



Influence of dry handling at two temperatures and stem length in vase life of rose 'Polo'

Influencia del manejo seco a dos temperaturas y longitud del tallo en la vida de florero de rosa 'Polo'

De la Cruz-Guzmán G.H.^{1,3}, Arévalo-Galarza M.L.¹, Peña-Valdivia C.B.¹,
Castillo-González A.M.², Colinas-León M.T.², Mandujano-Piña M.³.

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. km 36.5 C. P. 56230, Carretera México-Texcoco. Montecillo, Estado de México.

²Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 C. P. 56230, Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México. México.

³Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Av. de los Barrios No. 1. C. P. 54090, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México. México.

ABSTRACT

The effect of room and refrigeration temperature and the length of the flower stem in vase life of rose 'Polo' was evaluated. Floral stems of 60 cm length were harvested and stored at 4 and 23 °C during 72 h in dry conditions. During storage, three stems were taken daily to determine the damage of the cell membrane. After storage, eight stems of each temperature were trimmed at 33, 41 and 54 cm in length and were placed in vases with 250 mL of tap water and randomized into an area with illumination of 10 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, photoperiod of 12 h, average temperature of 23 \pm 3 °C and 40 % of relative humidity (RH) to evaluate vase life (VL). The results indicated a direct relationship ($R^2 = 0.9835$) between the number of vessels and stem length between 33 and 54 cm. The membrane cell damage was higher at 23° than at 4 °C. Stems stored at 23 °C decreased their fresh weight in the fourth day and their water absorption on day seven, they also had less flower opening and vase life compared to the stems stored at 4 °C. Dry storage at room temperature for 72 h only decreases from 11.5 to 9.4 days the VL of rose 'Polo', resulting in a good choice in places where the cold rooms do not exist; the short stems had higher water absorption but did not improve the VL.

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: May 27th 2015.

Accepted/Aceptado: August 18th 2015.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la temperatura ambiente y de refrigeración en seco así como la longitud del tallo floral en la vida de florero de rosa 'Polo'. Se cosecharon tallos florales de 60 cm de longitud que fueron almacenados a 4 y 23 °C por 72 h en condición seca. Durante el almacenamiento, diariamente se tomaron tres tallos para determinar el daño de las membranas celulares. Después del almacenamiento en seco, ocho tallos de cada temperatura se recortaron a 33, 41 y 54 cm de la longitud, se colocaron en floreros con 250 mL de agua de llave y se distribuyeron al azar en un área con iluminación de 10 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, fotoperiodo de 12 h, temperatura promedio de 23 \pm 3 °C y 40 % de humedad relativa (HR) para evaluar vida de florero (VF). Los resultados indicaron una relación directa ($R^2 = 0.9835$) entre el número de vasos y la longitud del tallo entre los 33 y 54 cm. El daño de las membranas celulares fue mayor a 23° que a 4 °C. Los tallos almacenados a 23 °C disminuyeron su peso fresco a partir del cuarto día y su absorción de agua al día siete, también tuvieron menor apertura floral y vida de florero comparada con los tallos almacenados a 4 °C. El almacenamiento seco a temperatura ambiente por 72 h redujo de 11.5 a 9.4 días la VF de rosa 'Polo' resultando una buena opción en sitios donde no se cuenta con cámaras frigoríficas, los tallos cortos absorbieron más agua pero no mejoraron su VF.

*Corresponding Author:

Ma. de Lourdes Arévalo-Galarza, Oficina 125 edificio de Genética, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. km 36.5 Carretera México-Texcoco. Montecillo, C.P. 56230. Estado de México, México. Phone: 01(595) 9520 200 ext. 1571; Fax, 01(595)952 0233. E-mail: larevalo@colpos.mx

KEY WORDS

Rosa hybrid, number of vessels, damage in membranes, refrigeration storage, room temperature storage, opening of flower bud.

Introduction

Cut flowers must keep their visual quality after harvest, during transportation, commercialization and vase life (Walton *et al.*, 2010). To conserve their ornamental value, flower stems are usually placed in containers with hydrant solutions (wet management) for at least three moments: after the cut, after packaging and after distribution (Reid, 2009). Nevertheless, De la Cruz *et al.*, (2014) reported that in cultivars of rose 'Polar Star', 'Topaz', 'Highlander' and 'Freedom', vase life was similar or higher with dry management, without the use of hydrant solutions from the harvest to storage. With wet management, more space in cold-storage rooms is used, the flower opening continues and the hydric conductivity is reduced by the proliferation of microorganisms in the base of the stem (Ahmad *et al.*, 2012). With dry management, costs are reduced because manipulation is decreased hence the use of conserving solutions is avoided, hydric conductivity is reestablished faster due to the lower bacteria growth in the base of the stem and the decrease of the hydric potential derived from the stress provoked in the vascular system (Faragher *et al.*, 1984; Macnish *et al.*, 2009).

So that a post-harvest management is successful, cold chain must be kept, even though not all producers have access to cool-storage rooms. Cut flowers have a high respiratory rate, therefore the reduction of the management temperatures after the harvest is essential to extend its shelf life, if so it is not possible, a system that avoids dehydration from the leaves and reduces metabolic life should be established. There is a background of dry management at room temperature during 24 h (De la Cruz *et al.*, 2014) in cultivars of rose. However, in dry condition, higher times of storage have not been evaluated, neither their relationship between flower quality and stem length as an option for producers that do not have cool-storage rooms.

On the other hand, stem length is associated to the characteristics of the vessels and the integrity of the

PALABRAS CLAVE

Rosa hibrida, número de vasos, daño de las membranas, almacenamiento refrigerado, almacenamiento a temperatura ambiente, apertura del botón floral.

Introducción

Las flores de corte deben mantener su calidad visual después de la cosecha, durante el transporte, la comercialización y vida en florero (Walton *et al.*, 2010). Para conservar su valor ornamental, los tallos florales usualmente son colocados en contenedores con soluciones hidratantes (manejo húmedo) por lo menos en tres momentos: después del corte, después del empaquetado y antes de la distribución (Reid, 2009). Sin embargo De la Cruz *et al.*, (2014) reportaron que en los cultivares de rosa 'Polar Star', 'Topaz', 'Highlander' y 'Freedom' la vida de florero fue similar o mayor con manejo seco, sin el uso de soluciones hidratantes desde la cosecha hasta el almacenamiento. Con el manejo húmedo se utiliza más espacio en las cámaras frigoríficas, la apertura floral continúa y se reduce la conductividad hídrica por la proliferación de microorganismos en la base del tallo (Ahmad *et al.*, 2012). Con el manejo seco, los costos se reducen porque disminuye la manipulación y se evita el uso de soluciones preservantes, la conductividad hídrica se restablece más rápido debido al menor crecimiento bacteriano en la base del tallo y a la disminución del potencial hídrico derivado del estrés que se provoca en el sistema vascular (Faragher *et al.*, 1984; Macnish *et al.*, 2009).

Para que un manejo postcosecha sea exitoso debe mantenerse la cadena de frío, aunque no todos los productores tienen acceso a cámaras de refrigeración. Las flores de corte tienen una alta tasa respiratoria, por lo cual la reducción de las temperaturas de manejo después de la cosecha es esencial para prolongar su vida de anaquel, si esto no es posible debe establecerse un sistema que evite la deshidratación de las hojas y reducir la actividad metabólica. En cultivares de rosa se tienen antecedentes de manejo seco a temperaturas ambiente por 24 h (De la Cruz *et al.*, 2014). Sin embargo, en condición seca no se han evaluado tiempos mayores de almacenamiento ni su relación entre la calidad de la flor y la longitud del tallo como una opción para los productores que no cuentan con cámaras frigoríficas

Por otro lado, la longitud de los tallos asociada a las características de los vasos y la integridad de las mem-

cell membranes adjacent to the vascular system can influence in the hydration of tissues and flower vase life, since long stems (50 cm) have more reservations of carbohydrates for the opening of the flower bud than in short stems (35 cm) (Reid, 2009). Consequently, the effect of dry management at room and refrigeration temperature was evaluated, and the influence of the length of the floral stem and in the vase life of rose 'Polo'.

Materials and Methods

In a greenhouse with commercial production located in the Colegio de Postgraduados campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, 72 flower stems of 60 cm length of rose 'Polo' were harvested and transported in dry to the laboratory. At the moment of the harvest, sections in the base of six flower stems of 33, 41 and 54 cm length were taken to perform transversal cuts (Avitia, 1996), count the number of vessels/mm², measure the higher and lower length in the axes and evaluate the damage of the cell membranes (Sánchez *et al.*, 2003). The rest of the stems were weighed, split into two groups of 33 flower stems each, wrapped in "kraft" paper and black polyethylene bags and stored during 72 h at 4 °C and 85 % RH and other group at 23 °C and 40 % RH.

During storage, the damage index of the cell membranes was evaluated at 24, 48 and 72 hours in nine flower stems (three per evaluation time). After storage, the missing stems (24 per each group) were unpacked, weighed and three sub-groups with eight stems each were formed. A segment of the base of the subgroups was eliminated to keep them with lengths of 33, 41 and 54 cm. Stems of 33 cm were kept with three trifoliolate leaves, those of 41 and 54 cm with two pentafoliolate leaves and three trifoliolate. Weight of each flower stem was recorded, they were individually placed in glass bottles with 250 mL of potable water and randomly distributed in an illumination area of 10 µmol m⁻² s⁻¹, photoperiod of 12 h, average temperature of 23±3 °C and 40 % of RH. Evaluated variables were:

a) Number of vessels and higher and lower length of the axes. Transversal cuts images were processed with a photomicroscope (III, Carl Zeiss) with an integrated digital camera for microscopy (PAXcam 3). Image quality were improved with free software GIMP, v. 2.8.4. The

branas de las células adyacentes al sistema vascular pueden influir en la hidratación de los tejidos y en la vida de florero, ya que tallos largos (50 cm) tienen más reservas de carbohidratos para la apertura del botón floral que tallos cortos (35 cm) (Reid, 2009). Por lo anterior en este trabajo se evaluó el efecto del manejo seco a temperatura ambiente y en refrigeración, y la influencia de la longitud del tallo floral en la vida de florero de rosa 'Polo'.

Materiales y Métodos

En un invernadero con producción comercial ubicado en el Colegio de Postgraduados campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, se cosecharon 72 tallos florales de rosa 'Polo' de 60 cm de longitud y se transportaron en seco al laboratorio. Al momento de la cosecha se tomaron secciones en la base de seis tallos florales de 33, 41 y 54 cm de longitud para realizar cortes transversales (Avitia, 1996), contar el número de vasos/mm², medir la longitud mayor y menor de los ejes y evaluar el daño de las membranas celulares (Sánchez *et al.*, 2003). El resto de los tallos se pesaron, se separaron en dos grupos con 33 tallos florales cada uno, se envolvieron en papel "kraft" y bolsas de polietileno negro y se almacenaron por 72 h a 4 °C y 85 % HR y otro grupo a 23 °C y 40 % de HR.

Durante el almacenamiento, el índice de daño de las membranas celulares se evaluó a las 24, 48 y 72 h, en nueve tallos florales (tres por tiempo de evaluación). Después del almacenamiento, los tallos restantes (24 de cada grupo) se desempaquetaron, se pesaron y se formaron tres subgrupos con ocho tallos cada uno. A los subgrupos se les eliminó un segmento de la base para mantenerlos con longitudes de 33, 41 y 54 cm. Los tallos de 33 cm se mantuvieron con tres hojas trifoliadas, los de 41 y 54 cm con dos hojas pentafoliadas y tres trifoliadas. Se registró el peso de cada tallo floral, se colocaron individualmente en botellas de vidrio con 250 mL de agua de la llave (potable) y se distribuyeron al azar en un área con iluminación de 10 µmol m⁻² s⁻¹, fotoperiodo de 12 h, temperatura promedio de 23±3 °C y 40 % de HR. Las variables evaluadas fueron:

a) Número de vasos y longitud mayor y menor de los ejes. Las imágenes de los cortes transversales se procesaron con un fotomicroscopio (III, Carl Zeiss) con cámara digital para microscopía (PAXcam 3) integrada. La calidad de las imágenes se mejoró con el software libre GIMP, v. 2.8.4. El

number of vessels and length of their axes was obtained with "Image Tool" (v. 3.40) (Willcox *et al.*, 2002).

b) Cell membrane damage. Harvested flower stems were cut at 33, 41 and 54 cm length, basal samples of 0.5 cm were obtained, placed in 50 mL of deionized water and kept in agitation for 2 h, initial electric conductivity (Ro) was measured with a conductimeter (Horiba B-17). The maximum electric conductivity (RF) was obtained same as Ro, except that stem fractions were frozen during 24 h at 0 °C. Electric conductivity by effect of storage temperatures and stem length (RT) was evaluated at 24, 48 and 72 h of storage, same as Ro (Sánchez *et al.*, 2003). All values of the electric conductivity were adjusted at 1 g of dry tissue. For the damage of the membranes, the damage index (Id) was obtained with the equation:

$$Id (\%) = \frac{RT-Ro}{RF-Ro} \times 100$$

c) Fresh weight (FW) and water absorption rate. They were both recorded daily, with a digital scale (Setra SI-20005). They were calculated with the equations described by Rezvanypour and Osfoori (2011).

d) Flower opening and vase life. The opening of flower buds was measured in the superior central part with a digital calibrator (Truper®). Flower vase life was the number of days previous to the loss of turgor or petal withering, folding of stem or leaf fall. They were counted from the time the stems were placed in the vase.

Statistical analysis

Higher and lower length of axes was analyzed with descriptive statistic, tests of normality and homogeneity of variances; analysis of simple lineal regression, analysis of variance and mean comparison (Tukey, 0.05) were made to the number of vessels in the base of the stems of 33, 41 and 54 cm of length. For the other variables, a two factor variance analysis and mean comparison tests (Tukey, 0.05) were performed (factor 1, two storage temperatures; factor 2, three lengths of flower stem) with the SAS® package 9.0 for Windows. Obtained data in percentage were transformed to arcsine for their analysis.

número de vasos y la longitud de sus ejes se obtuvo con "Image tool" (v. 3.40) (Willcox *et al.*, 2002).

b) Daño de las membranas celulares. Los tallos florales cosechados se recortaron a 33, 41 y 54 cm de longitud, se obtuvieron muestras basales de 0.5 cm, se colocaron en 50 mL de agua desionizada y se mantuvieron en agitación por 2 h, se midió la conductividad eléctrica inicial (Ro) con un conductímetro (Horiba B-17). La conductividad eléctrica máxima (RF) se obtuvo igual que Ro, salvo que las fracciones de tallo se congelaron durante 24 h a 0 °C. La conductividad eléctrica por efecto de las temperaturas de almacenamiento y longitud del tallo (RT) se evaluó a las 24, 48 y 72 h de almacenamiento, igual que Ro (Sánchez *et al.*, 2003). Todos los valores de conductividad eléctrica se ajustaron a 1 g de tejido seco. Para el daño de las membranas se obtuvo el índice de daño (Id) con la ecuación:

$$Id (\%) = \frac{RT-Ro}{RF-Ro} \times 100$$

c) Peso fresco (PF) y tasa de absorción de agua. Se registraron diariamente, con una balanza digital (Setra SI-20005). Ambos se calcularon con las ecuaciones descritas por Rezvanypour y Osfoori (2011).

d) Apertura floral y vida de florero. La apertura de los botones florales se midió en la parte superior central con un calibrador digital (Truper®). La vida de florero fue el número de días previos a la pérdida de turgencia o marchitamiento de pétalos, doblamiento del cuello o caída de hojas. Se contabilizaron a partir de que los tallos se colocaron en el florero.

Análisis estadístico

La longitud mayor y menor de los ejes se analizó con estadística descriptiva, pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas; al número de vasos en la base de los tallos de 33, 41 y 54 cm de longitud se le hizo un análisis de regresión lineal simple, análisis de varianza y comparación de medias (Tukey, 0.05). Para las variables restantes se hizo análisis de varianza de dos factores (factor 1, dos temperaturas de almacenamiento, factor 2, tres longitudes del tallo floral) y pruebas de comparación de medias (Tukey, 0.05) con el paquete SAS® 9.0 para Windows. Los datos obtenidos en porcentaje se transformaron a arcoseno para su análisis.

Results and Discussion

Number of vessels and higher and lower length of axes

The number of vessels in the stems of 54 cm was significantly higher (388.7 vessels/mm²) in respect to those of 41 (314.9 vessels/mm²) and 33 cm (242.6 vessels/mm²), respectively. The equation of simple lineal regression between the number of vessels and their location in the stem was: $\hat{y} = 23.83 + 6.83X$; $R^2 = 0.9835$, which indicates a decrease in the number of vessels in acropetal direction Cohen *et al.*, (2011) reported 267 and 308 vessels/mm² for roses 'Lovely Red' and 'Rouge Baiser' respectively, without mentioning stem location. These results are similar to those obtained in the base of the stems of 41 and 33 cm of rose 'Polo'.

The length of the larger axis of the vessels varied from 60 to 300 μm ; higher frequency (60%) with a normal distribution and homogenous variances was located between 100 and 180 μm (Figure 1). The length of the smaller axis fluctuated from 40 to 220 μm , and 60 % of the vessels were located between 60 and 120 μm , with homogenous variances in the three studied distances (Figure 2). Damunupola *et al.*, (2011) found a normal distribution of the vessels diameter of *Acacia holosericea*, with 29 % between 70 and 80 μm . This indicates that the vessels in the cultivar 'Polo' were higher than those from *A. holosericea*. Vessels with higher diameters in the stem base can contribute to cavitation, which carries to a decrease of hydric conductivity and vase life (Nijssse *et al.*, 2001). Species with vessels higher than 75 μm are more susceptible to present embolism during hydric stress periods (Margrave *et al.*, 1994). In case of cavitation happening, the cut of 3 cm in the base of the stems before placing them in the vase eliminates embolism, facilitates water absorption and extends vase life (van Meeteren and Arévalo, 2009).

Damage in cell membranes

Values of initial electric conductivity (Ro) for stems of 33, 41 and 54 cm were 384.5, 377.0 and 284.5 and maximum were (RF) 945.4, 1026.5, 774.7 mS cm⁻¹ g⁻¹ respectively. In both cases, electric conductivity in

Resultados y Discusión

Número de vasos y longitud mayor y menor de los ejes

El número de vasos en los tallos de 54 cm fue significativamente mayor (388.7 vasos/mm²) con respecto a los de 41 (314.9 vasos/mm²) y 33 cm (242.6 vasos/mm²) respectivamente. La ecuación de regresión lineal simple entre el número de vasos y su ubicación en el tallo fue: $\hat{y} = 23.83 + 6.83X$; $R^2 = 0.9835$, la cual indica un decremento en el número de vasos en dirección acropétala Cohen *et al.*, (2011), sin mencionar la ubicación en el tallo, reportaron 267 y 308 vasos/mm² para rosa 'Lovely Red' y 'Rouge Baiser' respectivamente. Estos resultados son similares con los obtenidos en la base de los tallos de 41 y 33 cm de rosa 'Polo'.

La longitud del eje mayor de los vasos varió de 60 a 300 μm ; la frecuencia mayor (60 %) con distribución normal y varianzas homogéneas se ubicó entre 100 y 180 μm (Figura 1). La longitud del eje menor fluctuó de 40 a 220 μm , y 60 % de los vasos se ubicaron entre los 60 y 120 μm , con varianzas homogéneas en las tres distancias estudiadas (Figura 2). Damunupola *et al.*, (2011) encontraron una distribución normal del diámetro de los vasos de *Acacia holosericea*, con 29 % entre los 70 y 80 μm . Esto indica que los vasos en el cultivar 'Polo' fueron mayores que los de *A. holosericea*. Vasos con diámetros mayores en la base del tallo, pueden contribuir a la cavitación, lo cual conlleva a que la conductividad hídrica y vida de florero disminuyan (Nijssse *et al.*, 2001). Especies con vasos mayores de 75 μm son más susceptibles a presentar embolismo durante periodos de estrés hídrico (Margrave *et al.*, 1994). En caso de ocurrir cavitación, el recorte de 3 cm en la base de los tallos antes de colocarlos en el florero, elimina el embolismo, facilita la absorción de agua y prolonga la vida de florero (van Meeteren y Arévalo, 2009).

Daño de las membranas celulares

Los valores de la conductividad eléctrica inicial (Ro) para los tallos de 33, 41 y 54 cm fueron de 384.5, 377.0 y 284.5 y los de la máxima (RF) de 945.4, 1026.5, 774.7 mS cm⁻¹ g⁻¹ respectivamente. En ambos casos la conductividad eléctrica en los tallos de 54 cm fue significativamente menor con respecto a los de 41 y 33 cm de longitud (Figura 3). Los valores altos de Ro y RF, podrían estar asociados a un mayor contenido celular, ya que estos sitios están más

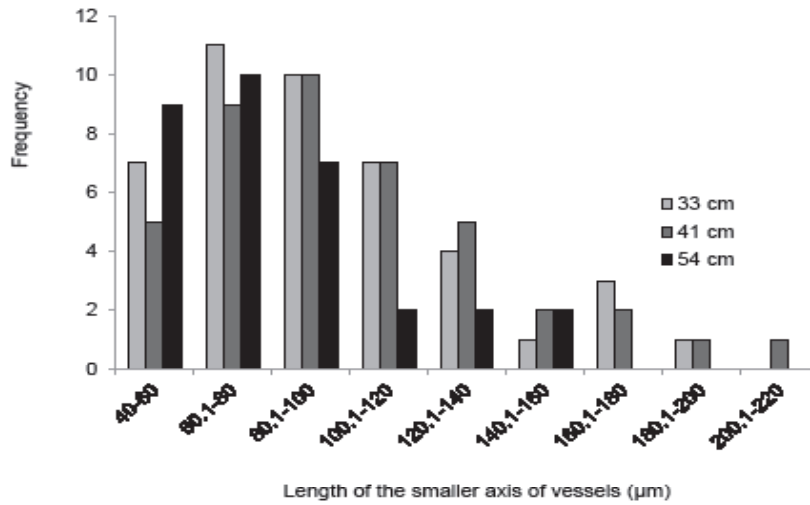


Figure 1. Length frequency of the larger axis of vessels in three basipetal regions of flower stem of rose 'Polo'

Figura 1. Frecuencia de la longitud del eje mayor de los vasos en tres regiones basipétalas del tallo floral de rosa 'Polo'.

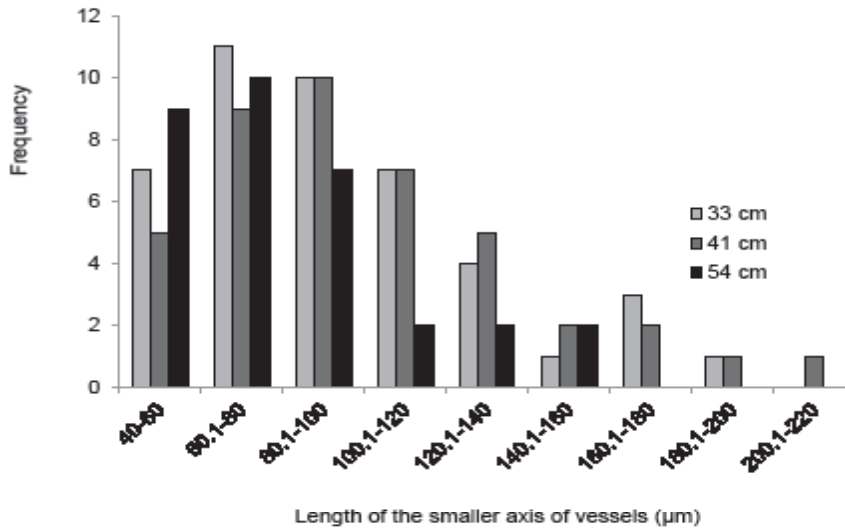


Figure 2. Length frequency of the smaller axis of vessels in three basipetal regions of flower stem of rose 'Polo'.

Figura 2. Frecuencia de la longitud del eje menor de los vasos en tres regiones basipétalas del tallo floral de rosa 'Polo'.

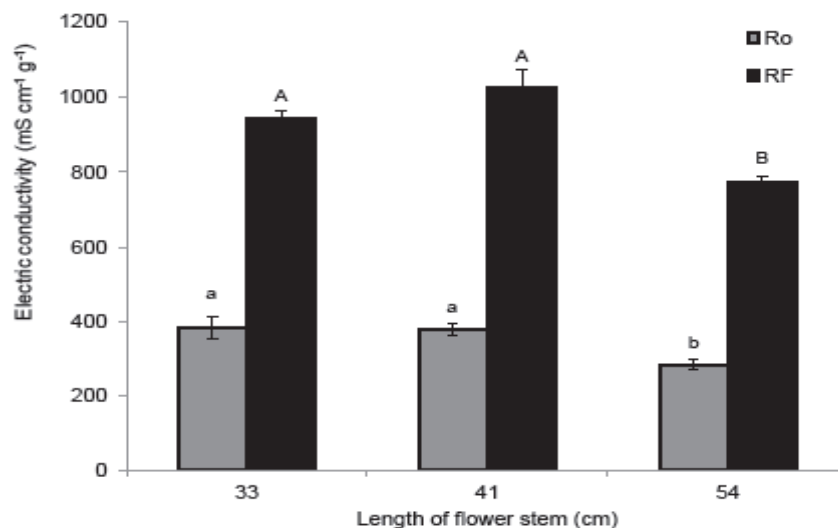


Figure 3. Initial (Ro) and maximum (RF) electric conductivity in the base of flower stems of rose 'Polo' with 33, 41 and 54 cm length. Each bar represents the average of three repetitions \pm standard error. Letters, capitals or lowercase, different in each evaluation time, indicate significant differences (Tukey, 0.05).

Figura 3. Conductividad eléctrica inicial (Ro) y máxima (RF) en la base de tallos florales de rosa 'Polo' con 33, 41 y 54 cm de longitud. Cada barra representa el promedio de tres repeticiones \pm error estándar. Letras, mayúsculas o minúscula, distintas en cada tiempo de evaluación indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).

stems of 54 cm was significantly lower in respect to those of 41 and 33 cm length (Figure 3). High values of Ro and RF could be associated to a higher cell content, since these sites are closer to the flower bud and the xilema cells are younger and less differentiated than those located in the base of the stems of 54 cm (Taiz and Zeiger, 2010).

Electric conductivity (EC) by effect of storage temperatures (RT) was similar to 24 and 48 h. However, after 72 h the stems stored at 23 °C had EC significantly higher than those stored at 4 °C. Stem length did not show significant changes of EC (Table 1). In accordance to Prasil and Zamecnik (1998) and Díaz *et al.*, (2010), cell membranes that have low values of electric conductivity are less altered and keep certain selection to release their electrolytes compared to those that have high values of EC. Thus, the integrity of the cell membranes in this study was less altered in stems that were stored at 4 °C, probably due to a lower cellular metabolic activity (Fisun and Reid, 2002).

CE significativamente mayor con respecto a los almacenados a 4 °C. La longitud del tallo no mostró cambios de CE (Tabla 1). De acuerdo con Prasil y Zámečník (1998) y Díaz *et al.*, (2010), las membranas celulares que tienen valores bajos de conductividad eléctrica están menos alteradas y mantienen cierta selectividad para la liberación de sus electrolitos comparado con aquellas que tienen valores altos de CE. De este modo, en el presente estudio la integridad de las membranas celulares se mantuvo menos alterada en tallos que se almacenaron a 4 °C, probablemente debido a una menor actividad metabólica celular (Fisun y Reid, 2002).

El daño de las membranas celulares a 24 y 72 h fue mayor en los tallos almacenados a 23 °C. A 48 h, los tallos florales de 33 cm tuvieron mayor daño comparado con los de 41 y 54 cm (Tabla 2).

El daño mayor a 23 °C se puede asociar con alta actividad metabólica, tallos florales de claveles y rosas almacenados

Table 1.
Electric conductivity at 24, 48 and 72 h, in the base of the flower stems of rose 'Polo' stored at 4 and 23 °C, and cut at 33, 41 and 54 cm length.

Tabla 1.
Conductividad eléctrica, a 24, 48 y 72 h, en la base de tallos florales de rosa 'Polo' almacenados a 4 y 23 °C, y recortados a 33, 41 y 54 cm de longitud.

Treatments	Electric conductivity (mS cm ⁻¹ g ⁻¹)		
	Evaluation times (h)		
	24	48	72
Temperature (°C)			
4	396.78 ^a	246.52 ^a	214.32 ^b
23	339.88 ^a	254.41 ^a	265.54 ^a
MSD	65.53	39.75	41.08
Stem length (cm)			
33	434.31 ^a	263.66 ^a	263.79 ^a
41	376.40 ^{ab}	262.92 ^a	251.76 ^a
54	294.44 ^b	224.82 ^a	204.25 ^a
MSD	98.27	5.57	61.60
VC	17.32	15.45	16.67
T*L	NS	NS	NS

The means followed by different letters in each column and of each factor indicate significant differences (Tukey, 0.05). DMS, minimum significant difference; VC, variation coefficient; T*L, temperature-length interaction of the flower stem; NS, non-significant. Each datum is the average of three repetitions.

Las medias seguidas de letras distintas en cada columna y de cada factor indican diferencias significativas (Tukey, 0.05). DMS, diferencia mínima significativa, CV, coeficiente de variación; T*L, interacción temperatura-longitud del tallo floral; NS, no significativo. Cada dato es el promedio de tres repeticiones.

Table 2.
Damage in the cell membrane at 24, 48 and 72 h, in the base of flower stems of rose 'Polo' stored at 4 and 23 °C and cut at 33, 41 and 54 cm length.

Tabla 2.
Daño de la membrana celular, a 24, 48 y 72 h, en la base de tallos florales de rosa 'Polo' almacenados a 4 y 23 °C, y recortados a 33, 41 y 54 cm de longitud.

Treatments	Cell membrane damage (%)		
	Evaluation times (h)		
	24	48	72
Temperature (°C)			
4	9.13 ^b	7.11 ^a	8.91 ^b
23	14.81 ^a	9.79 ^a	14.41 ^a
MSD	3.26	2.25	3.72
Stem length (cm)			
33	13.35 ^a	12.63 ^a	8.66 ^a
41	10.77 ^a	8.92 ^b	12.30 ^a
54	11.79 ^a	4.70 ^c	14.06 ^a
MSD	4.89	3.37	5.57
VC	26.50	25.00	30.99
T*L	NS	NS	NS

The means followed by different letters in each column and of each factor indicate significant differences (Tukey, 0.05). DMS, minimum significant difference; VC, variation coefficient; T*L, temperature-length interaction of the flower stem; NS, non-significant. Each datum is the average of three repetitions.

Las medias seguidas de letras distintas en cada columna y de cada factor indican diferencias significativas (Tukey, 0.05). DMS, diferencia mínima significativa, CV, coeficiente de variación; T*L, interacción temperatura-longitud del tallo floral; NS, no significativo. Cada dato es el promedio de tres repeticiones.

Damage of cell membranes at 24 and 72 h was higher in the stems stored at 23 °C. At 48 h, flower stems of 33 cm had higher damage compared to those of 41 and 54 cm (Table 2).

Higher damage at 23 °C can be associated to high metabolic activity; flower stems of carnations and roses stored at 20 °C have a respiratory rate 25 times higher compared to those stored in 0 and 2 °C (Reid, 2012).

Fresh weight (FW) and water absorption

In day one, flower stems decreased 4% their fresh weight due to the amount of water that was lost during dry storage. When they were placed in the vase, they absorbed water and increased their fresh weight until day three. However, after 5 days (d), the FW was 12 % higher in the stems that were stored at 4 °C, with no statistical differences between the length of the stem (Figure 4).

Cut flowers increase their fresh weight and then they decrease it significantly. However, those that keep them

cercanos al botón floral y las células del xilema son más jóvenes y menos diferenciadas que las ubicadas en la base a 20 °C tienen una tasa respiratoria 25 veces mayor comparado con los que se almacenan entre 0 y 2 °C (Reid, 2012).

Peso fresco (PF) y absorción de agua

En el día uno, los tallos florales disminuyeron 4 % su peso fresco debido a la cantidad de agua que se perdió durante el almacenamiento seco. Cuando se colocaron en el florero absorbieron agua e incrementaron su peso fresco hasta el día tres. Sin embargo, a los 5 días (d) el PF fue 12 % mayor en los tallos que se almacenaron a 4 °C, sin diferencias estadísticas en la longitud del tallo (Figura 4).

Las flores de corte incrementan su peso fresco y luego lo disminuyen significativamente. Sin embargo, aquellas que lo mantienen por más tiempo, logran una vida de florero mayor (Ichimura y Shimizu-Yumoto, 2007). En el presente estudio los tallos almacenados a 4 °C mantuvieron su peso fresco durante 6 d y tuvieron 2 d más de vida en florero que los almacenados a 23 °C.

La tasa de absorción de los tallos florales en los días uno,

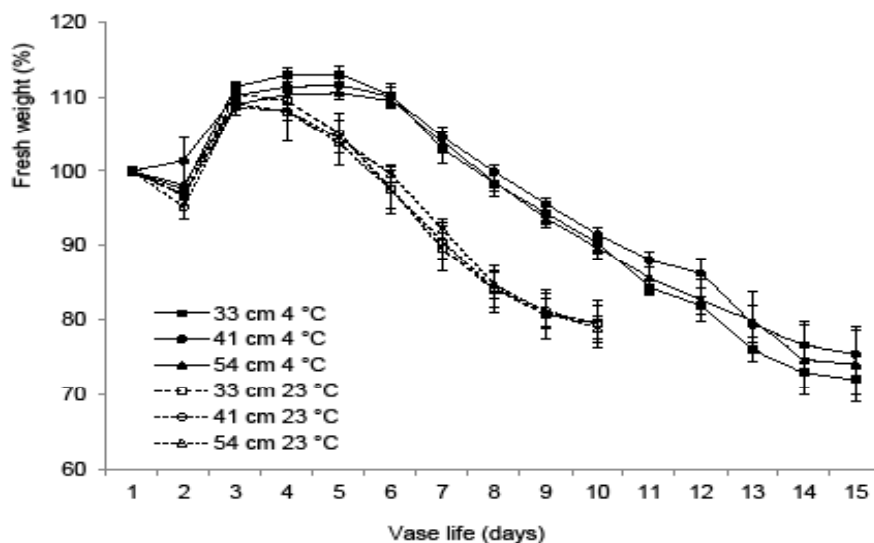


Figure 4. Fresh weight in flower stems of rose 'Polo' cut at 33, 41 and 54 cm and stored at 4 and 23 °C during 72 h. Each point represents the average of eight repetitions \pm standard error. Different letters in each time of evaluation indicate significant differences (Tukey, 0.05).

Figura 4. Peso fresco de los tallos florales de rosa 'Polo' recortados a 33, 41 y 54 cm y almacenados a 4 y 23 °C por 72 h. Cada punto representa el promedio de ocho repeticiones \pm error estándar. Letras distintas en cada tiempo de evaluación indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).

Table 3.
Water absorption rate, during 8 d in vase, in floral stems of rose 'Polo' stored at 4 and 23 °C and cut at 33, 41 and 54 cm length.

Tabla 3.
Tasa de absorción de agua, durante 8 d en florero, en tallos florales de rosa 'Polo' almacenados a 4 y 23 °C y recortados a 33, 41 y 54 cm de longitud.

Treatments	Water absorption (mL g ⁻¹)				
	1	3	5	7	8
Temperature (°C)					
4	0.45 ^a	0.47 ^a	0.30 ^a	0.24 ^a	0.22 ^a
23	0.36 ^b	0.39 ^a	0.31 ^a	0.18 ^b	0.11 ^b
MSD	0.052	0.081	0.057	0.037	0.031
Stem length (cm)					
33	0.45 ^a	0.51 ^a	0.39 ^a	0.26 ^a	0.18 ^a
41	0.38 ^a	0.42 ^{ab}	0.30 ^b	0.22 ^a	0.17 ^a
54	0.38 ^a	0.36 ^b	0.22 ^b	0.15 ^b	0.14 ^a
MSD	0.761	0.120	0.084	0.055	0.046
VC	21.93	32.19	32.03	30.18	32.59
T* ^c	NS	NS	NS	NS	*

The means followed by different letters in each column and of each factor indicate significant differences (Tukey, 0.05). DMS, minimum significant difference; VC, variation coefficient; T*L, temperature-length interaction of the flower stem; NS, non-significant; ** significant at 5 %. Each datum is the average of eight repetitions.

Las medias seguidas de letras distintas en cada columna y de cada factor indican diferencias significativas (Tukey, 0.05). DMS, diferencia mínima significativa, CV, coeficiente de variación; T*L, interacción temperatura-longitud del tallo floral; NS, no significativo; **, significativo al 5 %. Cada dato es el promedio de ocho repeticiones.

for longer accomplish a longer flower vase life (Ichimura and Shimizu-Yumoto, 2007). In this study, the stems stored at 4 °C kept their fresh weight during 6 d and had 2 d more of vase life than those stored at 23 °C.

The absorption rate of the flower stems in days one, seven and eight was 20, 25 and 50 % higher than in the stems stored at 4 °C. In regard to length, in days three, five and seven, stems of 33 cm had a significant higher absorbance rate than those of 54 cm (Table 3).

The higher rate of water absorption, in days seven and eight, in the stems stored at 4 °C, allowed longer vase life. Shahri *et al.*, (2011) found that the storage at 5 °C increases water absorption in flower stems of *Ranunculus asiaticus*. In that respect, van Meeteren *et al.*, (1999) mention that metabolic processes that provide energy to petals are better developed when hydration is higher. Water absorption in short stems is more efficient because cavitation and bubble formation are delayed compared

siete y ocho fue 20, 25 y 50 % mayor en los tallos almacenados a 4 °C. Con respecto a la longitud, en los días tres, cinco y siete, los tallos de 33 cm tuvieron significativamente mayor tasa de absorción que los de 54 cm (Tabla 3).

La mayor tasa absorción de agua, en los días siete y ocho, en los tallos almacenados a 4 °C, permitió mayor vida de florero. Shahri *et al.*, (2011) encontraron que el almacenamiento a 5 °C incrementa la absorción de agua en tallos florales de *Ranunculus asiaticus*. Al respecto, van Meeteren *et al.*, (1999) mencionan que los procesos metabólicos que aportan energía hacia los pétalos se desarrollan mejor cuando la hidratación es mayor. La absorción de agua en los tallos cortos es más eficiente porque la cavitación y la formación de burbujas se retrasan comparado con los tallos largos que tienen mayor reserva de carbohidratos (Spinarova y Hendriks, 2005; Fanourakis *et al.*, 2012). Sin embargo, en este trabajo la longitud de los tallos florales no tuvo efecto sobre el peso

to long stems that have higher reservation of carbohydrates (Spinarova and Hendriks, 2005; Fanourakis *et al.*, 2012). However, in this study, the length of the flower stems had no effect on the fresh weight or the vase life, which suggests that water absorbed was mostly lost by transpiration.

Flower bud opening and vase life

The length of the stems had no effect on the flower bud opening and vase life, but the storage temperature did, since at 4 °C, opening was higher (61.96 mm) compared to those of 23 °C, whose opening was 48.53 mm. Vase life at 4 °C was 11.5 d and at 23 °C of 9.4 d. Shahri *et al.*, (2011) mention that the diameter of the flower and the vase life are increased when the flower stems of *Ranunculus asiaticus* are stored at 4 °C. Both the cellular metabolism and the respiration rate are lower at 4 °C than at 23 °C (Reid, 2009; Ahmad *et al.*, 2012; Fanourakis *et al.*, 2013), which indicates a lower spent of energetic reserves for the opening of the bud or the vase life when stems are stored at a low temperature (Reid, 2012).

When there are no cool-storage rooms, dry storage at room temperature by packaging stems in kraft paper and black polyethylene bags allows rehydration of stems, since initial transpiration increases the relative humidity between 90 and 95 %, respiratory rate tumbles concentration of oxygen and increases CO₂ levels, cellular metabolism decreases and the packaging avoids water losses through foliar surface (Goszcynska and Rudnicki, 1983; Rudnicki *et al.*, 1986). The stress provoked decreases the hydric potential in the stem xylem, which accelerates their hydration when placed in vase (Fanourakis *et al.*, 2013; De la Cruz *et al.*, 2014).

In spite of the stress provoked to rose 'Polo' flower stems stored during 72 h at 23 °C, their vase life decreases only from 11.5 to 9.4 d compared to those at 4 °C. Therefore, dry storage at room temperature results as a viable management option for the producers that have no access to cool-storage rooms, as long as foliar dehydration is avoided by packaging the stems in kraft paper and black polyethylene bags. The stems of 33 cm absorb more amount of water than those of 41 to 54 cm, but they have no effect in vase life of rose 'Polo'.

fresco ni sobre la vida de florero, lo cual sugiere que el agua absorbida se perdió mayormente por transpiración.

Apertura del botón floral y vida de florero

La longitud de los tallos no tuvo efecto sobre la apertura del botón floral y la vida de florero pero sí la temperatura de almacenamiento, ya que a 4 °C, la apertura fue mayor (61.96 mm) comparado con los de 23 °C cuya apertura fue de 48.53 mm. La vida de florero a 4 °C fue de 11.5 d y a 23 °C de 9.4 d. Shahri *et al.*, (2011) mencionan que el diámetro de la flor y la vida de florero se incrementan cuando los tallos florales de *Ranunculus asiaticus* se almacenan a 4 °C. Tanto el metabolismo celular como la tasa de respiración son menores a 4 °C que a 23 °C (Reid, 2009; Ahmad *et al.*, 2012; Fanourakis *et al.*, 2013), lo cual indica un menor gasto de las reservas energéticas para la apertura de la flor o vida de florero cuando los tallos se almacenan a baja temperatura (Reid, 2012).

Cuando no se cuenta con cámaras frigoríficas el almacenamiento seco a temperatura ambiente empaquetando los tallos con papel kraft y bolsas de polietileno negro permite la rehidratación de los tallos, ya que la transpiración inicial aumenta la humedad relativa entre el 90 y 95 %, la tasa respiratoria abate la concentración de oxígeno e incrementa los niveles de CO₂, el metabolismo celular disminuye y el empaquetado evita que el agua se pierda por la superficie foliar (Goszcynska y Rudnicki, 1983; Rudnicki *et al.*, 1986). El estrés provocado disminuye el potencial hídrico en el xilema de los tallos, lo cual acelera su hidratación cuando se colocan en el florero (Fanourakis *et al.*, 2013; De la Cruz *et al.*, 2014).

A pesar del estrés provocado a los tallos florales de rosa 'Polo' almacenados por 72 h a 23 °C, su vida de florero solo disminuye de 11.5 a 9.4 d comparado con los de 4 °C. Por ello, el almacenamiento seco a temperatura ambiente resulta una opción viable de manejo para los productores que no cuenten con cámaras frigoríficas, siempre que se evite la deshidratación foliar envolviendo los tallos con papel kraft y bolsas de polietileno negro. Los tallos de 33 cm absorben mayor cantidad de agua que los de 41 o 54 cm pero no tienen efecto en la vida de florero de rosa 'Polo'.

References

- Ahmad, I., Dole, J.M., Amjad, A. and Ahmad, S. 2012. Dry Storage Effects on Postharvest Performance of Selected Cut Flowers. *HortTechnology* 22(4): 463-469. <http://horttech.ashspublications.org/content/22/4/463.full.pdf+html>
- Avitia, G.E. 1996. Anatomía precigótica y postcigótica en relación al aborto de óvulos y semillas en *Spondias purpurea* L. (Tesis de doctorado). Estado de México: Colegio de Posgraduados.

- Cohen, G., Mascarini, L. and Xifreda, C.C. 2012. Anatomía y micromorfología de hojas y tallos de dos cultivares de *Rosa hybrida* L. para flor de corte. *FYTON: Revista Internacional de Botánica Experimental* 81: 199-204. <http://www.revistaphyton.fund-romuloraggio.org.ar/vol81/28-COHEN.pdf>
- Damunupola, J.W., Ratnayake, K., Joyce, D.C. and Irving, D.E. 2011. Characterisation of xylem conduits and their possible role in limiting the vase life of cut *Acacia holosericea* (Mimosaceae) foliage stems. *Functional Plant Biology* 38(7): 614-623. <http://www.publish.csiro.au/?paper=FP11068>
- De la Cruz, G.G., Arévalo, G.L. and Lao, A.T. 2014. Almacenamiento seco a temperatura ambiente de siete cultivares de *Rosa hybrida*. *VI Jornadas Ibéricas de Horticultura Ornamental* 68: 157-164.
- Díaz, G.M., Peña-Valdivia, V.C., Gutiérrez, E.J., Arévalo, G.L. and Gaytán, A.A. 2010. Curvatura geotrópica, daño en membranas celulares y tasa respiratoria en tallos florales de *Antirrhinum majus* L., cv. Potomac White Ivory, tratados con AOA y TIBA. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)* 27: 574-593. http://revfacagronluz.org.ve/PDF/octubre_diciembre2010/v27n4a20105.pdf
- Fanourakis, D., Pieruschka, R., Savvides, A., Macnish, A. J., Sarlikioti, V. and Woltering, E.J. 2013. Sources of vase life variation in cut roses: a review. *Postharvest Biology and Technology* 78: 1-15. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521412002670>
- Fanourakis, D., Carvalho, S.M.P., Almeida, D.P.F., van Kooten, O., van Doorn, W.G. and Heuvelink, E. 2012. Postharvest water relations in cut rose cultivars with contrasting sensitivity to high relative air humidity during growth. *Postharvest Biology and Technology* 64: 64-73. http://repositorio.ucp.pt/bitstream/10400.14/7473/3/02Carvalho%20SMP%202011_PBT%2064%2064_73.1.pdf
- Faragher, J.D., Mayak, S., Tirosh, T. and Halevy, A.H. 1984. Cold storage of rose flowers: Effects of cold storage and water loss on opening and vase life of 'mercedes' roses. *Scientia Horticulturae* 24: 369-378. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0304423884901225>
- Fisun, G.C. and Reid, S.M. 2002. Storage temperature affects the quality of cut flowers from asteraceae. *HortScience* 37(1): 148-150. <http://hortsci.ashspublications.org/content/37/1/148.full.pdf+html>
- Goszcynska, D. and Rudnicki, R.M. 1983. Long term cool storage of bud cut carnations. *Acta Horticulturae* 141: 203-212. http://www.actahort.org/members/showpdf?booknrarnr=141_27
- Ichimura, K. and Shimizuko-Yumoto, H. 2007. Extension of the vase life of cut roses by treatment with sucrose before and during simulated transport. *Bull Natl Inst Flor Sci* 7: 17-27. https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/naro-se/NIFS07-03.pdf
- Macnish, A.J., De Theije, D., Reid, M.S. and Jian, C.Z. 2009. An alternative postharvest handling strategy for cut flowers dry handling after harvest. *Acta Horticulturae* 847: 215-222. http://www.actahort.org/members/showpdf?booknrarnr=847_27
- Margrave, K.R., Kollb, K.J., Ewers, F.W. and Davies, S.D. 1994. Conduct diameter and drought-induce embolism in *Salvia mellifera* (Labiatae). *New Phytologist* 126: 695-705.
- Nijsse, J., van Der Heijden, G.W., van Ieperen, W., Keijzer, C.J. and van Meeteren, U. 2001. Xylem hydraulic conductivity related to conduit dimensions along chrisanthemum stems. *Journal of Experimental Botany* 52(35): 319-327. <http://jxb.oxfordjournals.org/content/52/355/319.full.pdf+html>
- Prásil, I. and Zámečník, J. 1998. The use of a conductivity measurement method for assessing freezing injury. I. Influence of leakage time, segment number, size and shape in a sample on evaluation of the degree of injury. *Environment Experimental Botany* 40: 1-10. https://www.researchgate.net/publication/237117939_The_use_of_a_conductivity_measurement_method_for_assessing_freezing_injury_I_Influence_of_leakage_time_segment_number_size_and_shape_in_a_sample_on_evaluation_of_the_degree_of_injury
- Reid, M.S. 2009. Postcosecha y Manejo de las Flores de Corte. Colombia: Ediciones HortiTecnia Ltda, 38 pp. <http://ucanr.edu/datastoreFiles/234-2624.pdf>
- Reid, M.S. and Jiang, C.Z. 2012. Postharvest biology and technology of cut flowers and potted plants. *Horticultural Reviews* 40: 1-53.
- Rezvanypour, S. and Osfoori, M. 2011. Effect of chemical treatments and sucrose on vase life of three cut rose cultivars. *Journal of Research in Agricultural Science* 7(2): 133-139. http://www.sid.ir/EN/VEWSSID/J_pdf/134020110203.pdf
- Rudnicki, R.M., Goszcynska, D. and Nowak, J. 1986. Storage of cut flowers. *Acta Horticulturae* 181: 285-296. http://www.actahort.org/members/showpdf?booknrarnr=181_36

- Sánchez-Urdaneta, A., Peña-Valdivia, C., Trejo, R.C., Aguirre, R., Cárdenas, E. and Galicia, A.J. 2003. Permeabilidad de las membranas radicales de plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre y domesticado bajo déficit de humedad. *Interciencia* 28(10): 597-603. <http://www.redalyc.org/pdf/339/33908507.pdf>
- Shahri, W., Tahir, I., Islam, S.T. and Bhat, M.A. 2011. Effect of dry and wet storage at cool temperatures on the postharvest performance of *Ranunculus asiaticus* L. flowers. *Frontiers of Agriculture in China* 5(3): 382-387. <http://academic.hep.com.cn/fag/CN/abstract/abstract1854.shtml>
- Spinarova, S. and Hendriks, L. 2005. Factors influencing acoustic emission profiles of cut roses. *Acta Horticulture* 669: 63-69. http://www.actahort.org/members/showpdf?booknrarnr=669_7
- Taiz, L. and Zeiger, E. 2010. Plant Physiology. Second edition. USA: Sinauer associates, inc, publishers 792 pp. <http://www.sinauer.com/media/wysiwyg/tocs/PlantPhysiology5.pdf>
- van Doorn, W.G. 2012. Water relations of cut flowers: An Update. *Horticultural Reviews* 40: 55-106. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118351871.ch2/pdf>
- van Meeteren, U., van Gelder, H. and van Ieperen, W. 1999. Reconsideration of the use of deionized water as vase water in post-harvest experiments on cut flowers. *Postharvest Biology and Technology* 17: 175-187. <http://directory.umm.ac.id/Data%20Elmu/jurnal/P/Postharvest%20Biology%20and%20Technology/Vol17.Issue3.Nov1999/16281.pdf>
- van Meeteren, U. and Arévalo-Galarza, L. 2009. Obstruction of water uptake in cut chrysanthemum stems after dry storage: role of wound-Induced Increase in enzyme activities and air emboli. *Acta Horticulturae* 847: 199-206. <http://edepot.wur.nl/54088>
- Walton, E.F., Boldingh, H.L., McLaren, G.F., Williams, M.H. and Jackman, R. 2010. The dynamics of starch and sugar utilisation in cut peony (*Paeonia lactiflora* Pall.) stems during storage and vase life. *Postharvest Biology and Technology* 58: 142-146. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521410001225>
- Willcox, D., Dove, B., McDavid, D. and Greer, D. 2002. UTHSCSA Image Tool for Windows ver. 3.0. USA: The University of Texas Health Science Center in San Antonio, 275 pp.

Cite this paper/Como citar este artículo: De la Cruz-Guzmán G.H., Arévalo-Galarza M.L., Peña-Valdivia C.B., Castillo-González A.M., Colinas-León M.T., Mandujano-Piña M. (2016). Influence of dry handling two temperatures and stem length in the vase life of rose 'Polo'. *Revista Bio Ciencias* 4(1): 27-39. <http://editorial.uan.edu.mx/BIOCIENCIAS/article/view/195/243>

