$E_{to}$ : evapotranspiración de referencia en mm/día.

$W$ : factor de ponderación relacionado con la temperatura.

$R_n$ : radiación neta en mm/día de evaporación

$f(u)$ : función relacionada con el viento.

$(e_a - e_d)$ : diferencia entre la presión saturante del vapor a la temperatura media del aire, ambos en milibares.

$c$ : factor de corrección en función de  $H_r$  máx, radiación solar, velocidad del viento.

Relacionando la  $E_{tc}$  medida y la  $E_{to}$  calculada ( $E_{tc} / E_{to} = K_c$ ) se estimaron los valores de  $K_c$  para la estado de plena floración, coincidente con la estación de primavera.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 1) Análisis de los datos meteorológicos dentro y fuera del invernadero:

En las Tablas 1, 2 y 3 se muestran los datos meteorológicos registrados dentro y fuera del invernadero.

Para caracterizar las variables meteorológicas dentro y fuera del invernadero se realizó un análisis descriptivo de las mismas (radiación, temperatura y humedad relativa). Asimismo, se analizaron los valores promedio dentro y fuera del invernadero con un Test de Student para comparación de medias en muestras independientes. Los resultados se muestran en la Tabla 4.

Según puede observarse en la Tabla 4, existen diferencias altamente significativas dentro y fuera del invernadero para los parámetros del clima ( $P < 0,05$ ). En el caso particular de la radiación dichas diferencias se deben a la utilización de malla de sombreado 80% a partir de mediados del mes de octubre.

Tabla 3. Valores de las variables meteorológicas medidas dentro y fuera del invernadero: radiación solar ( $W m^{-2}$ ), temperatura ( $^{\circ}C$ ), humedad relativa (%)

Semana	Radext	Radint	T°ext	T°int	HRext	HRint	HRmed	HRmin	Somb.
1	305	244	14,7	21	69,9	60,8	48,9	29,8	0
2	448,7	358,9	17,1	21,9	63,2	60,5	42,6	36,7	0
3	438,6	350,8	18,8	24,2	69,9	56,3	51,8	25,1	0
4	402,6	64,4	21,1	25,7	66,5	60,3	47,4	30,7	1
5	365,5	58,5	18,6	24,5	65,2	53,2	41,1	19,1	1
6	601,3	96,2	16,2	21,2	57,5	53	36	20,7	1
7	399	63,8	18,6	21,8	69,7	53,8	53,4	27,1	1
8	523,4	83,7	21,9	25,6	62	47,8	41	17,5	1
9	465,8	74,5	19	24,3	70,5	60,1	48,3	33	1
10	520	83,2	22,4	27	57,2	52,2	35	31,2	1
11	533	85,3	23,8	28	52,3	49,5	34,5	19,3	1
12	620	99,2	22,8	27,3	58	51,2	35	21,8	1
13	391,3	62,6	21,1	25	65,2	55,2	46	27	1

- Radext = Radiación exterior ( $W m^{-2}$ )

- Radint = Radiación interior ( $W m^{-2}$ )

- T°ext = Temperatura média exterior ( $^{\circ}C$ )

- T°int = Temperatura media interior ( $^{\circ}C$ )

- HRext = HR media exterior (%)

- HRint = HR media interior (%)

- HRmed = HR media mínima exterior (%)

- HRmin = HR media mínima interior (%)

- Somb. = Sombreado (0 = sin sombreado, 1 = sombreado)

Tabla 4. Análisis de los datos climáticos fuera y dentro del invernadero

Variable	Promedio	Valor Máx	Valor Mín	Diferencia significativa
Rad ext (W m <sup>-2</sup> )	462,631 [92,9759]	620	305	P < 0,001
Rad int (W m <sup>-2</sup> )	132,7 [109,504]	358,9	58,5	P < 0,001
Temp ext (°C)	19,7 [2,74165]	23,8	14,7	P < 0,001
Temp int (°C)	24,4231 [2,35377]	28	21	P < 0,001
Hr med ext (%)	63,6231 [5,8996]	70,5	52,3	P < 0,001
HR med int (%)	54,9154 [4,40338]	60,8	47,8	P < 0,001
HR min ext (%)	43,1538 [6,66816]	53,4	34,5	P < 0,001
HR min int (%)	26,0769 [6,05862]	36,7	17,5	P < 0,001

## 2) Evapotranspiración del cultivo (ETc) para dos variedades de gerbera:

Se realizaron promedios semanales de las tres repeticiones de las mediciones de Etc para cada una de las variedades en estudio (Tabla 5). En cuanto a las variedades, se realizó un análisis de varianza considerando el efecto diferencial de las bandejas en el ensayo y pudo observarse que existen diferencias

significativas entre ambos cultivares en cuanto a la Etc para los meses de mayor consumo de agua ( $p < 0,05$ ) (Tabla 5 y 6).

Se calcularon los promedios mensuales de Etc y se observó que los mayores valores medidos de consumo de agua corresponden al mes de diciembre para ambas variedades: 4.03 y 4.98 mm/día para el cv Testarossa y el cv Nevada, respectivamente (Tabla 6).

Tabla 5. Evapotranspiración del cultivo (Etc) en mm día<sup>-1</sup> para dos variedades de gerbera

Mes	Semana	1A	2A	3A	1B	2B	3B
Set.	1	0,62	0,76	2,12	0,74	1,10	2,50
Set./oct.	2	1,50	1,12	3,17	1,55	1,82	3,40
Oct.	3	2,33	2,01	4,65	2,50	2,59	4,80
Oct.	4	2,37	0,99	4,10	3,49	1,98	4,51
Oct.	5	3,29	1,08	3,03	3,35	1,32	3,78
Oct.	6	2,36	1,00	4,50	3,41	2,89	4,61
Nov.	7	1,43	1,23	2,02	1,77	1,35	2,21
Nov.	8	2,66	2,50	3,48	3,37	3,61	4,10
Nov.	9	3,66	2,43	5,01	4,25	3,73	5,20
Nov.	10	4,45	2,56	5,89	5,17	5,07	6,01
Dic.	11	5,31	4,66	6,85	7,31	6,15	7,09
Dic.	12	3,60	2,63	5,38	5,45	4,53	5,60
Dic.	13	2,43	2,49	2,95	2,75	2,94	3,00

Variedad A= Testarossa Variedad B= Nevada

1, 2, 3= Bandejas en 3 lugares distintos elegidos al azar. Cada bandeja corresponde a una repetición.

Tabla 6. Valores medios diarios de Etc y estimados de ETo por los métodos de Blaney-Criddle (B-C) y Penman-Monteith (-M), en mm día<sup>-1</sup>, para los cuatro meses en estudio

Mes	EToB-C	EToP-M	Etc A	Etc B
Sept.	4,33	2,83	1,16 a	1,44 a
Oct.	4,84	3,86	2,50 a	3,06 a
Nov.	4,92	4,84	3,11 a	3,82 b
Dic.	6,33	5,48	4,03 a	4,98 b

A= variedad Testarossa B= variedad Nevada

Las letras distintas representan diferencias significativas entre las variedades (Test de Tuckey, p: 0,05)

Tabla 7. Valores de Kc estimados por los métodos Blaney-Criddle (B-C) y Penman-Monteith (P-M)

Mes	Var	KcB-C	KcP-M
Sept.	A	0,27	0,41
	B	0,33	0,51
Oct.	A	0,52	0,64
	B	0,63	0,79
Nov.	A	0,63	0,64
	B	0,78	0,79
Dic.	A	0,64	0,73
	B	0,79	0,91

A= variedad Testarossa B= variedad Nevada

### 3) Evapotranspiración potencial (Eto) y Kc para dos variedades de gerbera:

Los valores de ETo calculados por las fórmulas de Blaney-Criddle y Penman-Monteith adaptadas por FAO se muestran en la Tabla 6.

Para conocer cuál es el método de teórico de cálculo de ETo que más se ajusta a la evapotranspiración del cultivo (Etc) para las condiciones de invernadero, se realizó un análisis de regresión. Puede observarse que cuando se compara Etc con ETo calculada por el método de Blaney-Criddle da valores menores de R<sup>2</sup> que cuando se compara con la Eto calculada por el método de Penman-Monteith adaptado por FAO: R<sup>2</sup> 0,82 y 0,81 para Nevada y Testarossa, respectivamente, por Blaney-Criddle, y R<sup>2</sup> 0,98 para Nevada y Testarossa por Penman-Monteith (Figuras 1, 2, 3 y 4).

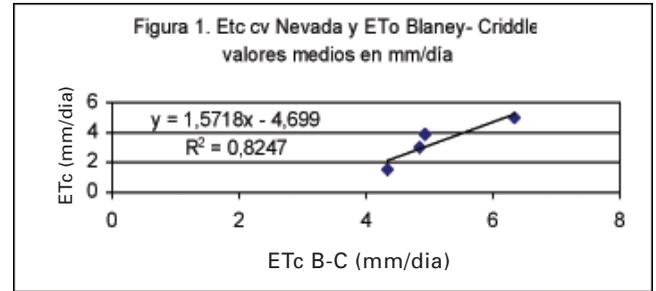


Figura 1. Comparación de Etc en gerbera cv Nevada y Eto por el método de Blaney-Criddle. Ajuste por regresión lineal, R<sup>2</sup>: 0,82

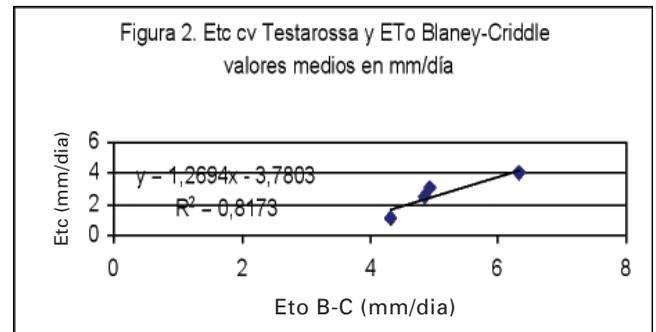


Figura 2. Comparación de Etc en gerbera cv Testarossa y Eto por el método de Blaney-Criddle. Ajuste por regresión lineal, R<sup>2</sup>: 0,81

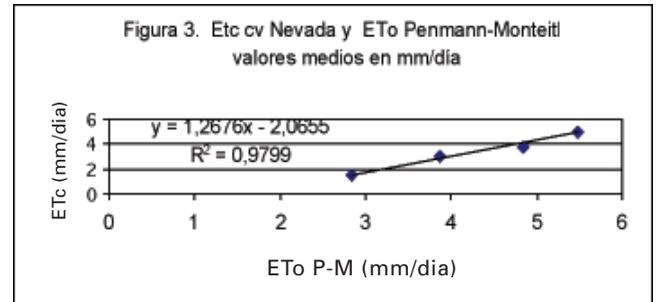


Figura 3. Comparación de Etc en gerbera cv Nevada y Eto por el método de Penman-Monteith modificado por FAO. Ajuste por regresión lineal, R<sup>2</sup>: 0,97

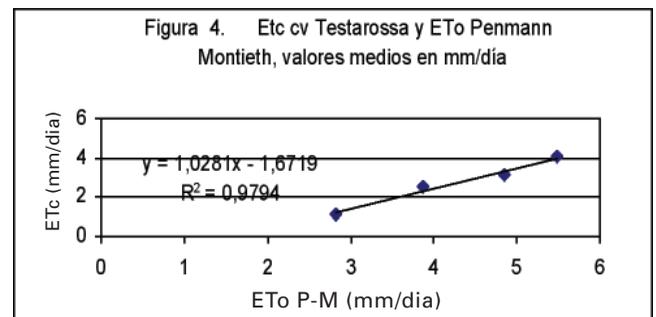


Figura 4. Comparación de Etc en gerbera cv Testarossa y Eto por el método de Penman-Monteith modificado por FAO. Ajuste por regresión lineal, R<sup>2</sup>: 0,97

Puede observarse que la ETo calculada por el método de Blaney-Criddle dio siempre valores mayores a la calculada por el método de Penman-Monteith adaptado por FAO. A su vez, la ETo por ambos métodos siempre es mayor que la ETc medida en el cultivo. Esto puede ser debido al sistema de contenedor en que se encuentra el cultivo, como lo son las mangas de polietileno, que disminuyen la superficie de sustrato expuesta al ambiente y por tanto, disminuyen la evaporación de agua desde el mismo (MALOUPA et al., 1993).

También se observa que la variedad Nevada presenta un mayor consumo de agua que la Testarossa, con diferencias significativas en los meses de mayor consumo de agua (Tabla 6). Dado que la evapotranspiración de un cultivo es función de las características de cada especie y de las condiciones de clima y suelo, las diferencias en la evapotranspiración entre cultivares podrían ser atribuidas al potencial genético de los mismos, como así también a las diferencias apreciables que se observan en cuanto a la superficie transpirante, mayor en la variedad Nevada. Sería interesante investigar si existen diferencias entre ambos cultivares debidas a la densidad de estomas o al tamaño y ubicación de los mismos.

#### 4. CONCLUSIÓN

1. Del análisis de los resultados puede concluirse que el método de cálculo de ETo de Penman-Monteith, modificado por FAO, es el método teórico que más se ajusta al consumo de agua medido en el invernadero para las condiciones de este ensayo.

2. La diferencia entre métodos respecto a su ajuste con la ETc podría explicarse por la cantidad de factores que componen sus fórmulas, siendo notablemente más completo el método de Penman-Monteith por emplear factores tanto climáticos - entre ellos la radiación - como fisiológicos del cultivo, a diferencia del método de Blaney-Criddle que considera sólo factores climáticos, sin mencionar, entre ellos, a la radiación.

3. Los valores de Kc calculados con la ETo obtenida por el método de Blaney-Criddle son menores a los obtenidos con el método de Penman-Monteith debido a que el Kc es el cociente entre ETc y ETo. Pero dado que este último método ajusta mejor con la ETc, se considera que deben tomarse los valores de Kc calculados con el método de Penman-Monteith como índices de referencia para estimar la ETc de gerbera en invernadero.

#### LITERATURA CITADA

- CORNILLON, P. Influence de la temperature des racines sur le comportement du Chrysanthe et de Gerbera, PHM, **Revue Horticola**, Limoges, v.207, p.11-14, 1980.
- CORNILLON, P.; FYNN, R.; AL-SHOOSHAN, A.; SHORT, R. & MAHON, R.M.C. Evapotranspiration measurement and modeling for a potted chrysanthemum crop. **American Society of Agricultural Engineer**, v.36, n.6, p.1907-1913, 1993.
- DOORENBOS, J. & KASSAM, A.H. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. **Estudio FAO**. Riego y drenaje n. 33. Roma. p.181, 1980.
- DOORENBOS, J. & PRUITT, W.O. Las necesidades de agua de los cultivos. **Estudio FAO**. Riego y Drenaje n.24. Roma, p.194, 1974.
- KLASMAN, R.; PARIANI, S.; MASCARINI, A. & MASCARINI, L. Ajuste del cálculo de evapotranspiración del cultivo de crisantemo (*Dendrathera x grandiflorum* Ramat) en invernadero, para diferentes ciclos. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v.16, n.1-2, p.99-104, 1996.
- MALOUPA, E.; FAKHRI, M.N. ; CHARTZOULAKIS, K. & GERASOPOULOS, D. Effects of substrate and irrigation frequency on growth, gas exchange and yield of gerbera Cv. Fame. **Hort. Sci.**, v.10, p.195-198, 1996.
- MALOUPA, E.; PAPADOPOULOS, A.; BLADENOPOULOU, S. & LOPEZ GALVEZ, J. Evapotranspiration and preliminary crop coefficient of gerbera soilless culture grown in plastic greenhouse. **Acta Horticulturae**. v.335, p.519-526, 1993.
- MARTINEZ, PF; ABDEL FATTAH, YMM; MALOUPA, E. & GERASOPOULOS, D. Effects of substrate warming in soilless culture in gerbera crop performance under seasonal variations. **Acta Horticulturae**. v.408, p.31-40, 1995.
- PAPADOPOULOU, E.; GERASOPOULOS, D. & MALOUPA, E. Effect of the substrate and frequency of irrigation on growth, yield and quality of *Gerbera jamesonii* bolus cultivated in pots. **Agr. Med.**, v.126, p.297-302, 1996.
- PARIANI, S.; FRAGUAS, A. & FREZZA, D. Consumo de agua del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo invernáculo. In: CONGRESO ARTETINO DE HORTICULTURA, 16, 1993. **Actas**. ASAHO, 1993. p.90.
- SMITH, M. CROPWAT. Programa de ordenador para planificar y manejar el riego. **Estudio FAO**. Riego y drenaje. n.46. Roma. p.13-18 y 69-73, 1993.
- VAN MEURS, W. A. & C., STANGHELLINI, C. Use and off de shelf electronic balance for monitoring crop transpiration in greenhouses. **Acta Horticulturae**, v.304, p.219-225, 1992.
- VILELLE, O. DE. Besoin en eau des cultures sous serre. Essai de conduite des arrosages en fonction del ensoillement. **Acta Horticulturae**, v.35, p.123-129, 1974.
- VAN ZYL, W.H. & DE JAGER, J.M. Errors in micro-meteorological estimates of reference crop evaporation due to advection. ISSN 0378-4738. **Water SA**, v.18, n.4, p.255-264, Octubre 1992.