

## Contenido de humedad y rehidratación en tallos florales de rosa expuestos al ambiente

Mayte Stefany Jiménez-Noriega<sup>1</sup>  
Gumerindo Honorato De La Cruz-Guzmán<sup>2§</sup>  
Alberto Arriaga-Frías<sup>2</sup>  
Manuel Mandujano-Piña<sup>2</sup>  
Alfredo León-Macedo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jardín Botánico-Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM. Carretera Cuautitlán-Teoloyucan km 2.5, San Sebastián Xhala, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México. CP. 54714. (mayajimenez13@yahoo.com). <sup>2</sup>Unidad de Morfología y Función-Facultad de Estudios Superiores Iztacala-UNAM. Av. de los Barrios núm. 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, México. CP. 54090. (ixbe@unam.mx; manuelm@unam.mx; alfredoleonmacedo@gmail.com).

Autor para correspondencia: moashi@unam.mx.

### Resumen

Al menos en una fase de la postcosecha, los tallos florales de rosa son expuestos al ambiente. El agua que pierden y la rehidratación en el florero dependerán de la temperatura y de la anatomía del tallo floral. En esta investigación se evaluó el contenido de humedad de dos cultivares de *Rosa hybrida* expuestos a temperatura ambiente de 0 a 48 h y se describió la anatomía de la hoja y del tallo. En marzo de 2019, tallos florales de rosa ‘Engagement’ y ‘Freedom’ fueron cosechados, en un invernadero comercial en Puebla, México y transportados en seco al laboratorio de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, donde se extendieron sobre una mesa. Las evaluaciones se realizaron cada 8 h. En ambos cultivares, la humedad inicial de tallos y hojas fue de 75%. En los que se expusieron por 24 h fue de 66 y 57% para ‘Engagement’ y ‘Freedom’ respectivamente. El grosor de la cutícula y mesófilo fue 96 y 26% mayor en ‘Engagement’ que en ‘Freedom’ (180.9 y 2.4  $\mu\text{m}$ ). Los tallos de ‘Engagement’ tuvieron 331 vasos por  $\text{mm}^2$  con 29.5  $\mu\text{m}$  de diámetro, los de ‘Freedom’ 402 de 26.5  $\mu\text{m}$ . Rosa ‘Engagement’ perdió menos agua que ‘Freedom’ debido al mayor grosor de su cutícula y amplitud de mesófilo. El número de vasos tuvo poco efecto en la pérdida de agua o rehidratación en el florero. En ambos cultivares, los tallos florales podrían tener una vida de florero útil aún si se exponen al ambiente por 8 o 16 h sin protección alguna, con tiempos mayores disminuye por deshidratación de las hojas.

**Palabras clave:** *Rosa hybrida* L., grosor de la cutícula, número de vasos, vida de florero.

Recibido: junio de 2022

Aceptado: agosto de 2022

## Introducción

Durante el manejo poscosecha, los tallos florales deben conservar su contenido de humedad para que su apariencia visual sea atractiva al consumidor (Walton *et al.*, 2010). La deshidratación se evita envolviendo los tallos florales con materiales aislantes como papel Kraft y bolsas de polietileno negro o sumergiéndolos en soluciones hidratantes (Mosqueda-Lazcares *et al.*, 2011; De La Cruz-Guzmán *et al.*, 2018). Sin embargo, es común que al menos en alguna fase de la poscosecha, los productores o distribuidores expongan al ambiente los tallos florales sin protección alguna. En estas condiciones la deshidratación se acelera y el contenido de humedad disminuye debido al gradiente de potencial hídrico ( $\Delta\Psi$ ) que se genera entre los tallos florales y el ambiente.

El potencial hídrico del ambiente ( $\Psi_{\text{ambiente}}$ ) está regulado por la temperatura y la humedad relativa (HR) y se calcula con la ecuación:  $\Psi_{\text{ambiente}} = -T (1.06) \log_{10} \frac{100}{\text{HR}}$ . Donde: T= temperatura absoluta; HR= humedad relativa (Taiz y Zeiger, 2010). El potencial hídrico registrado en tallos florales de rosa 'Freedom', recién cosechados, fluctúa entre -0.7 y -0.2 MPa (Arévalo-Hernández, 2011). En caso de que estos tallos sean expuestos a un ambiente con potencial hídrico de -123.6 MPa; es decir, con temperatura de 20 °C y HR de 40%, el  $\Delta\Psi$  entre los tallos y el ambiente tendrá un valor de -123.15 MPa. Este valor genera una fuerza tan grande que, el agua fluirá del interior de los tallos florales hacia el ambiente y los deshidrataría en pocos minutos.

Para evitar la deshidratación, el cierre de estomas es una respuesta casi inmediata al estrés hídrico. Sin embargo, entre especies no existen diferencias en el índice estomático, además de que, en tallos florales la capacidad de cierre depende de los valores de humedad relativa en su fase precosecha (Wilkinson, 1979; Fanourakis *et al.*, 2012; Fanourakis *et al.*, 2013). Por lo que, las características anatómicas de la hoja y del tallo que sí se modifican durante el ciclo del cultivo, resultan una herramienta útil para explicar por qué algunos tallos florales se hidratan más rápido que los de otros cuando se colocan en el florero (Moreno, 2009).

Por ejemplo, cutícula de la hoja más gruesa o mesófilo más ancho disminuyen la pérdida de agua (Tafolla-Arellano *et al.*, 2013). En el tallo, el diámetro y número de vasos está relacionado con la velocidad de flujo hídrico (Zimmermann, 1983). Así, un grupo de elementos de vaso cuyos diámetros sea dos veces mayor, se incrementará el flujo hídrico hasta 2<sup>4</sup> veces, según la ley de Poiseuille y tendrán mayor participación en la rehidratación de los tallos florales, comparado con los vasos de diámetro menor (Nijse *et al.*, 2000; Arriaga-Frías *et al.*, 2016), respuesta similar ocurrirá con tallos florales de rosa 'Lovely Red', 'Topaz' y 'Rouge Baiser' que tienen 267, 289 y 308 vasos por mm<sup>2</sup> respectivamente (Cohen *et al.*, 2012; De La Cruz-Guzmán *et al.*, 2016; De La Cruz-Guzmán *et al.*, 2018).

En los tallos florales que se exponen al ambiente sin protección alguna, el estado hídrico de dependerá de los tiempos de exposición, la anatomía y la genética de los cultivares entre otros. Diferencias anatómicas podrían conllevar a que no todos los tallos florales se rehidraten o que lo hagan en tiempos distintos cuando se coloquen en un florero (Hernández-Hernández *et al.*, 2009; Mosqueda-Lazcares *et al.*, 2011; De La Cruz-Guzmán *et al.*, 2018).

Cambios en el peso fresco de los tallos florales después de su cosecha han sido descritos por distintos autores (Mosqueda-Lazcares *et al.*, 2011; Arriaga-Frías *et al.*, 2016; De La Cruz-Guzmán *et al.*, 2018), pero en ninguno de ellos se explica la relación entre el contenido de humedad con la anatomía del tallo o de la hoja. Por ello, el objetivo de esta investigación fue evaluar el contenido de humedad en la postcosecha de dos cultivares de *Rosa hybrida* L. (Rosales Bercht. & J. Presl; Rosaceae Juss.) expuestos al ambiente, por distintos periodos de tiempos y su relación con la anatomía del tallo floral.

## Materiales y métodos

En marzo de 2019, cincuenta y nueve tallos florales (55 a 60 cm de longitud) de rosa ‘Engagement’ y ‘Freedom’ fueron cosechados en un invernadero comercial de la empresa Flores de la Sierra Mágica de Puebla (<http://floressierramagica.com>), ubicado en el municipio de Ahuazotepac, Puebla, México. De inmediato, todos los tallos florales con follaje completo se envolvieron con papel Kraft y bolsas de polietileno negro para transportarse a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En el laboratorio donde se realizó el experimento (temperatura entre 22.1 y 25.2 °C, HR de 15 a 16.5% y potencial hídrico de -259.6 a -245.3 MPa) todos los tallos florales o unidades experimentales se desempaquetaron y extendieron sobre una mesa en forma aleatoria.

Los tratamientos fueron los tiempos de exposición al ambiente: 0 (al momento de desenvolver), 8, 16, 24, 32, 40 y 48 h. En cada tratamiento se evaluaron las variables respuesta siguientes: a) contenido de humedad (CH). Para cada tratamiento se seleccionaron, en forma aleatoria, tres tallos florales de cada cultivar, se fraccionaron en hojas, tallo y botón floral y se pesaron con una balanza digital Velab® ES-1000H, luego se secaron en un horno Reavel®, REA-II2240 (ambos de Científica Velaquin, CDMX, México) a 80 °C por 24 h para registrar la biomasa seca y calcular el CH con la ecuación:  $CH(\%) = 1 - \frac{\text{biomasa seca (g)}}{\text{biomasa fresca (g)}} (100)$ ; b) peso fresco y rehidratación en el florero. De cada tratamiento o tiempo de evaluación se seleccionaron al azar cinco tallos florales rosa ‘Engagement’ y ‘Freedom’, se recortaron a 50 cm de longitud, se eliminó el follaje inferior hasta dejar tres hojas pentafoliadas y tres trifoliadas, se registró el peso inicial (pi) de cada tallo (unidad experimental) y se colocó en una botella con 250 ml de agua de la llave ‘universal’ para uso exclusivo en experimentos de flor de corte (Van Meeteren y van Gelder, 2001) y se distribuyeron al azar sobre las mesas del laboratorio. Veinticuatro horas después se obtuvo su peso final (pf) y se calculó el peso fresco (PF) en porcentaje con la ecuación:  $PF(\%) = \frac{\text{Peso inicial}}{\text{Peso final}} \times 100$ .

Los tallos florales se consideraron como rehidratados siempre que sus hojas recuperaran su turgencia sin mostrar síntomas de marchitez o que su PF fuera similar a 100%; c) índice de apertura (IA, adimensional) y vida en el florero (VF, días). A los tallos florales, de cada tratamiento que fueron colocados en agua de la llave ‘universal’ y rehidratados, se les obtuvo su índice de apertura floral al registrar con un vernier digital (Truper®), el diámetro superior de sus botones florales y dividirlo entre la apertura floral máxima de cada cultivar (De La Cruz-Guzmán *et al.*, 2015). La VF se determinó contando el número de días que los tallos permanecieron en las botellas sin mostrar síntomas de senescencia como cabeceo, caída de pétalos o marchitez de las hojas; y d) anatomía de la hoja y del tallo. Al momento de desenvolver los tallos florales y antes de extenderlos sobre la mesa, se seleccionaron tres de cada cultivar y se colocaron por 3 h en agua de la llave ‘universal’ para restablecer completamente su hidratación.

En la parte media de cada tallo y en los folíolos medios de sus hojas pentafoliadas se tomaron muestras y se fijaron en FAA (formaldehído, 10%; ácido acético, 5%; alcohol absoluto, 50%), 48 h después se lavaron con agua y se almacenaron en alcohol al 70%. En las hojas se realizaron cortes transversales a mano alzada y se tiñeron con safranina y verde rápido. Las muestras de tallo se incluyeron en metilcristalato (Zarlavsky, 2014; Jiménez-Noriega *et al.*, 2019) y se realizaron cortes transversales de 1  $\mu\text{m}$  de grosor con micrótopo rotatorio (Leica 2051, Westlar, Alemania), la tinción se realizó con violeta de cresilo. Las muestras paradermales se obtuvieron al raspar la superficie de las hojas y teñirlas con safranina.

La terminología y las descripciones anatómicas cualitativas de las hojas se basaron en Metcalfe y Chalk (1980, 1983), para las de tallo se siguieron las recomendaciones de (IAWA Committee 1989). Para las evaluaciones de las características anatómicas cuantitativas, se realizaron 30 repeticiones por individuo, con un analizador de imágenes (Image-Pro Plus version 6.1, Media Cybernetics Inc., Maryland, USA). Las variables anatómicas de la hoja que se midieron fueron grosor de la cutícula, largo y ancho de células epidérmicas adaxiales y abaxiales, ancho del parénquima en empalizada, esponjoso y de la hoja tomando como referencia la cutícula de ambas superficies de la lámina foliar. Mientras que, en el tallo se midió el grosor de la cutícula, número de vasos por  $\text{mm}^2$ , área y diámetros radiales o tangenciales de los elementos de vaso. Análisis estadístico. A los resultados se les aplicó estadística descriptiva, análisis de varianza de un factor y pruebas de comparación de medias (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) con el software SAS<sup>®</sup> 9.0 para Windows.

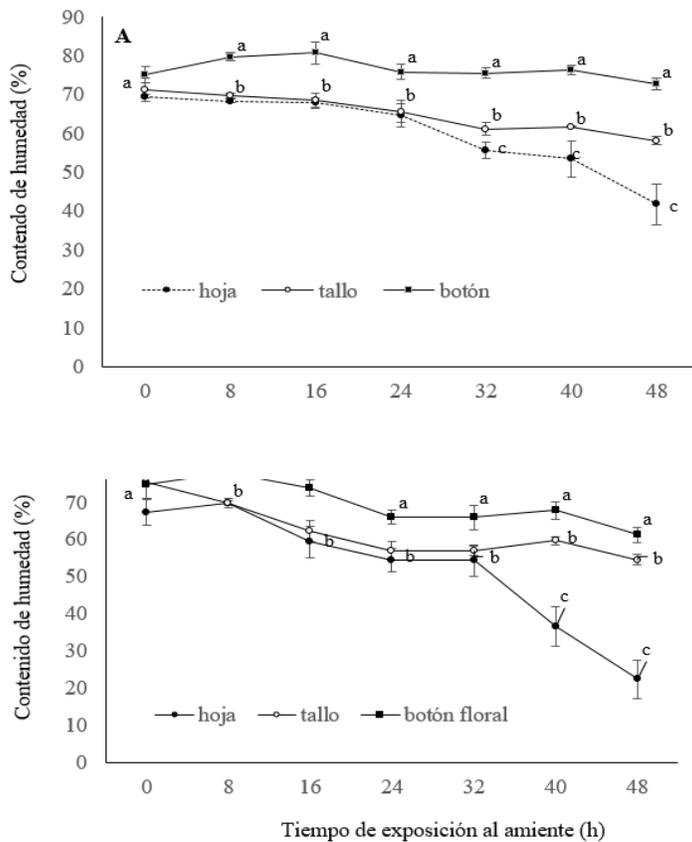
## Resultados y discusión

### Contenido de humedad

Los tallos de rosa ‘Engagement’ de todos los tratamientos o tiempos de exposición al ambiente mantuvieron la humedad de sus botones florales entre 73 y 75%. En las hojas y tallos, de los tratamientos 0, 8, 16 o 24 h, la humedad disminuyó de 70 a 66%. Para los de 24, 32, 40 y 48 h, la pérdida de humedad fue mayor en hojas (de 65.69 a 41.7%) que en tallos (de 65.2 a 58.2%) (Figura 1A).

En rosa ‘Freedom’, la humedad de los botones florales disminuyó de 75.4 a 61.2% en todos los tiempos de exposición al ambiente. En los tallos y hojas de este cultivar, la pérdida de humedad fue de 74.4 a 54.4 y 67.3 a 22.4 respectivamente (Figura 1B). En ambos cultivares, las hojas fueron los órganos que perdieron más humedad y los botones florales los que la mantuvieron por más tiempo. Cabe mencionar que los botones florales, las hojas y tallos de rosa ‘Freedom’ perdieron más humedad comparado con los de ‘Engagement’ (Figura 1A y 1B).

De la Cruz-Guzmán *et al.* (2018) mencionan que la morfología de los botones florales y el arreglo compacto de los pétalos les permite mantener la humedad por más tiempo, comparado con los tallos o las hojas que tienen mayor superficie de área expuesta al ambiente y por lo tanto son más susceptibles a la deshidratación. En todos los tiempos de exposición al ambiente (0 a 48 h), la deshidratación de fue mayor en las hojas de rosa ‘Freedom’ (67.3 a 22.4%) que ‘Engagement’ (de 69.5 a 41.7%).



**Figura 1. Contenido de humedad en hojas, tallos y botones florales de rosa ‘Engagement’ (A) y ‘Freedom’ (B) expuestos al ambiente de 0 a 48 h.** Medias con letras diferentes, en cada tiempo de evaluación, indican diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). Cada dato representó el promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.

Debido a que ambos cultivares estuvieron expuestos al mismo gradiente de potencial hídrico ( $\approx -252$  MPa), la menor pérdida de humedad en ‘Engagement’ puede ser explicada porque su cutícula fue dos veces mayor que la de ‘Freedom’ (Cuadro 1). La cutícula por si sola actúa como una barrera a la pérdida de agua hacia la atmósfera, mientras más gruesa sea ésta, menor será la deshidratación foliar y los tejidos mantendrán su contenido de humedad por más tiempo (Sperry, 2003; Tafolla-Arellano *et al.*, 2013). En las hojas de *Rosa hybrida* se han descrito ceras epicuticulares que junto con la cutícula incrementan la resistencia a la pérdida de agua y mantienen la integridad de las membranas celulares (Taiz y Zeiger, 2010).

El contenido de ceras puede variar de un cultivar a otro. Por ejemplo, en rosa ‘Lovely Red’ son más abundantes que en rosa ‘Rouge Baiser’ (Cohen *et al.*, 2012). Lo anterior sugiere que, rosa ‘Engagement’, además de presentar cutícula más gruesa, podría tener mayor proporción de ceras epicuticulares que ‘Freedom’. El ancho de la hoja de rosa ‘Engagement’ fue 26% mayor que en ‘Freedom’ (180.9  $\mu\text{m}$ ), esto porque el grosor de la cutícula, largo de las células epidérmicas adaxiales, abaxiales y el ancho del parénquima en empalizada fueron 49, 41, 45.3 y 18.3% mayores en rosa ‘Engagement’ que en ‘Freedom’ (Cuadro 1). Estas diferencias anatómicas contribuyeron a que la humedad se mantuviera por más tiempo en rosa ‘Engagement’, particularmente, porque el mesófilo más ancho le permitió almacenar mayor cantidad de agua y su cutícula, más gruesa, perderla lentamente en comparación con ‘Freedom’.

**Cuadro 1. Anatomía cuantitativa de la hoja en dos cultivares de *Rosa hybrida*.**

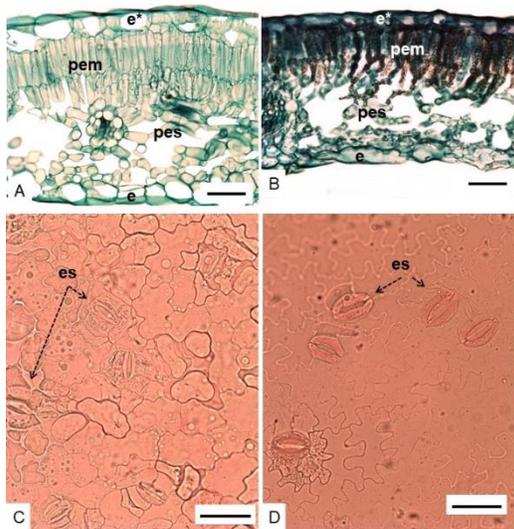
<i>Rosa hybrida</i> (cultivares)	Cutícula ( $\mu\text{m}$ )	E. adaxial ( $\mu\text{m}$ )		E. abaxial ( $\mu\text{m}$ )		Parénquima ( $\mu\text{m}$ )		Hoja ( $\mu\text{m}$ )
		Largo	Ancho	Largo	Ancho	Empalizada	Esponjoso	
Engagement	4.7 a <sup>z</sup>	39.1 a	28.5 a	34 a	27.8 a	79.8 a	57.5 a	243.6 a
Freedom	2.4 b	23.1 b	19.5 b	18.6 b	14.5 b	65.2 b	56.5 a	180.9 b
DHS	0.5	2.6	2.6	2.9	2.8	3.1	4.4	5.1
CV (%)	30.1	27.6	22.3	37.8	45.1	14.7	26.1	8.1

<sup>z</sup>= medias con letras diferentes, en cada columna, indican diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). E= epidermis; DHS= diferencia honesta significativa; CV= coeficiente de variación.

La reducción en el ancho de las hojas indica que las plantas se desarrollaron en ambientes xeromórficos o que estuvieron expuestas a un periodo de estrés hídrico durante su cultivo (Ely *et al.* 2005; Moreno, 2009). En contraste, hojas más gruesas son típicas de plantas bien regadas, tienen mayor capacidad para almacenar agua y la pierden lentamente si su cutícula es más gruesa (Moreno, 2009). Lo anterior podría sugerir que los tallos florales de rosa ‘Freedom’ permanecieron en estrés hídrico en alguna fase de la precosecha, mientras que, los de rosa ‘Engagement’ fueron bien regados o tuvieron periodos de estrés más cortos. Diferencias en la anatomía también son atribuidas a las características genéticas de cada cultivar, por lo que la aseveración anterior sería válida para especies silvestres y ser utilizada con mayor precaución en cultivares cuyo fin es la comercialización, ya que el productor siempre buscará proveer el mejor manejo precosecha.

### Descripción de la anatomía de la hoja

Ambos cultivares de *Rosa hybrida* presentaron cutícula lisa, epidermis uniestratificada (Figura 2A, 2B), estomas de tipo paracítico, con dos células anexas al mismo nivel que las epidérmicas (Metcalf y Chalk, 1979) (Figura 2C, 2D), similar a lo reportado por Hernández-Hernández (2009) para rosa ‘Vega’ y ‘Grand Gala’. En rosa ‘Engagement’ y ‘Freedom’ la distribución fue hipostomática, como en rosa ‘Lovely Red’ y ‘Rouge Baiser’ (Cohen *et al.*, 2012).



**Figura 2. Anatomía de la hoja de rosa ‘Engagement’ (A, C) y ‘Freedom’ (B, D). Corte transversal (A, B); vista paradermal (C, D); e\* = epidermis adaxial; e = epidermis abaxial; pem = parénquima en empalizada; pes = parénquima esponjoso; es = estomas; escala = 50  $\mu\text{m}$ .**

La ubicación de las estomas en la superficie abaxial de las hojas contribuye a la disminución de la tasa transpiratoria ya que no reciben directamente la luz solar (Willmer y Fricket, 1996; Raven, 2002). En las hojas de rosa ‘Freedom’ se observaron contenidos oscuros, posiblemente taninos, que no fueron visibles en ‘Engagement’.

### Peso fresco (PF) y rehidratación en el florero

En los tratamientos con 8 o 16 h de exposición al ambiente, los tallos florales de rosa ‘Engagement’ tuvieron un PF promedio de 118.5%, en el de 24 h, el PF se incrementó a 138.6% lo que puede atribuirse a la deshidratación del xilema. Hasta el tratamiento de 24 h, todos los tallos florales se rehidrataron al colocarse en el florero. En los de 32, 40 o 48 horas, el peso fresco fue de 107.8, 99.6, 97.8% y el porcentaje de tallos que se rehidrataron fue de 60, 40 y 0 respectivamente. Para rosa ‘Freedom’, en los tratamientos 8, 16 o 24 h de exposición al ambiente, el PF de los tallos florales fluctuó de 112.6 a 128.3% y 100% de los tallos se rehidrataron. Con los de 40 o 48 h, el PF disminuyó a 96% y ningún tallo floral se rehidrató al colocarse en el florero (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Peso fresco y rehidratación de tallos florales de rosa ‘Engagement’ y ‘Freedom’ expuestos al ambiente por 48 h.**

Tiempo (h)	‘Engagement’		‘Freedom’	
	Peso fresco (%)	Rehidratación (%)	Peso fresco (%)	Rehidratación (%)
8	119.5 b	100	112.6 ab	100
16	117.5 bc	100	115.1 ab	100
24	138.6 a	100	128.3 a	100
32	107.8 bcd	60	102.1 b	20
40	99.6 cd	40	96 b	0
48	97.8 d	0	96 b	0
DHS	18.6	-	20.6	-
CV (%)	8.4	-	9.5	-

<sup>z</sup>= medias con letras diferentes, en cada columna, indican diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). DHS= diferencia honesta significativa; CV= coeficiente de variación. Cada valor representa el promedio de cinco repeticiones.

El incremento en el peso fresco depende de la tasa de absorción que ocurre como respuesta al gradiente de potencial hídrico ( $\Delta\Psi$ ) entre la solución del florero y el xilema del tallo (Taiz y Zeiger, 2010; Van Doorn, 2012). La exposición al ambiente deshidrata los tallos florales y disminuye el contenido de humedad del xilema, lo que contribuye a que la absorción sea más rápida cuando se colocan en el florero. Rosa ‘Engagement’ y ‘Freedom’ estuvieron expuestos al mismo ambiente en la mesa del laboratorio, por lo que su deshidratación estuvo regulada por el grosor de la cutícula, ancho del mesófilo y del número, área o diámetro de los elementos de vaso.

El número de vasos por mm<sup>2</sup> fue menor en el tallo de rosa ‘Engagement’ (331) que en el de ‘Freedom’ (402). Además, el grosor de la cutícula, el área y los diámetros de los elementos de vaso fueron 10.8, 16.6 y 9.7% mayores en ‘Engagement’ que en ‘Freedom’ cuya cutícula tuvo un grosor de 9.1 µm, mientras que el área y diámetro de los elementos de vaso correspondieron a 520.9 mm<sup>2</sup> y 25.2 µm respectivamente (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Anatomía cuantitativa en la parte media del tallo de dos cultivares de *Rosa hybrida*.**

Cultivares de <i>Rosa hybrida</i>	Grosor de la cutícula (µm)	Elementos de vaso		Diámetro de vaso (µm)	
		Número mm <sup>-2</sup>	Área (µm <sup>2</sup> )	Radial	Tangencial
Engagement	10.2 a <sup>z</sup>	330.7 b	624.2 a	26.3 a	29.5 a
Freedom	9.1 b	401.6 a	520.9 b	23.9 b	26.5 b
DHS	0.7	27.1	46.6	1.9	2.2
CV (%)	14.9	14.2	26.1	26.1	26.8

<sup>z</sup>= medias con letras diferentes, en cada columna, indican diferencias significativas (Tukey, α≤ 0.05). DHS= diferencia honesta significativa; CV= coeficiente de variación.

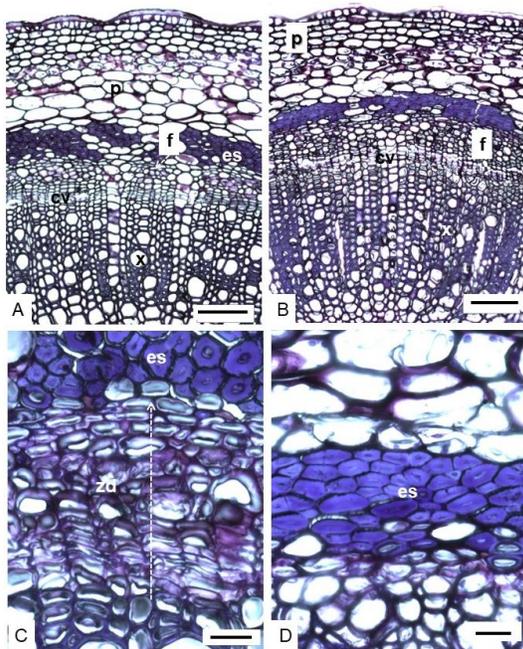
Elementos de vaso cortos y con diámetros mayores son más eficientes en la conducción de agua, ya que longitudes más pequeñas le confiere resistencia al colapso de la pared celular, al evitar su deformación (Carlquist, 1977; Sperry, 2003).

En contraste, la reducción en el diámetro de los elementos de vaso en rosa ‘Freedom’ (Cuadro 3), indica una menor conductividad hídrica, pero asegura el flujo de agua, porque son menos susceptibles de cavitarse (Hargrave *et al.*, 1994; Nijse *et al.*, 2000; Martínez-Vilalta y Piñol, 2002). El número y diámetro de los elementos de vaso contribuyen de manera directa en la hidratación de los tallos florales, ya que elementos de vaso con diámetros mayores de 75 µm presentan menor resistencia al flujo hídrico (van Door y Reid, 1995; Van Meeteren, 1999). El diámetro de los vasos de rosa ‘Engagement’ o ‘Freedom’ estuvieron dentro del intervalo que Hernández-Hernández *et al.* (2009) y Cohen *et al.* (2012) reportan para rosa ‘Grand Gala’, ‘Vega’, ‘Lovely Red’ y ‘Rouge Baiser’, los cuales oscilan entre 13 y 67.7 µm.

### Descripción de la anatomía del tallo

Ambos cultivares de *Rosa hybrida* presentaron cutícula gruesa y epidermis uniestratificada. El parénquima del cortex, se encuentra interrumpido por paquetes de siete estratos de células de esclereidas en diferenciación celular, en rosa ‘Engagement’ y cuatro estratos sin diferenciación en ‘Freedom’ (Figura 3C, 3D). Por debajo de las esclereidas se ubicó el floema secundario dividido por radios provenientes de la medula. En el xilema, la porosidad fue difusa (Figura 3A, 3B).

La diferenciación de los tejidos, que implica el desarrollo de las células hasta el engrosamiento de las paredes secundarias, se relaciona con actividad de cambium vascular y éste con el crecimiento radial y longitudinal del tallo (Jiménez-Noriega *et al.*, 2019), lo cual sugiere que los tallos florales de rosa ‘Engagement’ al momento de la cosecha se encontraban en crecimiento y por ende con actividad metabólica mayor que ‘Freedom’, lo que también pudo promover la absorción de agua después de exponerlos al ambiente y colocarlos en el florero.



**Figura 3. Anatomía del tallo de rosa ‘Engagement’ (A, C) y ‘Freedom’ (B, D).** Corte transversal (A, B) 100  $\mu\text{m}$ ; zona de diferenciación de las esclereidas (C, D) 20  $\mu\text{m}$ . e= epidermis; p= parénquima; es= esclereidas; f= floema; cv= cambium vascular; zd= zona en diferenciación; x= xilema.

### Índice de apertura floral (IA) y vida en el florero (VF)

Los tallos florales de rosa ‘Engagement’, que se rehidrataron después de 8 o 16 horas de estar expuestos al ambiente, tuvieron un índice de apertura floral de  $0.68 \pm 0.21$  y una vida en el florero de 10.2 d, mientras que, el IA y la VF de los tallos florales de rosa ‘Freedom’ fueron de  $0.78 \pm 0.15$  y  $8.2 \pm 1.96$  d respectivamente. La reducción en la vida de florero de ‘Freedom’ fue atribuida a diferencias en la anatomía del tallo y de las hojas. En este trabajo, rosa ‘Engagement’ tuvo mayor vida en el florero y los diámetros de sus vasos fueron mayores en comparación con ‘Freedom’. Esto contrasta, con los resultados obtenidos por Hernández-Hernández *et al.* (2009), ya que el cultivar ‘Vega’ que presentaba los diámetros más grandes exhibió en promedio 2.6 días menos de vida florero que ‘Grand Gala’ y lo atribuyeron al estrés hídrico por la susceptibilidad a la deshidratación.

Valores de IA inferiores a 1 indican que los botones florales estuvieron por debajo de su apertura máxima y mayores o iguales a 1 que el tratamiento promovió su apertura floral. Sin aplicar ningún tratamiento o manejo postcosecha, la apertura floral máxima de rosa ‘Engagement’ y ‘Freedom’ es de  $7.9 \pm 1.2$  y  $6.7 \pm 0.5$  cm, con una vida de florero de  $8.9 \pm 1.07$  y  $7.6 \pm 1.06$  d (De La Cruz-Guzmán *et al.*, 2015). Esto indica que, la exposición al ambiente por 8 o 16 h reduce la apertura del botón floral, pero incrementa la vida en el florero de rosa ‘Engagement’ y ‘Freedom’ por 1.3 y 0.6 d respectivamente. Tiempos mayores de exposición al ambiente reducen la vida en el florero, por ejemplo, en el tratamiento con 24 h, todos los tallos florales se consideraron como rehidratados porque los botones florales mantuvieron o restablecieron su contenido de humedad (Figura 1, Cuadro 2). Sin embargo, su vida en el florero fue menor o igual que 3 d para rosa ‘Engagement’ y menor o igual que 2.5 d para ‘Freedom’ debido a que las hojas se deshidrataron y se marchitaron con mayor rapidez.

## Conclusiones

Cuando se exponen al ambiente sin protección alguna, los tallos florales de rosa ‘Engagement’ mantienen por más tiempo su contenido de humedad debido a que sus hojas tienen cutícula más gruesa y mesófilo más ancho que los de ‘Freedom’. En ambos cultivares, todos los tallos florales se rehidrataron después de exponerlos al ambiente hasta por 24 h. Con tiempos mayores el número de tallos rehidratados y la vida en el florero disminuyen por deshidratación de las hojas. En rosa ‘Engagement’, los elementos de vaso con diámetros mayores que los ‘Freedom’ contribuyeron a que aún con 32 ó 40 h de exposición al ambiente haya rehidratación de tallos florales. Los botones florales por su forma compacta son los órganos que menor cantidad de agua pierden, mientras que, por su forma extendida, las hojas pierden la mayor cantidad de humedad. Por el alto gradiente de potencial hídrico que se genera entre el ambiente y los tallos florales de rosa ‘Engagement’ o ‘Freedom’, se recomienda a los productores evitar exponerlos al ambiente sin protección alguna.

## Agradecimientos

Este trabajo fue sustentado por la Unidad de Morfología y Función de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), FES-Iztacala.

## Literatura citada

- Arévalo, H. J. J. 2011. Evaluación del efecto de la aplicación de diferentes láminas de riego en el cultivo de rosa (*Rosa* sp.) cv. Freedom, bajo invernadero en la sabana de Bogotá. Tesis de Maestría en Ingeniería Agrícola. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. 67-71 pp. <https://docplayer.es/44421466-Evaluacion-del-efecto-de-la-aplicacion-de-diferentes-laminas-de-riego-en-el-cultivo-de-rosa.html>.
- Arriaga, F. A.; De La Cruz, G. G. H. y Mandujano, P. M. 2016. Conductividad hidráulica en tallos florales de rosa cv ‘Polo’ con diferente longitud. *Rev. Fitotec. Mex.* 39(3):233-239. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61046936007>.
- Carlquist, S. 1977. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. *Am. J. Bot.* 64(7):887-896. <https://www.jstor.org/stable/2442382?seq=1>.
- Cohen, G.; Mascarini, L. y Xifreda, C. C. 2012. Anatomía y micromorfología de hojas y tallos de dos cultivares de *Rosa hybrida* L. para flor de corte. *Phyton.* 81(2):199-204. <http://www.scielo.org.ar/pdf/phyton/v81n2/v81n2a10.pdf>.
- De La Cruz, G. G. H.; Arévalo, G. M. L.; Peña, V. C. B.; Castillo, G. A. M.; Colinas, L. M. T. y Mandujano, P. M. 2015. Influencia del índice de cosecha en la vida de florero de siete cultivares de *Rosa hybrida*. *Agroproductividad.* 8(2):3-11. <https://biblat.unam.mx/hevila/Agroproductividad/2015/vol8/no2/1.pdf>.
- De La Cruz, G. G. H.; Arévalo, G. M. L.; Peña, V. C. B.; Castillo, G. A. M.; Colinas, L. M. T. y Mandujano, P. M. 2016. Influencia del manejo seco a dos temperaturas y longitud del tallo en la vida de florero de rosa ‘Polo’. *Bio Ciencias.* 4(1):27-39. Doi: <https://doi.org/10.15741/revbio.04.01.03>.
- De La Cruz, G. G. H.; Saucedo, G. D. M.; Arriaga, F. A. y Mandujano, P. M. 2018. Rehidratación y longevidad en tallos florales de rosa ‘Topaz’ y crisantemo ‘Hartman’ almacenados en seco a temperatura ambiente. *Bio Ciencias.* 5:1-14. <http://revistabiociencias.uan.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/316/pdf>.

- Ely, F.; Torres, F. y Gaviria, J. 2005. Relación entre la morfoanatomía foliar de tres especies de *Miconia* (Melastomataceae) con su hábitat y distribución altitudinal en el parque nacional Sierra Nevada de Mérida, Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*. 28(2):275-299. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86228207>.
- Fanourakis, D.; Pieruschkaa, R.; Savvides, A.; Macnish, A. J.; SarlikiotI, V. and Woltering, E. J. 2013. Sources of vase life variation in cut roses: a review. *Postharvest Biol. Technol.* Doi: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.12.001>.
- Fanourakis, D.; Carvalho, S. M. P.; Almeida, D. P. F.; Van Kooten, O.; Van Doorn, W. G. and Heuvelink, E. 2012. Posthar vest water relations in cut rose cultivars with contrasting sensitivity to high relative air humidity during growth. *Postharvest Biol. Technol.* 64(1):64-73. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.09.016>.
- Hargrave, K. R.; Kollb, K. J.; Ewers, F. W. and Davies, S. D. 1994. Conduit diameter and drought-induce embolism in *Salvia mellifera* Greene (Labiatae). *New Phytol.* 126(4):695-705. <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.1994.tb02964.x>.
- Hernández, H. F.; Arévalo, G. M. L.; Colinas, L. M.T.; Zavaleta, M. H. A. y Valdés, C. J. 2009. Diferencias anatómicas y uso de soluciones de pulso en dos cultivares de rosa (*Rosa* sp.). *Rev. Chapingo, Ser. Hortic.* 15(2):11-16. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v15nspe/v15nspea3.pdf>.
- Jiménez, N. M. S.; López, M. L.; Aguilar, R. S. y Terrazas, T. 2019. Actividad cambial y criboxilogénesis de tres especies en un gradiente altitudinal en la Sierra Nevada, México. *Bot. Sci.* 97(4):725-740. Doi: <https://doi.org/10.17129/botsci.2336>.
- Martínez, V. J. and Piñol, J. 2002. Drought-induced mortality and hydraulic architecture in pines populations of the NE Iberian Peninsula. *Forest Ecol. Manag.* 161(1-3):247-256. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00495-9](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00495-9).
- Metcalf, C.R. and Chalk, L. 1979. *Anatomy of dicotyledons, systematic anatomy of leaf and stem, with a brief history of the subject.* 2<sup>nd</sup> (Ed.). Clarendon Press. Oxford, Great Britain. 166-180 pp.
- Metcalf, C. R. and Chalk, L. 1980. *Anatomy of the dicotyledons: systematic anatomy of leaf and stem, with a brief history of the subject.* 2<sup>nd</sup> (Ed.). Clarendon Press. Oxford, Great Britain. 66-89 pp.
- Metcalf, C. R. and Chalk, L. 1983. *Anatomy of the dicotyledons: wood structure and conclusion of the general introduction.* 2<sup>nd</sup> (Ed.). Clarendon Press. Oxford, Great Britain. 180-201 pp.
- Moreno, P. L. 2009. Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. *Agronomía Colombiana.* 27(2):179-191. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180316234006>.
- Mosqueda, L. G.; Arévalo, G. L.; Valdovinos, P. G.; Rodríguez, P. J. E. y Colinas, León, M. T. 2011. Época de corte y manejo postcosecha de ocho cultivares de rosa de corte. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3(3):591-602. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v2nspe3/vspen3a15.pdf>.
- Nijssse, J. X.; Van Meeteren, U. and Keijzer, C. J. 2000. Air in xylem vessels of cut flowers. *Acta Hortic.* 517:497-486. Doi: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.517.61>.
- Raven, J. 2002. Selection pressures on stomatal evolution. *New Phytologist.* 153(3):371-386. Doi: <https://doi.org/10.1046/j.0028-646X.2001.00334.x>.
- Sperry, J. S. 2003. Evolution of water transport and xylem structure. *Inter. J. Plant Sci.* 164(3):115-127. <https://sperry.biology.utah.edu/publications/IJPS%2003.pdf>.
- Taiz, L. and Zeiger, E. 2010. *Plant physiology.* 5<sup>th</sup> (Ed). Sinauer associates. Massachusetts, USA. 33-46 pp.

- Tafolla, A. J. C.; González, L. A.; Tiznado, H. M. E.; Zacarías, G. L. y Báez, S. R. 2013. Composición, fisiología y biosíntesis de la cutícula en plantas. *Rev. Fitotec. Mex.* 36(1):3-12. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v36n1/v36n1a1.pdf>.
- Van Meeteren, U. and Van Gelder, A. 1999. Effect of time since harvest and handling conditions on rehydration ability of cut chrysanthemum flowers. *Postharvest Biol. Technol.* 16(2):169-177. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(99\)00020-4](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(99)00020-4).
- Van Meeteren, U. and Van Gelder, A. 2001. Should we reconsider the use of deionized water as control vase solutions? *Acta Hort.* 543:257-264. <https://core.ac.uk/download/pdf/29305998.pdf>.
- Van Doorn, W. G. 2012. Water relations of cut flowers: an update. *Horticultural reviews.* 40:55-106. Doi: <https://doi.org/10.1002/9781118351871.ch2>.
- Walton, E. F.; Boldingh, H. L.; McLaren, G. F.; Williams, M. H. and Jackman, R. 2010. The dynamics of starch and sugar utilization in cut peony (*Paeonia lactiflora* Pall.) stems during storage and vase life. *Postharvest Biol. Technol.* 58(2):142-146. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521410001225>.
- Wilkinson, H. P. 1979. The plant super face (mainly leaf). Metcalfe and Chalk (Ed.). *Anatomy of dicotyledons.* Oxford, Clarendon Press. London. 97-165 pp.
- Willmer, C. M. y Fricket, M. 1996. *Stomata.* 2<sup>nd</sup> (Ed.). Chapman & Hall. London, UK. 126-191 pp.
- Zarlavsky, G. E. 2014. *Histología vegetal. Técnicas simples y complejas.* Sociedad Argentina de Botánica. Buenos Aires, Argentina. 198 p.
- Zimmermann, M. H. 1983. *Xylem structure and the ascent of sap.* Springer-Verlag. New York, USA. 4-36 pp.