



Uso eficiente del agua para el cultivo de rosa cv. Freedom bajo invernadero

John J. Arévalo-H¹, Javier E. Vélez¹ & Jesús H. Camacho-Tamayo¹

RESUMEN

Determinar el requerimiento de agua y el momento adecuado de distribución, es un factor fundamental para el cultivo de flores. El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la aplicación de tres láminas de riego sobre el desarrollo y producción del cultivo de la Rosa cv. Freedom, bajo invernadero. El experimento se realizó con tres láminas de riego en un cultivo de rosa (*Rosa spp.*) cv. Freedom. Se analizó el crecimiento de los tallos florales, la vida en florero, la producción y la eficiencia en el uso del agua. Los tratamientos se basaron en tres niveles de evapotranspiración de cultivo (ETc) (70, 80 y 100%). Durante el estudio, el cultivo se mantuvo en producción constante. Se aplicaron 384,87, 254,25 y 218,97 m³ correspondiente a 100, 80 e 70% de ETc respectivamente, significando un ahorro de agua de 14,0 y 21,8% en el 80 e 70% de ETc respectivamente. El coeficiente de cultivo (Kc) vario entre 0,58 y 1,65, con una media de 1,13. No se encontraron diferencias en la producción. Las curvas de crecimiento presentaron incremento continuo, con ajuste al modelo logístico. El 70% de ETc presentó la mayor eficiencia en el uso del agua, con 185 tallos m⁻³. La conservación media de los tallos florales fue de 12 a 15 días. La mayor causa de pérdida fue la deshidratación, que inició en el día 11, comportamiento normal del tallo floral.

Palabras-clave: evapotranspiración, curva de crecimiento, manejo del agua, riego deficitario

Efficient use of water for rose crop cv. Freedom in greenhouse

ABSTRACT

To determine the water requirements and timing of distribution is a key factor for growing flowers. The aim of this study was to determine the effect of applying three levels of water on the development and yield of rose cv. Freedom, under greenhouse conditions. The experiment was conducted with three levels of water in rose crop (*Rosa spp.*) cv. Freedom. The analyzed variables were: growth of flowering stems, vase life, yield and efficiency in water use. The treatments were based on three levels of crop evapotranspiration (ETc) (70, 80 and 100%). During the study, the crop yield was constant. The volume of water applied was 384.87, 254.25 and 218.97 m³ corresponding to ETc - 100, 80 and 70%, respectively, meaning a water savings of 14.6 and 21.8% in the ETc - 80 and 70%, respectively. The crop coefficient (Kc) varied between 0.58 and 1.65, with a mean value of 1.13. There were no differences in yield. The growth curves showed a continuous increase, adjusted to a logistic model. The treatment of ETc - 70% had the highest efficiency in water use, with 185 stems m⁻³. The mean conservation of flower stalks was 12 to 15 days. The major cause of elimination was dehydration, but this started on day 11, a normal behavior of the floral stem.

Key words: evapotranspiration, growth curve, water management, irrigation

INTRODUCCIÓN

La eficiencia en el uso del agua en el cultivo de la rosa bajo invernadero implica, además de las necesidades de riego, determinar la cantidad y el momento de su aplicación, con el objeto de compensar el déficit de humedad del suelo y la demanda evaporativa durante todo su ciclo, medido por la producción de tallos florales por volumen de agua aplicada (Zoebl, 2006). Para lograrlo se recurre al cálculo del balance hídrico, determinando la evapotranspiración del cultivo menos el agua que aporta las precipitaciones, las aguas subterráneas y la acumulación en el suelo debido a anteriores precipitaciones o aportaciones de aguas superficiales o subterráneas (Causapé et al., 2004). Un riego adecuado se logra cuando se estima con exactitud la lámina diaria evapotranspirada y la capacidad que tiene el suelo de almacenamiento (Vélez et al., 2007).

La evapotranspiración del cultivo (ET_c) es una de las principales variables de entrada en la metodología para estimar el consumo de agua durante su ciclo de crecimiento (Oliosio et al., 2005; Acevedo-Opazo et al., 2010). La ET_c es la clave para mejorar el entorno de las plantas tanto en cielo abierto como bajo invernadero (Takakura et al., 2009) y se debe considerar que varía con la temperatura del aire y del suelo, porque el calor sensible almacenado en ellos es la fuente de energía usada en el cambio de estado del agua líquida a vapor (Rousseaux et al., 2009). La ET_c se calcula por medio del producto entre el coeficiente del cultivo (K_c) y la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) (Allen et al., 2006). Para determinar la ET_o existen varios métodos como el tanque evaporímetro clase A, ecuaciones empíricas que usan la información climática; el método FAO Penman-Monteith (Allen et al., 2006) que considera medidas directas para determinar balance de agua del suelo; lisímetros de pesada o de volumen (Borin et al., 2011) y métodos de balance de energía, determinando el calor sensible o la energía radiante que son un buen método para el control de riego en invernadero (Takakura et al., 2009).

El cultivo de la Rosa se produce principalmente bajo invernadero, cuyo ciclo de un tallo floral es de 11 a 12 semanas. La mitad de este periodo es de crecimiento vegetativo y el otro reproductivo. El periodo reproductivo presenta varios estadios fenológicos que se diferencian por el diámetro del botón floral, iniciando con el estadio “palmiche” es la inducción del primordio floral, seguido del estadio “arroz” con diámetro menor a 4 mm, “arveja” comprende entre 5 a 7 mm, “garbanzo” de 8 a 12 mm, “raya color” se observa el color de los pétalos y tiene un diámetro entre 18 a 29 mm y “corte” logrando para el último estadio un diámetro mayor a 30 mm, momento en que la flor llega a un punto de apertura comercial, más no fisiológica (Flórez et al., 2006).

Como herramienta para el productor de flores se han desarrollado algunos modelos de crecimiento para describir tendencias o comportamientos a través del tiempo. Existen modelos empíricos lineales y no lineales que grafican y describen en alguna medida el tamaño de un órgano a través del tiempo (Marcelis et al., 1998). Aplicado en el cultivo de la Rosa se ha considerado que además de las fluctuaciones aleatorias, el crecimiento sigue una curva sigmoidea, en forma de S (Flórez et al., 2006), que representa el tamaño acumulado

como función del tiempo, donde la primera derivada de la curva sigmoidea evidencia la curva de velocidad de crecimiento con forma de campana.

Las metodologías para la medida y análisis del crecimiento del tallo floral se centran en funciones empíricas matemáticas, que parten de los cambios de expansión o de materia seca en intervalos de tiempo definidos, definiendo tasas que explican la dinámica del crecimiento, como la tasa absoluta de crecimiento (TAC) y tasa relativa de crecimiento (TRC). La TAC indica el cambio de tamaño por unidad de tiempo, mientras que la TRC expresa la tasa de variación del tamaño por unidad de tamaño inicial, representando la eficiencia de la planta como productor de nuevo material (Flórez et al., 2006).

La vida en florero de tallos florales cortados, es a menudo muy corto debido a la marchitez y la flexión del eje floral justo debajo de la cabeza de la flor (Ueyama & Ichimura, 1998), perdiendo valor comercial porque se deshidratan en el florero como resultado de la disminución de la absorción de agua (Ahmad et al., 2011). La longevidad de los pétalos está limitada por la regulación de etileno que producen las flores al ser cortadas, sumado a la oclusión en el xilema que resulta en una disminución en la tasa de absorción de agua (Doorn et al., 1995).

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la aplicación de tres láminas de riego, sobre el crecimiento de los tallos florales, la vida en florero, la producción y la eficiencia en el uso del agua del cultivo de la Rosa cv. Freedom, bajo invernadero.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo experimental se realizó entre Marzo y Septiembre del 2011, durante 19 semanas (semana 18 a la 36) en el municipio de Facativá (Cundinamarca, Colombia), en un área de 0,52 ha, ubicada en las coordenadas 4° 46' 38,35" N, 74° 19' 38,15" W y 2614 m de altitud. La zona presenta un clima frío y seco, con temperatura media anual de 13,1 °C y precipitación media anual de 665 mm, correspondiente a la clasificación Cfb de Köppen. La textura del suelo es franco arenosa, entre 0,2 a 0,4 m de profundidad, correspondiente al Horizonte A2. Presenta densidad aparente de 0,8 g cm⁻³ y capa compacta a partir de los 0,4 m de profundidad con valores superiores de 2,0 MPa, la humedad volumétrica (θ_v), a capacidad de campo y punto de marchitez permanente fue de 55,1 y 45,4%, respectivamente. El agua del riego tiene un pH de 7.9 y conductividad eléctrica (EC) de 0.48 dS m⁻¹.

El cultivo de estudio fue Rosa (*Rosa* sp) cv. Freedom, sembrada en el 2006, tipo Té Híbrido, presentando una hilera por cama, separadas a 0,1 m, para un total de 235 plantas cama⁻¹. El sistema de producción es continuo y se encuentran todos los estadios fenológicos.

El diseño experimental utilizado fue de parcelas completamente aleatorias. Se consideraron tres tratamientos con seis repeticiones por tratamiento, para la evaluación de producción y crecimiento del tallo floral, para un total de 18 parcelas. Los tratamientos consistieron en tres (3) láminas de riego, correspondientes al 100, 80 y 70% de la evapotranspiración del cultivo (ET_c), durante todo el ensayo,

calculada mediante el método del tanque evaporímetro clase A, denominados ETc100, ETc80 y ETc70.

El riego se realizó cuando el potencial mátrico del suelo (Ψ_m) estaba entre 18 y 20 cBar, medido con tensiómetros, manteniendo la humedad volumétrica (θ_v) entre 56,3 a 56,6% y el volumen de agua se controló variando el tiempo de aplicación. Las prácticas culturales fueron comunes para todos los tratamientos y mediante el sistema de riego se hicieron las aplicaciones semanales de fertilizantes.

La evapotranspiración de referencia (ET_o), se determinó a partir de los registros de temperatura y humedad relativa dentro del invernadero, con los modelos empíricos de Thornthwaite (1948) y Esmeral (2011), y el tanque evaporímetro clase A (E_{Tan}) ubicado dentro del invernadero. La evapotranspiración del cultivo (ET_c) usadas para programar el riego se calculó por el producto de la ET_o y un valor fijo de coeficiente de cultivo (K_c) de 1,15, valor intermedio para una planta que presenta varios estadios fenológicos (Allen et al., 2006).

El lisímetro de volumen tiene un área de 0,96 m² con 9 plantas sembradas. Donde se midió el volumen de riego, el drenado a las 48 h y la humedad del suelo, para determinar la lámina evapotranspirada (ET_{cL}) y el coeficiente de cultivo (k_c) a partir de la relación ET_{cL}/ET_o. El balance hídrico o ET_{cL} es la diferencia entre el volumen de agua aplicado en el riego y el volumen de agua drenada del lisímetro, considerando además el cambio de contenido de humedad del suelo. La capacidad de retención de humedad del suelo se obtuvo a partir de la curva de retención de humedad, determinado por el método de la olla a presión.

Para el seguimiento de esta variable se llevó el registro durante la semana 28 a la 36 midiendo la longitud y el diámetro del tallo floral, la longitud y el diámetro ecuatorial del botón floral y evaluando dos índices, la tasa absoluta de crecimiento (TAC) y la tasa relativa de crecimiento (TRC), de la longitud del tallo y del diámetro ecuatorial del botón. Se marcaron 12 tallos por parcela, para un total de 72 tallos por tratamiento. La marcación se realizó cuando estaba en su estado vegetativo, 18 días después del corte (DDC), con una longitud media de 7,3 cm y un diámetro medio de 3,0 mm. La medición de la producción de tallos florales se hizo semanalmente.

Se define como la relación entre el número de tallos cosechados y el volumen de agua aplicado (Ec. 1). Se midió semanalmente por tratamiento.

$$EUA = \frac{N.Tc \text{ por tratamiento}}{V.a \text{ por tratamiento}} \quad (1)$$

donde:

- EUA - eficiencia en el uso del agua de riego, tallos m⁻³
- N.Tc - número de tallos cosechados
- V.a - volumen de agua aplicada, m³

La evaluación de la duración del tallo en florero se realizó mediante la apariencia visual desde la cosecha hasta la eliminación, por marchitez (pérdida de turgencia y oscurecimiento del borde de los pétalos) o doblamiento del cuello del botón floral. Haciendo un seguimiento diario, una vez por mes. La duración vida florero se calculó a partir de la Ec. 2.

$$\text{Duración} = \frac{[(NXD_0) + (NXD_1) + (NXD_2) + \dots + (NXD_N)]}{N_{\text{TOTAL}}} \quad (2)$$

donde:

- Duración - número medio de días de vida en florero, día
- N - número de tallos eliminados en el día
- DN - día en el que se elimina el tallo
- N_{total} - total de tallos evaluados

Los resultados de producción y crecimiento del tallo floral se analizaron mediante estadística descriptiva y el coeficiente de variación (CV). Los parámetros correspondientes a las curvas de crecimiento se obtuvieron mediante ajustes a modelos sigmoidales. Para el análisis de los datos se usó el paquete estadístico Statistic System Analysis (SAS, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de evapotranspiración de referencia (ET_o) y de cultivo (ET_c) acumulado desde marzo a septiembre, expresados como lámina de agua fueron de 104,8 y 120,5 mm respectivamente, calculados a partir de la E_{Tan}. Para el mismo periodo, la evapotranspiración medida con el lisímetro de volumen (ET_{cL}) fue de 119,8 mm y la ET_o registrada utilizando la ecuación empírica de Thornthwaite (1948) y Esmeral (2011) fue de 130,6 y 131,5 mm respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Valores mensuales de evapotranspiración de referencia (ET_o) y de cultivo (ET_c), determinada durante los meses de estudio

Mes	ET _c		ET _o		
	Tanque A	Lisímetro	Tanque A	Thornthwaite	Esmeral
	mm				
Mayo	19,87	17,20	17,28	12,75	17,97
Junio	32,25	30,85	28,04	35,52	33,11
Julio	25,12	27,52	21,84	33,50	30,20
Agosto	35,51	34,68	30,88	37,99	36,93
Septiembre	7,78	4,82	6,77	10,82	13,25
Total	120,50	119,80	104,80	130,60	131,50

Al realizar el análisis de varianza no se evidenciaron diferencias significativas entre los datos de evapotranspiración obtenidos e indica que los datos tomados con el tanque evaporímetro clase A, para el calcular la ET_o y utilizados para determinar la lámina de agua en los tratamientos ETc100, ETc80 y ETc70 se ajustan a las formulas empíricas. Los valores superiores de evapotranspiración ocurrieron en el mes de Agosto, con máximas de 1,14, 1,12, 0,99, 1,22 y 1,19 mm d⁻¹ para cada método calculado respectivamente.

Lo volumen total acumulado para los tratamientos ETc100, ETc80 y ETc70, fue de 8,75, 7,48 y 6,84 m³ cama⁻¹ respectivamente (Figura 1), que representó un ahorro de agua de 14,6% para ETc80 y de 21,8% para ETc70, con un volumen total de agua aplicado en el invernadero durante 133 días del ensayo de 384,87, 254,25 y 218,97 m³ en ETc100, ETc80 y ETc70 respectivamente.

De la semana 20 a la 36 el agua aplicada en el lisímetro fue de 299,5 mm y el volumen drenado fue de 179,6 mm,

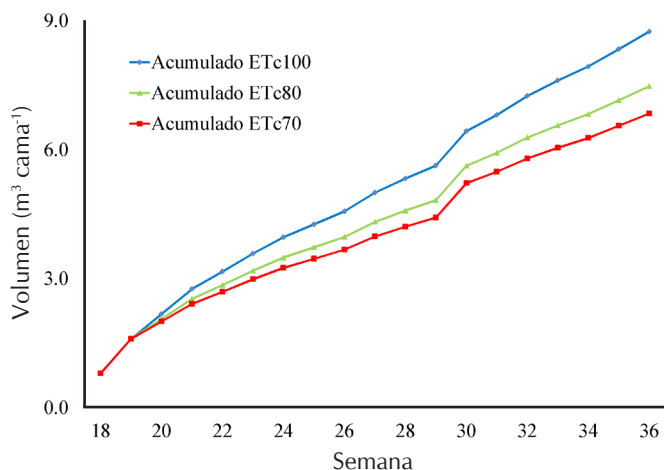


Figura 1. Volumen de riego acumulado en m^3 , aplicado a cada tratamiento durante la investigación

equivalente a un 59,96% del agua aplicada. Con una humedad volumétrica (θ_v) que se mantuvo a capacidad de campo entre 58,5% (-8 cBar) y 56,6% (-20 cBar) con variación de $\pm 1,9\%$ (Tabla 2). El porcentaje de agua drenada es alto, si se considera que para cultivos de rosa en sustrato el porcentaje de drenaje es de 63% (Esmeral, 2011) y de 40 a 60% para mezclas de sustrato (Flórez et al., 2006). Esto pudo deberse a que el suelo permaneció la mayor parte del tiempo a capacidad de campo y el volumen de agua drenado en el lisímetro mantuvo un flujo constante. Según Flórez et al. (2006), el volumen de agua drenada tiende a disminuir, a medida que la evaporación diaria aumenta y la temperatura máxima diaria se incrementa. La ET_{cL} fue de 119,8 mm, con una media diaria de $0,97 \text{ mm d}^{-1}$.

El coeficiente de cultivo (K_c) presentó valores entre 0,58 y 1,78 (Tabla 2), valores cercanos a los encontrados por Esmeral (2011), quién utilizó el método de Hargreaves & Samani (1985) en un cultivo de rosa cv. Charlotte, valores similares a los encontrados en estudios realizados por Bastidas & Santana

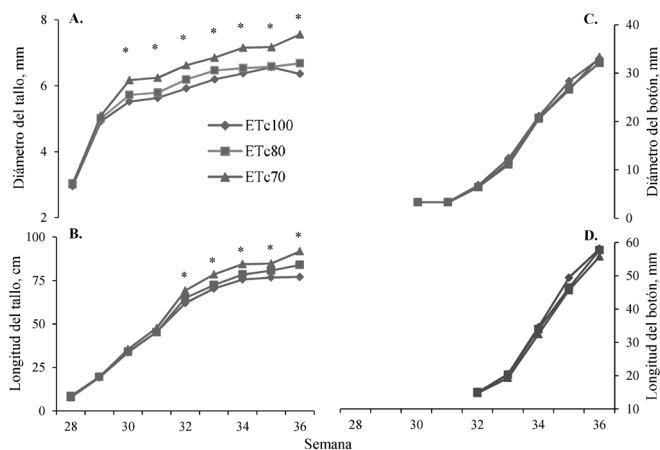
Tabla 2. Valores semanales de volumen de agua aplicada (Va), drenada (DI), porcentaje drenada del lisímetro (D), evapotranspiración lisímetro (ET_{cL}) y de referencia (ETo) y coeficiente de cultivo (K_c)

Semana	Va (mm)	DI (mm)	D (%)	ET_{cL} (mm)	ETo A (mm)	K_c^1
20	15,35	5,50	36	9,85	5,910	1,67
21	15,35	7,29	47	8,06	6,450	1,25
22	12,83	4,84	38	7,99	4,830	1,65
23	16,50	7,65	46	8,85	6,990	1,27
24	17,19	13,54	79	3,65	6,286	0,58
25	13,52	10,21	76	3,31	4,886	0,68
26	13,75	5,42	39	8,33	5,054	1,65
27	19,71	12,81	65	6,90	7,252	0,95
28	14,90	11,67	78	3,23	5,488	0,59
29	13,52	8,33	62	5,19	4,816	1,08
30	41,48	28,13	68	13,35	4,284	3,12
31	17,19	8,85	52	8,33	6,300	1,32
32	19,94	12,50	63	7,44	7,336	1,01
33	16,27	7,29	45	8,98	5,054	1,78
34	14,90	8,54	57	6,35	5,418	1,17
35	18,56	13,54	73	5,02	6,769	0,74
36	18,56	13,54	73	5,02	6,769	0,74
Media			59,9			1,13

¹ $K_c = ET_{cL} / ETo$

(2000), autores que recomiendan manejar rangos de K_c entre 0,8 y 1,0, para manejar racionalmente el recurso hídrico en rosa cv. Madame. En la semana 30 se registró un valor K_c de 3,12, posiblemente causado por la lámina aplicada de $0,8 \text{ m}^3 \text{ cama}^{-1}$.

Las curvas de crecimiento presentaron un incremento continuo (Figura 2). La cosecha acumuló entre 751 y 787 $^{\circ}\text{C d}^{-1}$, con una duración en campo entre 11 a 12 semanas como lo reporta Rosen Tantau (2011). Para la semana 36 se obtuvieron diámetros de tallo de 6,46, 6,53 y 7,37 mm, con un CV de 14,68, 10,10 y 16,50% respectivamente, encontrando diferencias significativas entre los tratamientos ETc100 y ETc70. Los valores registrados en los tratamientos se clasifican en los grados 50 y 60, aptos para exportación. La longitud de botón fue 57,88, 57,68 y 55,44 mm, con un CV de 9,6, 10,0 y 16,3% en el ETc100, ETc80 y ETc70 respectivamente, sin presentar diferencias significativas. Al momento de la cosecha, la longitud del botón para los tratamientos fue mayor a lo reportado por (Rosen Tantau, 2011).



* Diferencia significativa entre tratamientos respecto al Control (ETc100) de acuerdo a la prueba de Duncan ($p < 0,05$)

Figura 2. Curva de crecimiento (semanas 28 a la 36) diámetro del tallo (A), longitud del tallo (B), diámetro del botón (C) y longitud del botón (D)

La Tabla 3 presenta los estadios fenológicos del tallo floral, donde el diámetro del botón es utilizado como indicador y el cambio de estadio varía semanalmente de “arroz arveja, garbanzo, doble garbanzo, raya color y corte” en los tres tratamientos, términos estos utilizados localmente para definir los estadios fenológicos de la rosa. El diámetro final del botón fue de 32,81, 32,88 y 32,73 mm con un CV de 12,2, 11,8 y 16,7% en los tratamientos ETc100, ETc80 y ETc70 respectivamente, sin presentarse diferencias significativas.

Al realizar la cosecha en la semana 36 se obtuvo una longitud de tallo de $77,62 \pm 11,83 \text{ cm}$, $83,51 \pm 8,94 \text{ cm}$ y $88,17 \pm 12,99 \text{ cm}$ para el ETc100, ETc80 y ETc70 respectivamente, evidenciando diferencias significativas entre el tratamiento ETc100 con los tratamientos ETc80 y ETc70. El crecimiento presentó un comportamiento sigmoide simple (Figura 3A), ajustándose al modelo tipo logístico (Tabla 4) reportado por Flórez et al. (2006). La TAC fue rápida en las primeras semanas, hasta alcanzar su punto máximo en la semana 31 con 15,35, 15,90 y 17,70 cm, para cada tratamiento. Luego disminuyó

Tabla 3. Estadios fenológicos para Rosa cv. Freedom en días después del corte (DDC), en función de la longitud del tallo y del diámetro del botón floral

Estadios fenológicos	Días después del corte (DDC)	Longitud del tallo	Diámetro del botón
		(mm)	
Primordio	42	396	
Arroz	49	512	3,30
Arveja	56	711	5,71
Garbanzo	63	792	10,17
Doble garbanzo	70	851	15,59
Rayar color	77	871	22,16
Corte	84	903	32,11

hasta la cosecha (Figura 3B). La TRC decreció con la edad del tallo, presentando una variación rápida en las primeras semanas, hasta un mínimo en la semana 34 de 0,042, 0,053 y 0,052 cm cm⁻¹ semana⁻¹ en el ETc100, ETc80 y ETc70 respectivamente, y disminuye prácticamente a cero, hasta la cosecha (Figura 3C). Este decrecimiento se debe según Flórez et al. (2006), a que una parte del incremento es estructural más que de actividad metabólica en tejidos y como tal, no contribuye al crecimiento.

El diámetro de botón fue de 32,81 ± 5,30 mm, 32,88 ± 6,52 mm y 32,73 ± 5,70 mm para el ETc100, ETc80 y ETc70 respectivamente, sin diferencias significativas, presentando un crecimiento sigmoideal simple (Figura 3D) ajustándose al modelo tipo logístico (Tabla 4) reportado por Flórez et al. (2006). La TAC se incrementó semanalmente hasta alcanzar su punto máximo en la semana 34 con 8,15, 7,95 y 8,06 mm, para cada tratamiento. Luego disminuyó hasta la cosecha (Figura 3E), siendo mayor al final el ETc100. La máxima TRC fue de 0,80, 0,81 y 0,74 mm mm⁻¹ semana⁻¹ para el ETc100, ETc80 y ETc70 respectivamente, con una disminución constantemente, durante todo el ciclo hasta la cosecha, en la semana 36 (Figura 3E e F).

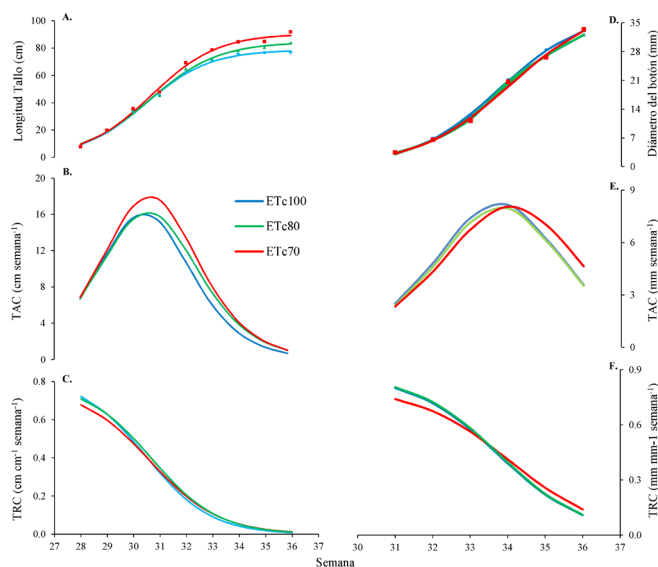


Figura 3. Crecimiento durante las semanas 28 a 36. Longitud del tallo floral (A), tasa absoluta de crecimiento del tallo (TAC) (B), tasa relativa de crecimiento del tallo (TRC) (C), diámetro del botón (D), TAC botón (E) y TRC botón (F)

Tabla 4. Ecuaciones del modelo logístico para la longitud del tallo y el diámetro del botón durante el crecimiento y desarrollo (semana 28-36)

Tratamiento	Longitud del tallo	Diámetro del botón
ETc100	$y = \frac{78,7824}{1 + e^{-0,8184(t-30,4608)}}$	$y = \frac{37,8021}{1 + e^{-0,8730(t-33,7554)}}$
ETc80	$y = \frac{84,5269}{1 + e^{-0,7686(t-30,6211)}}$	$y = \frac{36,6750}{1 + e^{-0,8757(t-33,7810)}}$
ETc70	$y = \frac{90,6524}{1 + e^{-0,7944(t-30,6763)}}$	$y = \frac{40,1652}{1 + e^{-0,8032(t-34,0644)}}$

No se presentaron diferencias significativas en la producción acumulada de tallos florales, con 8531, 8094 y 7863 unidades y productividad media de 1,32, 1,28 y 1,24 tallos planta⁻¹ mes⁻¹, para ETc100, ETc80 y ETc70 respectivamente. Estos valores son inferiores en 12, 14 y 17% respecto a 1,5 tallos planta⁻¹ mes⁻¹ establecido por Rosen Tantau (2011) y equivalen a 11, 10 y 10 tallos d⁻¹ cama⁻¹, con un CV de 6, 11 y 8% respectivamente. Estos resultados permiten concluir que la producción de los tallos florales se ajustó a los parámetros normales del cultivo.

La EUA, en ETc100, ETc80 y ETc70 fue de 157, 176 y 185 tallos m⁻³ respectivamente (Tabla 5). La mayor EUA, para ETc100 se obtuvo en el mes de Julio, para ETc80 en el mes de Agosto y para ETc70 en Junio. Al no encontrarse diferencias significativas en la producción de tallos, la diferencia en la EUA se debe a la lámina aplicada, siendo mayor en ETc70. Samartzidis et al. (2005), indica que bajo un estrés hídrico en aumento se presenta un incremento en la EUA, reportando diferencias significativas al utilizar diferentes mezclas de sustratos en rosa cv. Major. Estudios reportados por Raviv & Blom (2001) indican aumentos de la EUA cuando se reduce la lámina de agua aplicada y se implementan recirculación de lixiviados en sistemas cerrados en cultivos de rosa cv. Sonia y Laser, lo que muestra que aplicando el 70% de la evapotranspiración de cultivo no se afecta la productividad, con una mayor EUA.

La duración promedio de los tallos en florero para ETc100 fue de 11,6 y 11,7 días para julio y agosto respectivamente. Las causas y porcentajes de eliminación fueron la deshidratación (53,0%), azulamiento (13,0%) y dormancia (13,0%), en julio y para agosto fueron del 0,0, 27,0 y 33,0% respectivamente. Para ETc80, la duración fue de 12,3 días en Julio y 15 en Agosto, cuyas causas y porcentajes de eliminación fueron la deshidratación (60,0%), azulamiento (27,0%) y dormancia (13,0%), en julio y para agosto fueron del 0,0, 27,0 y 0,0% respectivamente. Para ETc70, la duración media de los tallos florales en vida florero fue de 11,2 días en julio y 11,1 días en agosto, con causas y porcentajes de eliminación de 60% para deshidratación, 20% para azulamiento y 13% para dormancia (Figura 5). Los mayores valores de duración en florero fue para ETc80, tratamiento que presentó diferencias significativas con ETc100 y ETc70 entre meses.

La duración media de los tallos florales fue inferior a la reportada por Rosen Tantau (2011), en los tratamientos ETc100 y ETc80 por 2 y 3 días respectivamente, pero mayores a los 11,7 días que reporta Regan (2008). La mayor causa de eliminación fue la deshidratación, semejante a lo reportado por Ahmad et

Tabla 5. Producción de tallos totales, volumen aplicado y relación de la eficiencia en el uso del agua (EUA) mensual para cada tratamiento

Mes	Tratamiento								
	ETc100			ETc80			ETc70		
	Riego m ³	Producción de tallos	EUA Tallo m ⁻³	Riego m ³	Producción de tallos	EUA Tallo m ⁻³	Riego m ³	Producción de tallos	EUA Tallo m ⁻³
Mayo	16,6	2176	131	15,2	1722	113	14,5	1965	136
Junio	10,8	1497	138	8,6	1354	157	7,6	1582	209
Julio	11,2	2165	193	9,9	2077	210	9,3	1848	199
Agosto	11,4	1671	146	9,2	2071	226	8,0	1643	205
Septiembre	2,4	720	296	1,9	744	382	1,7	572	335
Totale/Media	52,5	8229	157	44,9	7968	176	41,1	7610	185

al. (2011) y esta comenzó a partir del día 11, lo que significa un comportamiento normal en flor cortada.

CONCLUSIONES

1. Los volúmenes aplicados, a partir de la ETc durante los meses de mayo a septiembre del 2011, mantuvieron la humedad del suelo y garantizaron un adecuado desarrollo fisiológico, logrando reducir el volumen de agua aplicado en el tratamiento ETc70, en un 30%, sin afectar la producción y la calidad de tallo florales.

2. La curva de crecimiento del tallo floral, presentó un comportamiento normal en función del tiempo, ajustándose al modelo sigmoideal típico.

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Investigación del Grupo Floricultor The Elite Flower, y al departamento de ingeniería Civil y Agrícola de la Universidad Nacional de Colombia.

LITERATURA CITADA

Acevedo-Opazo, C.; Ortega-Farías, S.; Fuentes, S. Effects of grapevine (*Vitis vinifera* L.) water status on water consumption, vegetative growth and grape quality: An irrigation scheduling application to achieve regulated deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, v.97, p.956-964, 2010.

Ahmad, I.; Joyce, D. C. D.; Faraghe, J. Physical stem-end treatment effects on cut rose and acacia vase life and water relations. *Postharvest Biology and Technology*, v.59, p.258-264, 2011.

Allen, R.; Pereira, L.; Raes, D.; Smith, M. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO, 2006. 298p.

Bastidas, E.; Santana, C. Respuesta del cultivo de rosa Rosa adorata Var. Madame Delbard a diferentes laminas de riego, bajo invernadero en la Sabana de Bogotá. 149P. Bogotá: UNC, 2000. Tesis Doctor

Borin, M.; Milani, M.; Salvato, M.; Toscano, A. Evaluation of phragmites australis (Cav.) Trin. evapotranspiration in Northern and Southern Italy. *Ecological Engineering*, v.37, p.721-728, 2011.

Causapé, J.; Quílez, D.; Aragüés, R. Assessment of irrigation and environmental quality at the hydrological basin level: I. Irrigation quality. *Agricultural Water Management*, v.70, p.195-209, 2004.

Doorn, W. G. van; Harkema, H.; Song, J. S. Water relations and senescence of cut Iris flowers: effects of cycloheximide. *Postharvest Biology and Technology*, v.5, p.345-351, 1995.

Esmeral, Y. R. Analisis de la Evapotranspiración real en el cultivo de la Rosa. Bogotá: UNC, 2011. 94p. Tesis Maestría

Flórez, R.; Parra, R.; Rodríguez, M.; Nieto, D. Parámetros considerados en el análisis de crecimiento en Rosa y Clavel en los sistemas de cultivo en suelo y en sustrato. In: Flórez, V., Fernández, A.; Miranda, D.; Chaves, B.; Guzmán, J.; Sena, A. (ed.) Avances sobre fertirrigación en la floricultura colombiana. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2006. p.43-52.

Hargreaves, G. H.; Samani, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied Engineering in Agriculture*, v.1, p.96-99, 1985.

Marcelis, L. F. M.; Heuvelink, E.; Goudriaan, J. Modelling biomass production and yield of horticultural crops: a review. *Scientia Horticulturae*, v.74, p.83-111, 1998.

Olioso, A.; Ortega-Farías, S.; Valdés, H.; Antonioletti, R. Estimación de la evapotranspiración de tomate usando el modelo interacción suelo-vegetación-atmósfera (ISBA). *Agricultura Técnica Chile*, v.65, p.284-294, 2005.

Raviv, M.; Blom, T. J. The effect of water availability and quality on photosynthesis and productivity of soilless-grown cut roses. *Scientia Horticulturae*, v.88, 257-276, 2001.

Regan, E. M. Developing water quality and storage standards for cut rose stems and postharvest handling protocols for specialty cut flowers. Raleigh: North Carolina State University. 2008. 138p. Magister of Science Thesis

Rosen Tantau. <<http://www.rosen-tantau.com/cms/index.php>>. 20 Nov. 2011.

Rousseaux, M. C.; Figuerola, P. I.; Correa-Tedesco, G.; Searles, P. S. Seasonal variations in sap flow and soil evaporation in an olive (*Olea europaea* L.) grove under two irrigation regimes in an arid region of Argentina. *Agricultural Water Management*, v.96, p.1037-1044, 2009.

Samartzidis, C.; Awada, T.; Maloupa, E.; Radoglou, K.; Constantinidou, H-I.A. Rose productivity and physiological responses to different substrates for soil-less culture. *Scientia Horticulturae*, v.106, p.203-212, 2005.

- SAS-Statistical Analysis System Institute. SAS statistic guide for personal computers. Cary: SAS, 2008.
- Takakura, T.; Kubota, C.; Sase, S.; Hayashi, M.; Ishii, M.; Takayama, K.; Nishina, H.; Kurata, K.; Giacomelli, G.A. Measurement of evapotranspiration rate in a single-span greenhouse using the energy-balance equation. *Biosystems Engineering*, v.102, p.298 -304, 2009.
- Thornthwaite, C. W. An approach toward a rational classification of climate: *Geographical Review*, v.38, p.55-94, 1948.
- Ueyama, S.; Ichimura, K. Effects of 2-hydroxy-3-ionene chloride polymer on the vase life of cut rose flowers. *Postharvest Biology and Technology*, v.14, p.65-70, 1998.
- Velez, J.; Intrigliolo, D.; Castel, J. Scheduling deficit irrigation of citrus trees with maximum daily trunk shrinkage. *Agricultural Water Management*, v.90, p.197-204, 2007.
- Zoebl, D. Is water productivity a useful concept in agricultural water management? *Agricultural Water Management*, v.16, p.265-273, 2006.