

AJUSTE DEL CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO DE CRISANTEMO (*Dendratherma x grandiflorum* Ramat) EN INVERNADERO, PARA DIFERENTES CICLOS

R. KLASMAN¹; SUSANA PARIANI²; ALBA MASCARINI¹; LIBERTAD MASCARINI¹

Recibido: 07/05/96

Aceptado: 17/05/96

RESUMEN

Dada la importancia del cultivo de crisantemo como flor de corte, es necesario contar con información que lleve a un correcto manejo de los recursos agua y suelo. Desde el año 1992 este equipo investiga en ese sentido. El objetivo de este trabajo es determinar metodologías para el cálculo de la evapotranspiración que se ajusten al consumo de agua medido en diferentes ciclos. Los ciclos abarcados fueron: otoño-inverno-primaveral (duración media 140 días) y primavera estival (duración media 100 días). Se midió evapotranspiración del cultivo Etc utilizando lisímetros de percolación ubicados dentro de un invernadero. Con los datos de temperatura, humedad relativa, viento y radiación registrados en el mismo se determinó evapotranspiración potencial Eto utilizando los métodos (adaptados por FAO) de: Penman-Monteith, Blanney y Criddle, Radiación y Penman. Para la determinación de coeficiente de cultivo Kc se relacionaron Etc y Eto. Se encontró un comportamiento similar del Kc para los métodos de Penman-Monteith, Blanney y Penman no así en el de Radiación. Considerandose los mejores valores, los obtenidos para Penman-Monteith. Se concluye que este método se aconsejaría para el cálculo de evapotranspiración del cultivo de crisantemo en invernadero, utilizando los valores de Kc hallados como resultado del trabajo según etapas que se detallan. Fase I (desde transplante a 25 % del ciclo) 0,77; fase II (25 a 70 % del ciclo) creciente; fase III (70 a 85 %) 1,00 y fase IV (85 a 100 % del ciclo) decreciente hasta un valor final de 0,96.

Palabras clave: Evapotranspiración; Crisantemo; Lisímetros; Invernaderos.

ADJUSTMENT OF THE CALCULATION OF THE EVAPOTRANSPIRATION OF THE CHRYSANTHEMUM CULTIVATION (*Dendratherma x grandiflorum* Ramat) IN GREENHOUSE, FOR DIFFERENT CYCLES.

SUMMARY

Given the importance of the chrysanthemum cultivation for the flower market, it is necessary count on information that carry to a correct managing of the water resources and soil. From the year 1992 this equipment investigates in that sense. The objective of this work is to determine methodologies for the calculation of the evapotranspiration that are adjusted to the water consumption measured in different cycles. The encompassed cycles were: autumn - spring (mean duration 140 days) and spring - summer (mean duration 100 days). It was measured evapotranspiration of the cultivation -Etc- using lysimeters of percolation located within a greenhouse. With the temperature data, relative humidity, wind and radiation registered in the same was determined evapotranspiration potential -Eto- using the methods (adapted by FAO) of: Penman-Monteith, Blanney and Criddle, Radiation and Penman. For the determination of cultivation coefficient -Kc- were related Etc and Eto. It was found a similar behavior of the Kc for the methods of Penman-Monteith, Blanney and Penman not thus in that of Radiation. Taking in account the better values, obtained them for Penman-Monteith. It is concluded that this method would be advised for the calculation of evapotranspiration of the chrysanthemum cultivation in greenhouse, using the values of found Kc as a result of the work according to stages that are detailed. I Phase (from transplants to 25 % of the cycle) 0,77; phase II, 25 to 70 % of the cycle) increasing; phase III (70 to 85 %) 1,00 and phase IV (85 to 100 % of the cycle) decreasing until a final value of 0,96.

Key words: Evapotranspiration; Chrysanthemum; Lysimeter; Greenhouses.

¹Cátedra de Floricultura. FA UBA. Av San Martín 4453. Buenos Aires (1417) ²Departamento de Tecnología UNLuján. Rutas 5 y 7. Luján, Pcia. de Bs. As.

INTRODUCCION

El mercado de flores de la Cooperativa Argentina de Floricultores, comercializa casi la totalidad de la flor cortada del cinturón florihortícola de la ciudad de Buenos Aires. El crisantemo es la segunda flor en importancia para el mencionado mercado.

Durante el período que va de agosto de 1993 a diciembre de 1994, participó con el 17% del total de varas florales ingresadas. (Boletín Floricultores N°3 y N°5, 1994).

A fin de mantener esa posición en el mercado, se han introducido nuevas variedades. Esto debe complementarse con un mejor nivel en las técnicas de producción. En ese sentido, el riego es uno de los aspectos que inquieta a técnicos y productores. En un cultivo que aún mayoritariamente los floricultores riegan a mano con manguera (Pariani *et al*, 1993), pero donde se está introduciendo el riego por goteo, la cuantificación de sus necesidades hídricas permitirá tener mayor seguridad al dimensionar el equipo o en el momento de determinar la cantidad de agua a aplicar en un riego. No solamente las economías en equipo, en tiempo de bombeo y mano de obra cuentan, sino además, no sobrepasar ni menospreciar las necesidades del cultivo en cada momento de su ciclo, así como conservar los recursos agua y suelo (Klasman, 1994).

Las necesidades hídricas del cultivo se puede estimar mediante diversos modelos (Cornillon, 1980; Cornillon *et al*. 1993; Van Meurs y Stanghellini, 1992; Vilelle, 1974), pero no hay información sobre su comportamiento para condiciones locales. Esta necesidad hídrica que se expresa como evapotranspiración del cultivo -Etc-, surge de la relación entre evapotranspiración de referencia -Eto- y coeficiente de cultivo -Kc- (Doorembos y Pruitt, 1976). 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 crisantemo en particular (Mascarini *et al*, 1994).

Los objetivos planteados para este trabajo son:

Objetivo general:

Caracterizar el consumo hídrico del cultivo de crisantemo en invernadero, mediante el ajuste de

fórmulas de uso corriente, para el área de influencia de la ciudad de Buenos Aires.

Objetivos particulares:

- a) Caracterizar el clima del abrigo a fin de hallar los valores de Eto calculados para esa situación empleando fórmulas de uso corriente.
- b) Medir el consumo de agua mediante lisímetros a fin de determinar el coeficiente de ajuste, Kc, para cada una de las fórmulas empleadas.
- c) Seleccionar la relación entre Eto y Kc que determine el Etc de mejor ajuste con el consumo medido.

MATERIALES Y METODOS

Para medir consumo de agua se utilizaron dos lisímetros de percolación (Aboukhaled *et al*, 1992; Khan *et al*. 1993; Stanghellini *et al*. 1989) de 1 m. de ancho x 0.80 m. de largo y 0,50 m. de profundidad. Ubicados en la parte media de un cantero central y separados 3 m. uno de otro. Las mediciones se efectuaron para ciclos: otoño-invernal y primavera-estivales. Las variedades utilizadas fueron: Palisade en el primer caso y Southern en el segundo. Los resultados se refieren a cultivos realizados durante el período 1992-1994.

En los lisímetros, se colocó un lecho filtrante sustituido por una capa inferior de leca y otra superior de arena. El resto del volumen se rellenó con suelo del invernadero, alcanzando 50 cm de profundidad total.

El invernadero donde se realizó esta experiencia tiene forma parabólica, con orientación N-NO/S-SE, con estructura es de madera y la cobertura es de polietileno térmico de 150 micrones. El ancho del invernadero es de 5.90 m. y el largo 20,80 m.. La altura de los laterales es de 2,46 m. y de la cumbre 3.70 m. La superficie cubierta es de 123 m². y el volumen de aire 390 m³. y la relación volumen/superficie es 3,71 m³/m².

Los cultivos se condujeron en canteros de 0,90 m. de ancho ubicados a lo largo del invernadero. Se efectuó un manejo del fotoperíodo con: a) lámparas incandescentes, para alargamiento del día; b) el oscurecimiento para inducir floración en épocas de días largos naturales, se realizó con túneles de polietileno para cada cantero.

Los ciclos abarcados en este trabajo son los siguientes:

Ciclo primavera estival: 23/9 al 8/1, año 1992.

Ciclo otoño invernal, 24/3 al 27/7, año 1993.

Ciclo otoño primaveral 17/5 al 21/10, año 1994.

Ciclo primavera estival, 21/9 al 20/12, año 1994.

Los parámetros climáticos del invernadero se registraron con un termohigrógrafo; termómetros de máxima y mínima; un psicrómetro de mercurio; durante algunos períodos se utilizaron los datos de radiación y temperaturas registrados en un biofenómetro.

Los valores de heliofanía relativa necesarios para la resolución de las fórmulas empleadas fueron corregidas por un factor 0,8 (Villette, 1974) a partir de mediciones del Servicio Meteorológico Nacional de la estación de Villa Ortuzar. De la misma forma se obtuvieron valores de HR y temperaturas externas a fin de relacionar las variables climáticas externas con las internas, para complementar la caracterización de este invernadero. Las relaciones establecidas figuran en el cuadro N°1.

Cuadro N°1: Correlación entre parámetros del clima exterior y los interiores medios en el invernadero

Parámetro	Temp. mínima	T. máx. Primavera-Verano	T. máx. Otoño-Invernal	HR. mínima	HR. máxima
Constante	-1,07	7,58	8,36	3,7	48
Coef. x	1,07	0,94	1,07	0,63	0,5
r ²	0,95	0,79	0,32	0,58	0,59

Se observa que para valores de temperaturas mínimas exteriores, suceden en el invernadero temperaturas menores en aproximadamente 1°C, esto es coincidente para estructuras similares según lo mencionado en la bibliografía. (Camacho *et al*, 1994)

Se obtuvo un valor muy bajo de correlación para los valores de temperaturas máximas en el periodo otoño-invernal. Asimismo resultó baja la correlación, tanto para humedad relativa máxima como mínima.

Las relaciones establecidas variarán para cada tipo de invernadero según materiales, relación superficie-volumen, orientación, detalles constructivos, etc. Para conocer consumo de agua, esas relaciones deberán determinarse, o estimarse a partir de información de construcciones similares o de modelos matemáticos.

En los lisímetros se midió el agua agregada y el agua percolada obteniéndose los valores de consumo de agua mensuales de la siguiente forma:

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

Mediante las fórmulas de Blaney-Criddle; Penman. Radiación modificadas por FAO (Doorenbos y Pruitt, 1976) y Penman-Monteith adaptadas por FAO (Smith, M. 1993) se obtuvieron los valores de Eto.

Relacionando Etc medido y el Eto calculado (Etc/Eto = Kc) se estimaron los valores de Kc ya que este valor no se encuentra en la bibliografía para florales.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados hallados en este experimento sobre el consumo de agua del cultivo de crisantemo, son válidos para el ciclo del cultivo, a partir del trasplante.

En el cuadro N°2 figuran los valores de Etc medida en lisímetros para los diferentes ciclos:

Cuadro N°2: Evapotranspiración del cultivo (mm.d) medida en lisímetros para diferentes ciclos

Ciclo 23/09 -08/01		Ciclo 24/03-27/07		Ciclo 21/09-20/12		Ciclo 17/05-21/10	
meses	Etc	meses	Etc	meses	Etc	meses	Etc
octubre	1,36	abril	2,08	octubre	3,29 (1)	junio	0,90
noviem	2,60	mayo	1,38	noviemb	4,00	julio	0,92
diciemb	3,77	junio	1,07	diciemb	4,68	agosto	1,84
enero	5,49 (1)	julio	0,94	---	---	setiem.	3,65
---	---	---	---	---	---	octubre	3,91

(1) primera semana (1) desde el 11/10

En las figuras N°1 (1-A, 1-B, 1-C, 1-D) se muestra el comportamiento de la evapotranspiración de referencia calculada con los datos interiores del clima del invernadero.

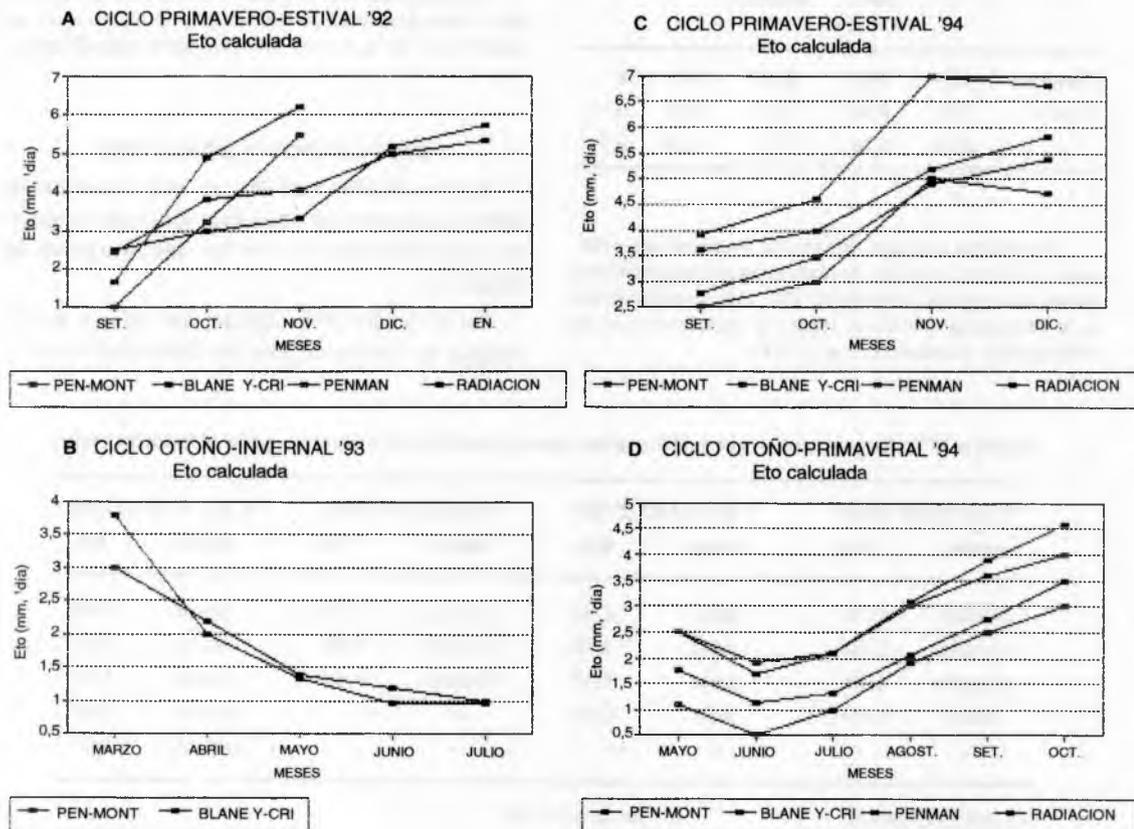
Promediando la duración de los ciclos primavera-vernal y otoño-inverno-primaveral, se obtuvo una duración de 100 días para los primeros y de 140 días para los segundos.

Se observó que la secuencia de evolución del coeficiente de cultivo -Kc- se correspondía con porcentajes del ciclo entre trasplante y fin de cosecha (para los ciclos estudiados), lo que dio lugar a la posibilidad de dividir el ciclo en cuatro fases, en forma similar a la recomendada por Doorembos y Pruitt (bibliografía citada) para cultivos hortícolas, con la diferencia que en este caso se establecen los Kc a partir del trasplante y que las fases coinciden con

porcentajes del ciclo, que si bien no tienen un estricto correlato con la fenología del cultivo, se puede asimilar la fase 3 con el máximo crecimiento vegetativo de la planta hasta el comienzo de cosecha y la fase 4, desde comienzo a fin de cosecha. Cuadro N°3.

Se comprobó además que este comportamiento es similar para los métodos de Penman-Monteith-FAO; Blaney-Criddle-FAO y Penman-FAO. No pudiéndose establecer las mismas relaciones para Radiación-FAO.

Se estima que los valores hallados para los métodos de Blaney-Criddle y Penman, son demasiado bajos, para la fase 3, etapa de máximo requerimiento, que se extiende desde que el cultivo ha alcanzado el mayor desarrollo, hasta comienzo de floración. Un valor final para la fase 4, mayor



Cuadro N°3: Duración de las fases y valores de Kc para los diferentes métodos de cálculo de Eto

Fases	Duración de cada etapa en porcentaje del ciclo total			Kc		
	Pen-Mont	Blan-Crid	Pen-FAO Mont.	Pen-	Blan-Crid	Pen-FAO
1º	0-25	0-25	0-25	0,77	0,64	0,69
2º	25-70	25-70	25-70	CRECIENTE		
3º	70-85	70-90	70-100	1,0	0,86	0,77
4º	85-100	90-100	-----	0,96 (1)	0,92 (1)	

(1) valor final de la etapa 4º.

que en fase 3, como se observa para el método de Blaney Criddle, tampoco se considera adecuado, ya que los requerimientos van en disminución para el conjunto del cultivo a medida que se van cosechando las flores.

En el caso del Kc hallado para aplicar el método de Penman, no resulta adecuado que para fases 3 y 4, se comporte como constante.

Tomando como ejemplo, el valor de Kc obtenido para la fórmula de Penman-Monteith, se podrían determinar la duración de cada etapa en días, tal como se ve en el cuadro N° 4.

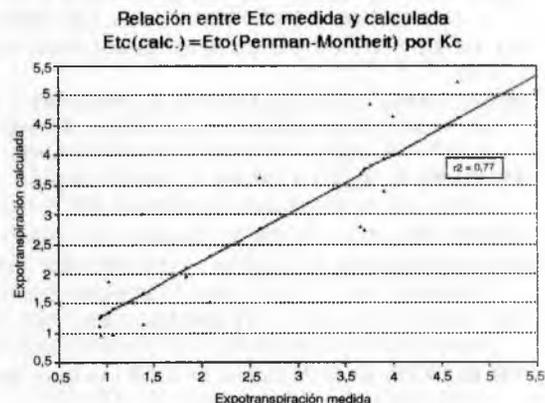
En el gráfico N° 2 se observa la relación entre valores de Etc, medidos en lisímetro y los valores de Etc calculados a partir de la estimación de Eto por el método de Penman-Monteith (FAO) multiplicada por los Kc, del cuadro N°3.

CONCLUSIONES

Los resultados hallados permiten afirmar que a los fines de diseñar y manejar sistemas de riego para el cultivo de crisantemo en invernadero para el área de influencia de la ciudad de Buenos Aires, es recomendable determinar evapotranspiración de referencia mediante el método de Penman Monteith adaptado por FAO. En este caso el Kc a aplicar con un mínimo de 0,77 en la fase 1, un valor creciente hasta 1, en la fase 2, manteniendo este valor, 1, durante la fase 3 donde se verificaría el principio de floración y un valor decreciente en fase 4 que abarca desde principio hasta fin de cosecha de los tallos florales.

Cuadro N°4: Duración en días de cada etapa de acuerdo al porcentaje del ciclo del cultivo

CICLO	Primavero- estival	Otoño-inverno- primaveral
Fase 1 (0-25%)	25	35
Fase 2 (25-70%)	45	63
Fase 3 (70-85%)	15	21
Fase 4 (85-100%)	15	21
Total ciclo	100	140



La metodología sería:

- Inferir la información de las condiciones del clima interior del invernadero.
- A partir de esa información, calcular evapotranspiración de referencia -Eto- mediante el método de Penman Monteith adaptado por FAO.
- Determinar Kc, dividiendo el ciclo del cultivo a partir del trasplante en cuatro fases según se indica: Ciclo primavera estival, Duración total del ciclo: 100 días
- Duración de las fases: Fase 1, 25 días; Fase 2, 45 días; Fase 3, 15 días; Fase 4, 15 días.
- Ciclo otoño-invierno-primaveral. Duración total del ciclo: 140 días
- Duración de las fases: Fase 1, 35 días; Fase 2, 63 días; Fase 3, 21 días; Fase 4, 21 días.
- * Utilizar los valores de Kc que se indican:
- Fase 1: 0,77; Fase 2: creciente;
- Fase 3: 1; Fase 4: 0,96.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Ricardo Saravia por su colaboración, - durante los tres años- en la resolución de diversos problemas surgidos durante la realización del trabajo y por su contribución en la lectura y sugerencias sobre el texto.

Al Ing. Jorge Molinari, por su colaboración en la reparación y construcción de lisímetros y en la toma de datos durante un período del trabajo.

A la firma Cultivos Bernardini, por su colaboración mediante la donación de los plantines de crisantemo durante todo el período de trabajo.

A la firma Ingeniería en Riego por la donación de los laterales portagoteros.

A la Asociación Cooperadora Amigos de las Flores por contribuir con una parte de los gastos ocasionados.

BIBLIOGRAFIA

- **ABOUKHALED, A.; J., ALFARO; M., SMITH** 1986. Los lisímetros. Estudio FAO. Riego y Drenaje N° 39. FAO, ROMA.
- **CAMACHO, M.; F., ASSIS** 1994. Avaliação de parâmetros meteorológicos em estufa em Pelotas.R.S. Resúmenes del XVII Congreso Argentino y VI Congreso Latinoamericano de Horticultura. pg 18.
- **CORNILLON, P.** 1980 Influence de la temperature des racines sur le comportement du Chrysantheme et de Gerbera, PHM, Revue Horticola, Limoges. 207: 11-14
- **CORNILLON, P.; R., FYNNE; A., AL-SHOOSHAN; R., SHORT and R., Mc MAHON** 1993. Evapotranspiration measurement and modeling for a potted chrysanthemum crop. American Society of Agricultural Engineers. 36(6):1907-1913
- **DOORENBOS, J. and W., PRUITT** 1976. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO. Riego y Drenaje N° 24. Roma.
- **FLORICULTORES.** Boletín del Cuerpo Técnico de la Cooperativa Argentina de Floricultores. 1994. N° 3 y 5.
- **KHAN, B.; M., MAINUDDIN; and M., MOLLA** 1993. Design, construction and testing of a lysimeter for a study of evapotranspiration of different crops. *Agr. Water Mng.* 23:183-197
- **KLASMAN, R.** 1994. Prevención de salinización en cultivos bajo invernadero. Informe Frutihortícola. Setiembre. pag 17.
- **MASCARINI, L.; R., KLASMAN; S., PARIANI y A., MASCARINI** 1994. Evapotranspiración del cultivo de crisantemo (*Dendranthema x grandiflorum* Ramat) en invernadero; resultados preliminares. Resúmenes del XVII Congreso Nacional de Horticultura, pag.1.
- **PARIANI, S.; R., KLASMAN; L., MASCARINI y A., MASCARINI** 1993. Evapotranspiración del cultivo de Crisantemo en invernadero. Resúmenes del XVI Congreso Nacional de Horticultura, pag.158..
- **SMITH, M.** 1993. CROPWAT. Estudio FAO Riego y drenaje. N°46 FAO-ROMA.
- **STANGHELLINI, C. and W., VAN MEURS** 1989. Crop Transpiration; A Greenhouse Climate Control Parameter. Inst. of Agric. Eng. Wageningen. *Acta Horticulturae.* 245: 384-387. .
- VAN MEURS, W. and C., STANGHELLINI** 1992. Use and off of shelf electronic balance for monitoring crop transpiration in greenhouses. *Acta Horticulturae.* 304: 219-225
- **VILELLE, O. de.** 1974. Besoin en eau des cultures sous serre. Essai de conduite des arrosages en fonction de l' ensoleillement. *Acta Horticulturae* 35 : 123-129