

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA EN TALLOS FLORALES DE ROSA CV. POLO CON DIFERENTE LONGITUD

HYDRAULIC CONDUCTIVITY IN FLOWER STEMS OF ROSA CV. POLO WITH DIFFERENT LENGTH

Alberto Arriaga-Frías*, Gumercindo H. de-la-Cruz-Guzmán y Manuel Mandujano-Piña

Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Avenida de los Barrios No 1. Colonia Los Reyes Iztacala. 14090, Tlalnepantla de Baz, Estado de México.

*Autor de correspondencia (ixbe@unam.mx)

RESUMEN

La longitud del tallo floral es un criterio de calidad en rosas de corte (*Rosa hybrida* L.) ya que los tallos largos tienen más área seccional en el punto de corte para la absorción de agua con respecto a los cortos. De esta manera, un tallo corto muestra un área xilemática menor que puede influir sobre el flujo de agua e hidratación de los tejidos y vida de florero (VF). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue describir las características de los vasos de xilema y su relación con la capacidad de conducción de agua y la VF en tallos largos (50 cm), medianos (35 cm) y cortos (25 cm) de rosa cv. Polo. Se calcularon el índice de vulnerabilidad y la conductividad hidráulica relativa, además del flujo de agua en fracciones de tallo y unidad floral, y la VF. Al comparar los diámetros de vasos de xilema de los tallos más cortos con los medianos y largos se obtuvieron valores de 4.41, 12.4 y 12.51 μm respectivamente; en el mismo orden, los índices de vulnerabilidad fueron de 0.14, 0.83 y 1.29 y la conductividad hidráulica relativa fue de 898, 25,269 y 19,628, respectivamente. En relación con las variables fisiológicas, los tallos de menor longitud también registraron un reducido flujo y consumo tanto en las fracciones de tallo como en las unidades florales. La VF en los tallos largos y medianos fue de 11.4 y 10.6 d comparado con 7.3 d obtenidos en los tallos de longitud corta. Se concluyó que los vasos de xilema de diámetro corto con una conductividad hidráulica reducida tienen una influencia negativa sobre la hidratación de los tejidos y la VF.

Palabras clave: *Rosa hybrida*, conductividad hidráulica, xilema, índice de vulnerabilidad.

SUMMARY

Flower stem length is a quality criterion in cut roses (*Rosa hybrida* L.). Cut-off sectional area and water absorption in long stems are larger than in short stems. Thus, a short stem has a small xylem area, which might restrain water flow and tissue hydration, and reduce life in a flower vase (VL). Therefore, this study describes xylem vessels characteristics and their relationship with water conductivity capacity, and how they influence VL in long (50 cm), medium (35 cm) and short (25 cm) stems of Polo rose. Vulnerability indexes, relative hydraulic conductivity, and water flow in stem fractions, floral unity and VL were calculated. Comparison between xylem diameter in short, medium and long stems showed values of 4.41, 12.4 and 12.51 μm , respectively. In the same order, vulnerability indexes were 0.14, 0.83 and 1.29; while relative hydraulic conductivities were 898, 25,269 and 19,628, respectively. In regard to physiological traits, shorter stems also registered reduced flow and consumption in both stem fractions and floral units. VL in long and medium stems was 11.4 and 10.6 d, compared to only 7.3 d in short stems. It was concluded that short diameter xylem vessels with reduced hydraulic conductivity have a negative influence on tissue hydration and VL.

Index words: *Rosa hybrida*, hydraulic conductivity, xylem vulnerability index.

INTRODUCCIÓN

El flujo de agua en las plantas se asocia con las características anatómicas de los conductos vasculares. Para el caso de las flores de corte, particularmente de la rosa (*Rosa hybrida* L.), los estudios que refieren diferencias en las dimensiones de los vasos de xilema se relacionan con el consumo de agua con base en las implicaciones de la Ley de Poiseuille donde, por ejemplo, a la duplicación del diámetro de un vaso corresponde un aumento de 2⁴ en el flujo potencial.

Para rosa de corte existen estudios que refieren diferencias anatómicas de los vasos conductores al relacionarlas con el consumo de agua y vida de florero (VF). Según Cohen *et al.* (2012), de encontrarse diferencias en la vida en florero entre variedades sería factible establecer pautas de manejo postcosecha con base en las características anatómicas morfológicas de los cultivares.

Existe una relación entre el diámetro de los vasos del xilema y la susceptibilidad al embolismo, o también llamado índice de vulnerabilidad (IV) de los vasos, el cual es directamente proporcional al diámetro e inversamente proporcional a la frecuencia de vasos. La conductividad relativa y el IV guardan una relación inversa; es decir, los vasos anchos con un mayor potencial de flujo son más vulnerables a la cavitación, en contraste con los vasos estrechos.

La densidad de vasos es inversamente proporcional a su diámetro en dicotiledóneas (Carlquist, 2001). Reyes-Santamaría *et al.* (2002) indican que las diferencias anatómicas de los vasos del xilema secundario de aguacate (*Persea americana* Mill.) en tres razas (Guatemala, Mexicana e India Occidental) muestran una elevada frecuencia de vasos (20 a 22 vasos mm^2), diámetros de vaso estrechos

(entre 99 y 105 μm), baja vulnerabilidad (< 6) y una conductividad hidráulica relativa variable. Coincidentemente, para el género *Bursera*, una gran densidad y estrechez de los vasos del xilema ofrecen bajas posibilidades de formación de embolismos y, por ende, una reducida vulnerabilidad que asegura la conducción de agua (Castillo *et al.*, 2005).

Se supone que tales interpretaciones, por extensión, son aplicables a flores de corte en lo relacionado con la hidratación de la flor. En rosas de corte, características tales como la densidad y disposición de los haces vasculares han sido estudiadas; sin embargo, dichos estudios, (Dixon *et al.*, 1988; Hernández-Hernández *et al.*, 2009; Put, 1989) se restringen a una porción localizada del tallo, habitualmente basal, con lo que las estimaciones de flujo potencial del continuo de vasos conductores de la unidad floral suponen uniformidad desde la base hasta el punto de inserción de la corona floral, sin considerar que el tallo presenta una forma ensanchada en la base, que se adelgaza en la porción superior, lo que implica ajustes en las áreas de conducción y frecuencia de vasos del xilema.

Hernández-Hernández *et al.* (2009) indican que el flujo de agua a través de los tejidos conductores presenta un intervalo del diámetro del xilema amplio en rosas de corte. Para las variedades Grand Gala y Vega los valores fluctúan de 13.2 a 39.3 y de 14.1 a 67.7 μm , respectivamente, que representan los dos extremos de potencial de vulnerabilidad al existir una relación directa entre este índice y su diámetro.

Así, cabe preguntarse si las características anatómicas entre ambas posiciones influyen el flujo de agua y la tasa de consumo y, en su conjunto, la hidratación y VF. En este trabajo se evaluó la influencia del diámetro de los vasos del xilema, el índice de vulnerabilidad (IV) y la conductividad hidráulica relativa (CHR) sobre la absorción de agua, el peso fresco y VF de la rosa var. Polo en tres longitudes del tallo floral.

MATERIALES Y MÉTODOS

En un invernadero de producción comercial ubicado en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, se cosecharon 48 tallos florales de rosa Polo de 60 cm de longitud y se transportaron en seco al laboratorio de la Unidad de Morfología y Función de la FES-Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), donde se tomaron muestras por triplicado en la base de tallos florales con 25 cm (cortos), 35 cm (medianos) y 50 cm (largos) de longitud, para su inclusión en parafina (Ruzin, 1999) y realizar la descripción anatómica de los vasos del xilema.

Otros nueve tallos florales se dividieron en tres subgrupos de tres tallos cada uno y se recortaron (cortos, medianos y largos) para la medición del flujo hídrico en fracciones de 10 cm de longitud. Para evaluar la vida de florero (VF), los tallos restantes se dividieron en tres grupos, se eliminaron las hojas inferiores y se recortaron a las dimensiones antes mencionadas. Cada tallo se recortó, se pesó y se colocó dentro de un florero con 250 mL de agua de la llave (pH, 7.24; conductividad eléctrica de 2.20 $\mu\text{S cm}^{-1}$), lo que constituyó la unidad experimental (UE). Las UE se distribuyeron al azar en la mesa del laboratorio con iluminación de 12 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, fotoperiodo de 12 h y temperatura promedio de 20 ± 3 °C.

Las variables evaluadas fueron: a) Número y área de los vasos en la base de los tallos florales en fotos de cortes transversales del tallo. Las imágenes se procesaron con un fotomicroscopio Motic® equipado con cámara digital integrada. El número y el área de los vasos se obtuvo con el programa "Image Tool" v.3.40 (Willcox *et al.*, 2002). Con el número, el diámetro y el área de los vasos se calculó el índice de vulnerabilidad ($\text{IV} = \text{diámetro de vaso/frecuencia de vasos por mm}^2$) y la conductividad hidráulica relativa ($\text{CHR} = \text{radio del vaso}^4(\text{frecuencia de vasos por mm}^2)$) (Núñez-Colín *et al.*, 2006); b) Flujo hídrico en fracciones de tallo floral.

Por triplicado se recortaron fracciones de tallos sin hojas de 10 cm de longitud procedentes de los tallos cortos, medianos y largos, y se conectaron por medio de tramos de 5 cm de mangueras de látex a uno de sus extremos (sentido acrópeto) a columnas de agua de 80 cm de altura acopladas, a su vez, a un tubo colector conectado a una bomba sumergible con potencia de 0.25 HP que proporcionó una presión constante de 0.033 MPa, ésta medida con un manómetro de precisión Festo®. El flujo de agua a través de las fracciones de tallo, medido como volumen colectado se obtuvo al cabo de 3 h de operación del sistema; c) Peso fresco (PF) y absorción de agua. Se registraron diariamente con una balanza digital (VELAB®, modelo ES-1000H, con 0.01 g de precisión); para ello se pesaron diariamente tanto los tallos florales como los floreros sin el tallo; el peso y volumen del día posterior se restaron a los del día previo para obtener los valores diarios de acuerdo con las ecuaciones siguientes:

$$PF (\%) = \frac{\text{Peso inicial}}{\text{Peso final}} \times 100$$

$$\text{Tasa de absorción} = \frac{(PS_n - 1) - PS_n}{Pit}$$

donde: $PS_n - 1$ = peso de la solución en el día previo; PS_n = peso de la solución en el día 1, 2, 3, ..., n. Pit = peso inicial del tallo.

En cuanto al análisis estadístico, para el área de los vasos en las tres posiciones del tallo floral se utilizó estadística descriptiva. Para las variables de respuesta en los tallos cortos, medianos y largos se realizó análisis de varianza de una vía y pruebas de comparación de medias (Tukey, 0.05) con el paquete estadístico SAS® v. 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostraron que el área de los vasos ($7.69 \mu\text{m}^2$) en los tallos cortos fue 88.53 % y 87.50 % menor comparada con los medianos y largos (Cuadro 1). Con respecto al diámetro de vasos, de acuerdo con la Ley de Poiseuille, el flujo de agua es proporcional a la presión y al radio de un vaso a la cuarta potencia (R^4), lo que significa que con la proporción 1:3 entre los vasos con menor diámetro (tallos cortos, $4.4 \mu\text{m}$) con respecto a los de mayor diámetro (medianos y largos, 12.4 a $12.5 \mu\text{m}$), al elevar el diámetro a la cuarta potencia, el flujo en los vasos procedentes de tallos medianos y largos fue alrededor de 61 veces mayor con respecto al de los tallos cortos.

Al realizar los cálculos de conductividad hidráulica relativa (CHR) (Cuadro 1), es evidente que la resistencia al flujo de los tallos de menor diámetro es mayor en los tallos cortos, lo cual significa que aún con la cercanía del punto de corte a la flor existe dificultad para la absorción del agua. Al respecto, al comparar el área de vasos del xilema de dos cultivares de rosa Lovely Red y Rouge Baiser, Cohen *et al.* (2012) encontraron que la primera variedad presentó los vasos con mayor área y por ello tendría una aptitud superior para el transporte hídrico, a la vez que una mayor susceptibilidad a la cavitación y por lo tanto al marchitamiento. Además, los autores apuntan que el corte proveniente de la porción basal del tallo mostró vasos distribuidos uniformemente y, en general, solitarios.

Por su parte, Hernández-Hernández *et al.* (2009) sometieron a tratamiento de inmersión en putrescina-4-hexilre-

sorcinol, agua y en seco por 12 h a los cultivares de rosa Grand Gala y Vega con diámetros de vaso de 13 a $39.3 \mu\text{m}$ y de 14.1 a $67.7 \mu\text{m}$ respectivamente, y encontraron que, sin importar el tratamiento, el diámetro de los vasos presentó efecto sobre la conductividad hídrica y sobre la formación de émbolos, lo que para dicho estudio se vio reflejado en una menor duración de vida en florero (VF, 2.6 d) del cv. Vega en comparación con los tallos florales mantenidos en agua.

La conductividad hidráulica relativa (CHR) mayor se concentra en la porción basal del tallo, donde se localizan los vasos más grandes; es decir, donde hay mayor probabilidad de cavitación. Al evaluar la conductividad de agua en fracciones de tallos de rosa con diferentes grados de deshidratación, Dixon *et al.* (1988) encontró que cuando la fracción basal del tallo había perdido 50 % del peso inicial, la pérdida de conductancia con respecto al valor inicial fue 100 %, lo cual se asoció con el aumento en la cavitación de los conductos de xilema. Sin embargo, las medidas de diámetro de vasos en dicha porción basal permitieron precisar que los valores máximos y mínimos dados por la distribución de frecuencias añaden información sobre la variación de flujo para vasos de mayor y menor diámetro y variables asociadas (área, conductividad hidráulica, vulnerabilidad).

En el presente estudio se puede observar que los tallos cortos tuvieron uniformidad en la frecuencia de los vasos, con moda bien definida en el intervalo de área de 6.99 a $8.40 \mu\text{m}^2$ lo que contrasta significativamente con el amplio intervalo de los tallos medianos de 30 a $113 \mu\text{m}^2$ y de tallos largos de 19 a $106.3 \mu\text{m}^2$ (Figuras 1A, B y C). El índice de vulnerabilidad (IV) fue mayor en los tallos medianos y largos, y el área menor (de 6.99 a $8.4 \mu\text{m}^2$) es indicador de menor vulnerabilidad, contrario a las áreas mayores que fueron observadas en los tallos medianos y largos.

Una moda con un rango reducido implica que el flujo de

Cuadro 1. Características anatómicas y fisiológicas evaluadas en cortes transversales y vida de florero de tallos florales de rosa cv. Polo con 25, 35 y 50 cm de longitud.

Longitud del tallo (cm)	Área del vaso (μm^2)	Diámetro del vaso (μm)	Número de vasos mm^{-2}	IV	CHR	Vida en florero (d)
25	7.69 b	4.41 b	37.68 a	0.14 a	898 b	7.3 b
35	67.09 a	12.4 a	16.21 b	0.83 b	25,269 a	10.6 a
50	61.53 a	12.51 a	10.24 b	1.29 c	19,628 a	11.4 a
DSH	16.33	1.68	7.03	0.27	9916.40	2.44
CV (%)	40.51	19.41	37.06	39.82	73.22	22.54

[†]IV: índice de vulnerabilidad; CHR: conductividad hidráulica relativa; DSH: diferencia significativa honesta; CV: coeficiente de variación. Letras iguales en una columna indican que no hubo diferencias significativas (Tukey, 0.05).

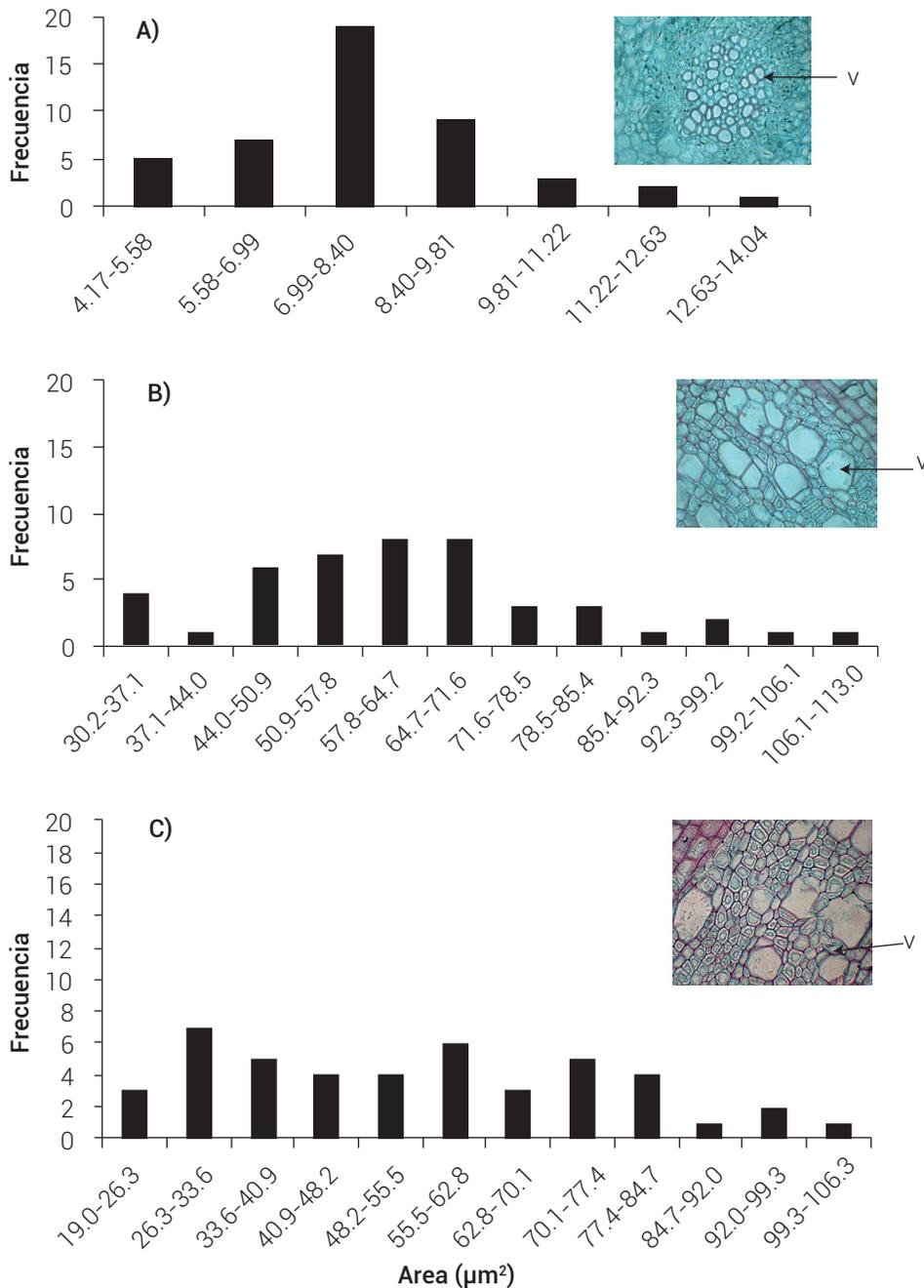


Figura 1. Distribución del área de los elementos de vaso en la base de tallos florales de rosa cv. Polo recortados a 25 (A), 35 (B) y 50 (C) cm de longitud. Los recuadros corresponden a la microfotografía de un corte representativo de cada longitud. V: vaso de xilema observado a 40X.

agua y el IV expresan un resultado uniforme; en cambio, un amplio rango en torno a la moda, es indicador de variaciones en la tasa de flujo con su respectivo IV, lo cual permite teorizar acerca de efectos de compensación y sostenimiento de capacidad de flujo. Para rosa Polo, los tallos medianos y largos compensan su mayor vulnerabilidad a la cavitación con un IV menor. De esta manera, los tallos medianos y largos en consonancia con la Ley de

Poiseuille presentan una mayor capacidad de flujo, en ese caso medida por medio de la CHR, con el orden siguiente CHR < CHR = CHR en los tallos cortos, medianos y largos, respectivamente (Cuadro 1).

Un aspecto a resaltar fue el notable contraste entre la mayor proporción de vasos solitarios observados en los tallos medianos y largos con respecto a los cortos

(Figuras 1A, B y C) los cuales mostraron un mayor nivel de agrupamiento de vasos, lo que se considera una forma de aumentar la conectividad de conductos alternos, mediante los cuales también se incrementa la conductividad del agua a la vez que decrece la resistencia a la cavitación (Lens *et al.*, 2011). No obstante, la resistencia al flujo de agua de vasos de diámetro reducido, como fue el caso de los tallos cortos medida por medio de las estimaciones de CHR, puede considerarse como factor que impera sobre la ventaja ofrecida por las rutas alternas con menor probabilidad de embolismo.

Los tallos cortos tuvieron una reducción significativa en el flujo de agua con relación a los tallos medianos y largos (Figura 2). En el continuo del xilema entre la porción inferior y superior, el paso del agua de vasos solitarios a agrupados se debe a un aumento en la resistencia al flujo de agua. Al respecto, Pire *et al.* (2007) observaron que la conductividad hidráulica en fracciones de tallo tendió a disminuir de la zona basal a la apical en cinco cultivares de vid (*Vitis vinifera* L.), independientemente del grado de estrés hídrico al que fueron sometidos.

En lo concerniente al consumo de agua, éste inició su decaimiento desde el primer día, en contraste con lo obtenido por Lü *et al.* (2011), quienes muestran con un sistema de medición continua de incorporación y pérdida de agua que el periodo de máxima toma de agua sucede durante las primeras 40 h a partir de lo cual decrece gradualmente, circunstancia que se atribuyó al estado inicial de hidratación considerado como cercano a su valor máximo por el breve lapso de horas transcurridas entre el corte en el invernadero (7 de la mañana) y su instalación en el laboratorio. A su vez, al comparar los datos de flujo en fracciones de tallo, con los de consumo de agua en la unidad floral, se observó que éste fue menor en los tallos cortos entre el tercero y octavo día, que en los medianos y largos (Figura 3).

El hecho de que tanto en el flujo de agua medido en fracciones de tallo como en la unidad floral se observara menor tasa de consumo de agua en los tallos cortos, y que ello fuese consistente con la CHR es una evidencia que refuerza su valor predictivo en las relaciones forma-función. En rosa, aun cuando es típico encontrar un incremento sostenido de peso a lo largo de varios días, en este trabajo el peso fresco de las unidades florales presentó un punto temprano de inflexión para las tres longitudes de tallo (Figura 4). Para el cultivar Madame Delbard, Suzuki *et al.* (2001) reportaron el inicio de la declinación del peso a partir de las 48 h, mientras que en 25 cultivares mantenidos únicamente con agua, Ichimura *et al.* (2002) encontraron una variación desde 2 d en el cv. Rote rose hasta 5 d en el cv. Calibra, como el inicio de su declinación hacia la muerte floral.

Lo anterior es una muestra de la variabilidad de las rosas de corte con respecto a las fluctuaciones de las variables hídricas de los cultivares estudiados. Con el cultivar Polo, la coincidencia del incremento de peso en el mismo punto de los tres tratamientos es reflejo de que no hubo influencia de la longitud del tallo floral, sino del estado de hidratación inicial. La relación entre el grado de hidratación facilitado u obstaculizado por las dimensiones del tallo y la vida en florero (VF) contribuyó a la menor duración de la VF de los tallos cortos (7.3 d) con respecto a los medianos y largos (11.4 d) (Cuadro 1). El mayor grado de resistencia al flujo de agua de los vasos de menor diámetro de los tallos cortos se relaciona con un menor aporte de agua, lo cual conlleva a la pérdida de turgencia de los pétalos y una menor VF.

Sobre la plasticidad de las redes de interconexión de los vasos de xilema, Park *et al.* (2015) indicaron que sólo un número limitado de vasos activos conductores aseguran la distribución del agua. Al estar funcionalmente subdivididos,

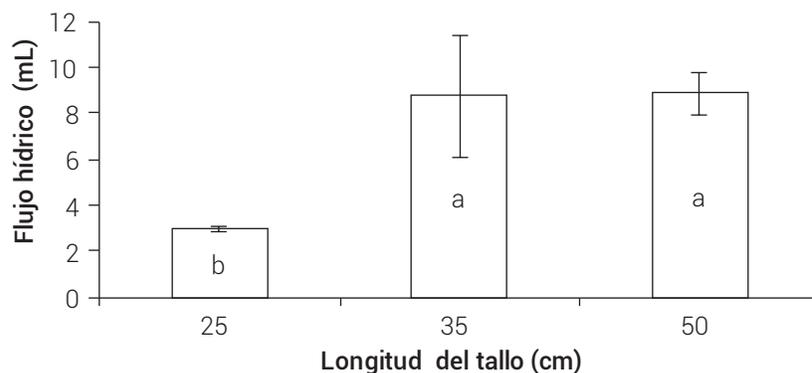


Figura 2. Flujo hídrico en la base de tallos florales de rosa cv. Polo con 25, 35 y 50 cm de longitud. Cada dato es el promedio de tres repeticiones \pm error estándar (líneas dentro de cada barra). Letras iguales indican que no hubo diferencias significativas (Tukey, 0.05).

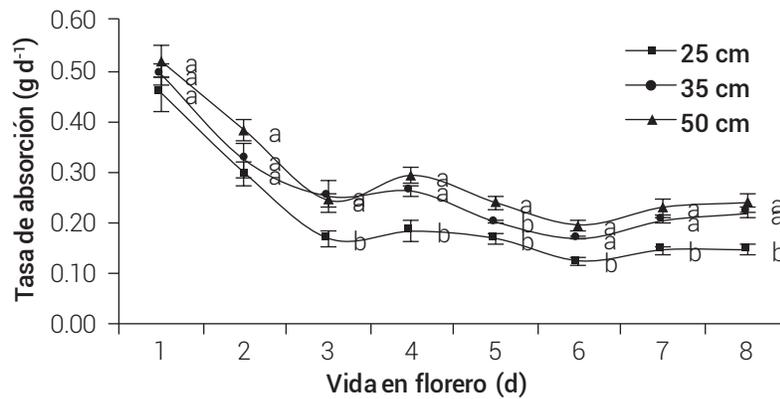


Figura 3. Tasa de absorción de agua de los tallos florales de rosa cv. Polo con 25, 35 y 50 cm de longitud. Cada dato es el promedio de diez repeticiones ± error estándar. Letras iguales indican que no hubo diferencias significativas (Tukey, 0.05).

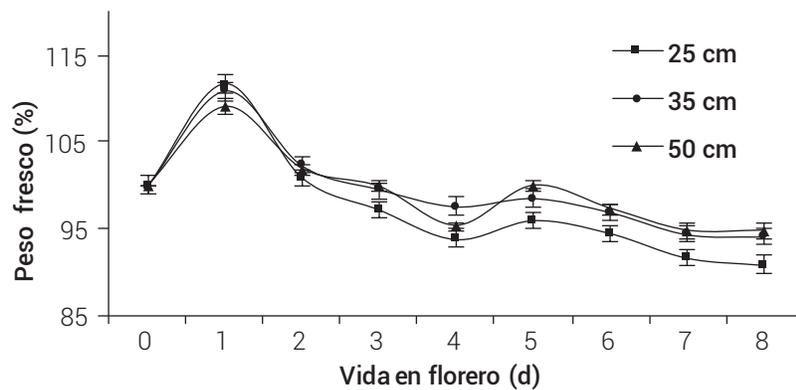


Figura 4. Variación porcentual del peso fresco de tallos florales de rosa cv. Polo con 25, 35 y 50 cm de longitud. Cada dato es el promedio de diez repeticiones ± error estándar.

por ejemplo, los que no conducen o lo hacen muy lentamente pueden funcionar como compartimentos momentáneos de almacenaje de agua. La plasticidad de la red de xilema para confrontar las discontinuidades, el número de vasos y sus dimensiones, así como la interconectividad se integran funcionalmente para el transporte de agua a larga distancia.

Las observaciones de la anatomía de los vasos de xilema en rosa variedad Polo muestran que la interconexión entre la porción media y superior implica un cambio en el nivel de agrupamiento, y con ello ocurren ajustes en conductividad hidráulica que reducen de manera significativa el flujo de agua hacia la flor.

CONCLUSIONES

Un menor diámetro de vaso (4 μm²) en tallos florales de 25 cm de rosa cv. Polo influye negativamente sobre el consumo de agua y la vida en florero. Los tallos de 35 y 50 cm de longitud de esta variedad de rosa tienen similar

vida de florero. El dispositivo de medición de flujo de agua en fracciones de tallo resultó con valor indicativo de las características anatómicas de los tallos cortos, medianos y largos al mostrar una relación proporcional con el diámetro de vasos del xilema.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Apoyo a los Profesores de Carrera (PAP-CA) de la UNAM - FES Iztacala por el financiamiento brindado para el desarrollo del presente estudio.

BIBLIOGRAFÍA

Carlquist S. (2001) Wood anatomy of Fouquieriaceae in relation to habit ecology and systematics: nature of meristems in wood and bark. *Aliso, A Journal of Systematic and Evolutionary Botany* 19:137-163.

Castillo M., M. E. Sanabria, C. Hidalgo y Y. Perozo (2005) Características anatómicas del tallo de bálsamo de incienso (*Bursera tomentosa* (Jacq.) Tr. & Planch.). *Bioagro* 17:17-23.

Cohen G., L. Mascarini y C. C. Xifreda (2012) Anatomía y micromorfología de hojas y tallos de dos cultivares de *Rosa hybrida* L. para flor

- de corte. *fyton* 81:199-204.
- Dixon M. A., J. A. Butt, D. P. Murr and M. J. Tsujita (1988) Water relations of cut greenhouse roses: the relationships between stem water potential, hydraulic conductance and cavitation. *Scientia Horticulturae* 36:109-118.
- Hernández-Hernández F., M. L. Arévalo-Galarza, M. T. Colinas-León, H. A. Zavaleta-Mancera y J. Valdez C. (2009) Diferencias anatómicas y uso de soluciones de pulso en dos cultivares de Rosa (*Rosa* sp.). *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 15:11-16.
- Ichimura K., Y. Kawabata, M. Kishimoto, R. Goto and K. Yamada (2002) Variation with the cultivar in the vase life of cut rose flowers. *Bulletin of the National Institute of Floricultural Science* 2:9-20.
- Lens F., J. S. Sperry, M. A. Christman, B. Choat, D. Rabaey and S. Jansen (2011) Testing hypotheses that link wood anatomy to cavitation resistance and hydraulic conductivity in the genus *Acer*. *New Phytologist* 190:709-723.
- Lü P.T., X. Huang, H. Li, J. Liu, S. He, D. C. Joyce and Z. Zhang (2011) Continuous automatic measurement of water uptake and water loss of cut flower stems. *Horticultural Science* 46:509-512.
- Núñez-Colín C. A., A. F. Barrientos-Priego, J. E. Rodríguez-Pérez y R. Nieto-Ángel (2006) Variabilidad anatómica de los sistemas de conducción y estomático de genotipos de *Prunus* spp. de diferentes orígenes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 41:233-241.
- Park J., H. K. Kim, J. Ryu, S. Ahn, S. J. Lee and I. Hwang (2015) Functional water flow pathways and hydraulic regulation in the xylem network of *Arabidopsis*. *Plant and Cell Physiology* 56:520-531.
- Pire R., M. E. Sanabria, A. Pereira y J. Diez (2007) Conductividad hidráulica y grosor de los vasos del xilema en cinco materiales de vid sometidos a déficit hídrico. *Interciencia* 32:35-40.
- Put H. M. C. and F. M. Rombouts (1989) The influence of purified microbial pectic enzymes on the xylem anatomy, water uptake and vase life on Rosa cultivar Sonia. *Scientia Horticulturae* 38:147-160.
- Reyes-Santamaría I., T. Terrazas, A. F. Barrientos-Priego and C. Trejo (2002) Xylem conductivity and vulnerability in cultivars and races of avocado. *Scientia Horticulturae* 92:97-105.
- Ruzin S. E. (1999) *Plant Microtechnique and Microscopy*. Oxford University Press, New York, NY, USA. 322 p.
- Suzuki A., R. T. Leonard, T. A. Nell, J. E. Barrett and D. G. Clark (2001) Effects of retail hydration on water uptake and quality of Madame Delbard roses after long term transport. *Acta Horticulturae* 543:251-256.
- Willcox D., S. B. Dove, W. D. McDavid and D. B. Greer (2002) UTHSCSA Image Tool for Windows ver. 3.0. The University of Texas Health Science Center. San Antonio, TX. 275 p.