



Stem anatomy of alstroemeria cv. Rebeca and its relation whit the life in vase

Anatomía del tallo de alstroemeria cv. Rebecca y su relación con la vida de florero

De-La-Cruz-Guzmán, G. H.*; Rosas-Balderas, V. C.,
Arriaga-Frías, A., Mandujano-Piña M., Aguilar-Rodríguez S.

Unidad de Morfología y Función, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México., Av. de los Barrios Núm. 1, Los Reyes Iztacala, C. P. 54090, Tlalnepantla, Estado de México; México.

Cite this paper/Como citar este artículo: De-La-Cruz-Guzmán, G. H., Rosas-Balderas, V.C., Arriaga-Frías, A., Mandujano-Piña M., Aguilar-Rodríguez S. (2019). Stem anatomy of alstroemeria cv. Rebeca and its relation whit the life in vase. *Revista Bio Ciencias* 6 e568. doi: <https://doi.org/10.15741/revbio.06.e568>



ABSTRACT

A descriptive and quantitative analysis across the caulinar axis of alstroemeria cv. Rebecca was performed to identify a potential correlation between the water absorption rate and its vase life. To this aim, four treatments, each one containing three floral stems, were established. For anatomic analysis, stems were trimmed at 2, 20, 40 and 60 cm from the inflorescence. To evaluate the vase life, 20 floral stems were harvested and trimmed according to treatments, weighted, and subsequently transferred into vases (one floral stem per vase) containing 250 mL of Chrysal clear® solution. Vases containing floral stems were randomly distributed and kept under the following environmental conditions: Light of $10 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$, $20 \text{ }^\circ\text{C}$ and 45 % relative humidity. The alstroemeria vascular cylinder is classified as atactosteles, which was characterized by the

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: September 20th 2018.

Accepted/Aceptado: December 10th 2018.

Available on line/Publicado: March 21st 2019.

RESUMEN

En alstroemeria cv. Rebecca se evaluó la anatomía descriptiva y cuantitativa a diferentes distancias del eje caulinar, del ápice a la base, para relacionarla con la tasa de absorción y vida de florero. Doce tallos florales se cosecharon y separaron en cuatro tratamientos de tres tallos cada uno. Tomando como referencia la inflorescencia, los tallos de cada tratamiento se recortaron a 2, 20, 40 y 60 cm y en su base se tomaron muestras para el análisis anatómico. Para las evaluaciones en el florero, veinte tallos fueron cosechados y recortados según los tratamientos, se pesaron y se colocaron en floreros con 250 mL de solución Chrysal clear®, se distribuyeron al azar en un área con iluminación de $10 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a temperatura de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ y humedad relativa de 45 %. El cilindro vascular de alstroemeria es un atactosteles, los haces vasculares (hv) de mayor tamaño se ubicaron en el centro y los menores en la periferia. Los tallos recortados a 2 cm tuvieron mayor número de vasos y hv por mm^2 y por sección transversal. A los 20, 40 y 60 cm, el diámetro y área de los vasos fueron mayores. El

*Corresponding Author:

De-La-Cruz-Guzmán, G. H. Unidad de Morfología y Función, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. de los Barrios Núm. 1, Los Reyes Iztacala, C. P. 54090, Tlalnepantla, Estado de México; México. Phone: 01(55) 5623 1257. E-mail: delacruz.gumercindo@colpos.mx

presence of bigger vascular bundles located at the center of the cylinder and surrounded by smaller bundles. Floral stems trimmed at 2 cm showed more vessel elements and vascular bundles per mm² and by cross section. Floral stems trimmed at 20, 40 or 60 cm showed vessel elements with bigger area and diameter. The risk of cavitation occurrence is lower in zones close to the inflorescence, which promotes the water absorption rate leading to an increase in the fresh weight and in vase life. In contrast, in zones farther away from the inflorescence, vessel elements are more prone to experiment cavitation, which is why both water absorption rate and vase life are reduced.

KEY WORDS

Alstroemeria aurea Graham, vascular bundles, xylem area, vessel elements, absorption rate, floral button opening.

Introduction

In monocotyledons, vascular bundles maintain their individuality and they are distributed across the entire fundamental tissue of the stem. Vascular bundles can form one or two rings around the stem and leave a hole at the center (e.g., *Zinnia elegans* L.), or they can also be arranged in an isolated and dispersed form in the parenchyma (atactostele) (e.g., *Tulipa orphanidea*). Atactostele is the most common anatomical arrangement of the vascular bundles in monocotyledons. It has also been reported that atactostele significantly improves the water transport in monocotyledons when compared to dicotyledons whose vascular bundles are found oriented around to the medulla (Esau, 1985; Twumasi *et al.*, 2005; Alonso, 2011; Soykan & Meriç, 2012).

Different anatomical aspects of the stem, including the area of xylem per vascular bundle, number, and diameter of the vessel elements, could impact water flow, and perhaps vase life. For instance, in rose cv. "Polo", despite the significant difference in the number of vessel elements observed (*i.e.*, 242.6, 314.9 and 388.7 per mm²) across different sections of the stem (33, 41, and 54 cm from the floral button), no significant differences in the fresh weight or vase life were observed (De-La-Cruz-Guzmán *et al.*, 2016). In contrast, it has been demonstrated that vessel elements with a small diameter significantly increase the water flow and the

riesgo de cavitación es menor en las zonas cercanas a la inflorescencia, lo que promueve la tasa de absorción e incrementa el peso fresco y vida de florero. En las zonas más alejadas, los elementos de vaso son más susceptibles a la cavitación por lo que la tasa de absorción y la vida de florero disminuyen.

PALABRAS CLAVE

Alstroemeria aurea Graham, haces vasculares, área del xilema, elementos de vaso, tasa de absorción, apertura floral.

Introducción

En las monocotiledóneas, los haces vasculares mantienen su individualidad y se encuentran distribuidos en todo el tejido fundamental del tallo. Los haces vasculares pueden formar uno o dos anillos alrededor del tallo y dejar un hueco en el centro como en *Zinnia elegans* L., o disponerse en forma aislada y dispersa en el parénquima (atactostele), como en *Tulipa orphanidea* Boiss. ex Heldr. La disposición de los haces vasculares tipo atactostela es típico de monocotiledóneas, lo que mejora el transporte de agua comparado con las dicotiledóneas cuyos haces vasculares se encuentran orientados alrededor de la médula (Esau, 1985; Twumasi *et al.*, 2005; Alonso, 2011; Soykan & Meriç, 2012).

El área del xilema por haz vascular, el número y diámetro de los elementos de vaso, a lo largo del tallo floral pueden o no modificar el flujo hídrico, y en consecuencia, la vida de florero. Por ejemplo, en rosa 'Polo', el número de vasos por milímetro cuadrado fue de 242.6, 314.9 y 388.7 en tallos recortados a 33, 41 y 54 cm con respecto al botón floral, sin diferencias en el peso fresco o la vida de florero (De-La-Cruz-Guzmán *et al.*, 2016). En tallos de *Zinnia elegans*, los elementos de vaso tienen entre 60 y 65 µm de diámetro, los tallos florales con vasos de diámetros menores mejoraron su flujo hídrico e incrementaron 2 días más su vida en el florero, comparado con los que tuvieron vasos de diámetros mayores, ya que estos son menos resistentes al flujo de agua pero son más susceptibles a la cavitación (van Ieperen *et al.*, 2002; Twumasi *et al.*, 2005; van Doorn, 2012).

vase life. For example, shoots of *Zinnia elegans* have vessel elements with 60 and 65 μm of diameter, and showed a significant improvement in the water flow and an increase by two days in its vase life when comparing with shoots containing vessel elements with wider diameter. This difference has been explained by the fact that vessel elements with wider diameter are less resistant to water flow but more susceptible to cavitation (van Leperen *et al.*, 2002; Twumasi *et al.*, 2005; van Doorn, 2012).

In floral stems, the vase life is related to the fresh weight and the absorption rate, which occurs when stems are placed in water or preservative solutions such as Chrysal clear®, which improve water flow and provide energetic compounds for the elongation and opening of flower buds (van Meeteren *et al.*, 2001; Hernández-Fuentes *et al.*, 2006).

Hence, hydration and vase life depend, among other factors, on the preservative solution and/or the distribution of vascular bundles, number, diameter, and area of the vessel elements in different levels of the floral stem. Quantitatively describing and explaining these characters would allow to understand the relations between the anatomy of the floral stem and vase life. In alstroemeria cv. Rebecca there are not anatomical descriptions on different levels of the stem axis available. Therefore, the goal of this work was evaluate the descriptive and quantitative anatomy at 2, 20, 40 and 60 cm of the inflorescence of alstroemeria cv. Rebecca and relate it to the fresh weight, the absorption rate and vase life of floral stems trimmed at the same lengths.

Materials and Methods

Alstroemeria was propagated by rhizomes, which were purchased in San Gregorio Atzompa, Puebla, Mexico. For this study, alstroemeria rhizomes propagation was carried out from August to December 2016 in the greenhouse of the Unidad de Morfología y Función, from the Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Three-year-old plants with rhizomes were wrapped in kraft paper and dark plastic and then transported to the laboratory, where they were stored at 20 °C for 24 h. Subsequently, plants were unpacked, and the rhizomes were washed and submerged in 1 % tecto® 60 solution for 30 min. Planting was carried out on a 6 m long bench by 0.8 m of width and 0.3 m of depth filled with tezontle with granulometry ≤ 5 mm. 330 liters of water were uniformly added into the tezontle

En los tallos florales, la vida de florero se relaciona con el peso fresco y la tasa de absorción, que ocurre cuando los tallos se colocan en agua o soluciones preservantes como Chrysal clear®, que mejoran el flujo hídrico y aportan compuestos energéticos para la elongación y apertura de los botones florales (van Meeteren *et al.*, 2001; Hernández-Fuentes *et al.*, 2006).

Así, la hidratación y vida de florero dependen, entre otros factores, de la solución preservante o de la distribución de los haces vasculares, el número, diámetro y área de los elementos de vaso en distintos niveles del tallo floral. Describir y explicar en forma cuantitativa estos caracteres permitiría entender las relaciones entre la anatomía del tallo floral y la vida de florero. En alstroemeria cv. Rebecca no se han realizado descripciones anatómicas en distintos niveles del eje caulinar, por ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar la anatomía descriptiva y cuantitativa a 2, 20, 40 y 60 cm de la inflorescencia de alstroemeria cv. Rebecca y relacionarla con el peso fresco, la tasa de absorción y la vida en florero de tallos florales recortados a las mismas longitudes.

Materiales y Métodos

De agosto a diciembre de 2016, en el invernadero de la unidad de morfología y función de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala-UNAM se propagaron alstroemerias por rizomas comprados en San Gregorio Atzompa, Puebla, México. Las plantas, de 3 años, con sus rizomas se envolvieron en papel kraft y plástico negro y se transportaron al laboratorio donde se almacenaron por 24 h a 20 °C, se desempaquetaron, se lavaron los rizomas y se sumergieron por 30 min en una solución de tecto® 60 al 1 %. La siembra se realizó en un bancal de 6 m de largo por 0.8 m de ancho y 0.3 m de profundidad lleno de tezontle, con granulometría ≤ 5 mm. Para llevarlo a 100 % de humedad, equivalente a 30 cbar de tensión, se agregaron de manera uniforme 330 L de agua. Durante el cultivo, cuando el tensiómetro indicó 56 cbar, equivalentes a 80 % de humedad, se aplicó de manera uniforme solución universal Steiner (Steiner, 1961). El pH y la conductividad eléctrica de la solución fueron de 6.1 y 2.0 dSm^{-1} respectivamente. En ninguna de las fases fenológicas de alstroemeria se observaron síntomas de desórdenes nutrimentales, incidencia de plagas o enfermedades.

bench to reach 100 % humidity, equivalent to 30 cbar. During cultivation the humidity was adjusted to 100 % by the addition of Steiner solution, a universal nutrient solution (Steiner, 1961), when the tensiometer indicated 56 cbar, equivalent to 80 % humidity. pH and electrical conductivity of the solution were 6.1 and 2.0 dSm⁻¹, respectively. No symptoms of nutritional disorders (nutrient deficiency and/or toxicity), neither incidence of pest or diseases were observed in any of the phenological phases of alstroemeria.

In the flowering phase, twelve stems with dehiscent buttons at their apex were harvested and separated to form four treatments, each one containing three biological replicates. Treatments consisted in floral stems trimmed at four levels from the inflorescence: 2, 20, 40 and 60 cm. Small pieces of 0.5 cm were obtained from the base of each level stem and fixed in FAA (10 % formaldehyde; 5 % acetic acid; 50 % ethanol; 35 % distilled water) for one week. Subsequently, these sections were washed in water and sequentially dehydrated in 30 to 100 % ethanol, followed by treatment with 100 % xylene. Upon dehydration, small pieces were embedded in liquid paraffin. Semi-thin sections (20 µm) were prepared using a rotation microtome model Leica RM2125 RTS and subsequently stained with safranin "O" and green fast FCF (Ruzin, 1999).

To evaluate vase life, twenty alstroemeria stems, each one containing three dehiscent buttons at the apex, were harvested from the experimental system described in the previous section, and immediately transported to the laboratory. Stems were trimmed 2, 20, 40 and 60 cm from the inflorescence, and four treatments, each one containing 5 biological replicates, were established. Seven leaves located at the basal part were removed from the stems belonging to the treatments 20, 40 and 60 cm only. Stems from all treatments were individually weighed. Subsequently, stems belonging to the 2 cm treatment were transferred into vases containing 50 mL of 10 % Chrysal clear® solution, whereas stems belonging to the 20, 40 and 60 cm treatment were transferred into vases containing 250 mL of the same preserving solution. Vases containing stem of each treatment were randomly distributed in an area of the laboratory with 10 µmoles m⁻² s⁻¹ light, 20 ± 3 °C, 45 ± 7.5 % relative humidity, and photoperiod of 12 h. 10 % Chrysal clear® solution was replaced every 5 days, and at the same time, each stem was trimmed 1.0 cm at its basal part.

En la fase de floración, doce tallos con botones dehiscentes en su ápice se cosecharon y se separaron para formar cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno. Los tratamientos consistieron en tallos florales recortados a cuatro longitudes (2, 20, 40 y 60 cm) con respecto a la inflorescencia. En la base de cada tallo se obtuvieron muestras de 0.5 cm para fijarlas en FAA (formaldehído, 10 %; ácido acético, 5 %; alcohol absoluto, 50 %; agua destilada, 35 %). Después de una semana, las muestras fueron lavadas con agua y deshidratadas con etanol en concentraciones graduales de 30 a 100 %, se aclararon con xilol 100 % y se incluyeron en parafina líquida contenida en moldes con forma cúbica. Una vez solidificada la parafina, con las muestras de tallo incluidas, con un micrótopo de rotación marca Leica modelo RM2125 RTS se obtuvieron cortes transversales de 20 µm de grosor, se montaron en portaobjetos y se tiñeron con safranina "O" y verde rápido FCF, para fijar los cortes transversales y obtener las laminillas se utilizó resina sintética (Ruzin, 1999).

Para las evaluaciones en el florero, del cultivo de alstroemerias se seleccionaron veinte tallos con tres botones dehiscentes en el ápice que fueron cosechados y transportados al laboratorio, donde se recortaron a 2, 20, 40 y 60 cm de la inflorescencia para formar cuatro tratamientos con cinco repeticiones. Los tallos de los tratamientos 20, 40 y 60 cm se les eliminaron siete hojas en la parte basal. Los tallos de todos los tratamientos se pesaron individualmente y se colocaron, los de 2 cm en floreros con 50 mL de solución Chrysal clear® al 10 %, los de 20, 40 y 60 cm en 250 mL de la misma solución. Los floreros se distribuyeron al azar en un área del laboratorio con iluminación de 10 µmoles m⁻² s⁻¹, temperatura de 20 ± 3 °C, humedad relativa de 45 ± 7.5 % y fotoperiodo de 12 h. La solución Chrysal clear® al 10 % fue restituida cada 5 días, a la vez que los tallos se les realizó un recorte de 1.0 cm en su parte basal.

Evaluaciones

Anatomía descriptiva y cuantitativa. Para la descripción anatómica, en los cortes transversales de cada tratamiento se ubicó la epidermis y por debajo de ella se delimitaron cuatro zonas identificadas como Z1, Z2, Z3 y Z4. Para el análisis cuantitativo se eligieron los mejores cortes transversales de cada repetición por tratamiento, se dividieron de manera radial en ocho

Assessments

Descriptive and quantitative anatomy. For anatomical description, the epidermis was located in each cross-section, and four zones, Z1, Z2, Z3, and Z4, were established. For quantitative analysis, cross-sections of each replicate and treatment were analyzed; each cross section was radially divided into eight equal parts, and finally, two opposite quadrants of 1 mm² were selected. In each quadrant, the following parameters were evaluated: a) number of vascular bundles per mm² and per stem cross-section, b) vascular bundles area, c) xylem area, d) number and area of the vessels, e) vulnerability index: $VI = \frac{VD}{VF}$. Where: VD, is the vessel diameter; VF, is vessel frequency (Hacke *et al.*, 2001), e) radial and tangential diameter of the vessels. Number and area of the vascular bundles were obtained with a bright-field microscope by using the 10X objective, whereas the diameter and area of the vessel elements were evaluated with the 40X objective. The diameters and areas were calculated with the NIS Elements program, Basic Research for Windows®.

In the vase. Fresh weight (FW) and solution absorption rate (SAR). Fresh weight of each flower stem, as well as the weight of the preserving solution contained in the vase (in the absence of floral stems) was daily recorded by using a digital balance (Velab® ES-1000H, with 0.01 g of accuracy). Percentage of FW and SAR was expressed in mL g⁻¹ d⁻¹ (Rezvanypour & Osfoori, 2011).

Floral buttons Length. Length of the floral buttons, measured from the base to the apex, was daily evaluated with a digital vernier brand Scala® with 0.01 mm precision.

Floral diameter and vase life (VL). When the buttons were dehiscent in the apex, the floral diameter was daily recorded with the same vernier, measuring the top diameter of each floral button. The VL was determined by counting the number of days that the stems remained in the vase without showing symptoms of senescence (*i.e.*, wilting), falling petals, leaves or foliage yellowing. The VL assessment concluded when in the floral peduncle, half plus a floral button showed symptoms of senescence.

Statistical analysis. Results were processed with descriptive statistics, including One-Way Analysis of Variance, and comparison tests (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). SAS® v. 9.0 Software for Windows was used for all statistical analyses.

partes iguales y se seleccionaron dos cuadrantes opuestos de 1 mm² cada uno. En cada cuadrante se evaluó: a) número de haces vasculares por mm² y por sección transversal del tallo, b) área de los haces vasculares, c) área del xilema, d) número y área de los vasos, e) índice de vulnerabilidad: $VI = \frac{VD}{VF}$. Dónde: VD, diámetro de vasos; VF, frecuencia de vasos (Hacke *et al.*, 2001), e) diámetro radial y tangencial de los vasos. El número y área de los haces vasculares se obtuvieron con el objetivo 10X, el diámetro y área de los elementos de vaso se evaluaron con el de 40X. Los diámetros y áreas se calcularon con el programa NIS Elements, Basic Research para Windows®.

En el florero. Peso fresco (FW) y tasa de absorción de la solución (SAR). Con balanza digital (Velab® ES-1000H, con 0.01 g de precisión) se registró diariamente el peso fresco de los tallos florales y el de la solución del florero sin el tallo floral. Se calculó el FW en porcentaje y la SAR en mL g⁻¹ d⁻¹ (Rezvanypour & Osfoori, 2011).

Longitud de los botones florales. Diariamente se registró la longitud de los botones florales, midiendo desde la base hasta el ápice, con vernier digital marca Scala® con precisión de 0.01 mm.

Diámetro floral y vida de florero (VL). Cuando los botones fueron dehiscentes en el ápice, se registró, diariamente, el diámetro floral con el mismo vernier, midiendo el diámetro superior de cada botón floral. La VL se determinó contando el número de días que los tallos permanecieron en el florero sin mostrar síntomas de senescencia como marchitez, caída de pétalos, de hojas o amarillamiento del follaje. La VL concluyó cuando en el pedúnculo floral, la mitad más un botón floral mostraron síntomas de senescencia.

Análisis estadístico. Los resultados fueron procesados con estadística descriptiva, análisis de varianza de un factor y pruebas de comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). El software SAS® v. 9.0 para Windows fue utilizado para el análisis.

Resultados y Discusión

Anatomía descriptiva. En sección transversal, los tallos de *Alstroemeria* tienen contorno circular con diámetros de 1.5 en las zonas cercanas a la inflorescencia y de

Results and Discussion

Descriptive anatomy. In cross section, stems of *Alstroemeria* showed a circular contour with diameters of 1.5 cm in the areas near the inflorescence and 2.0 cm in the furthest. At 2 cm from the inflorescence, a simple epidermis formed by round cells covered by a thin cuticle was observed. In the interior of the stem axis, eight strata of parenchyma and isolated vascular bundles formed the Z1. Z2 was defined by a continuous band of smaller cells with slightly thickened cell walls. Z3 contained scattered vascular bundles, whose diameters were on average by 16.73 μm . Finally, the Z4 was located at the central part of the stem and was exclusively formed by parenchymal tissue (Figure 1A and 1B). As the distance increases, with respect to the inflorescence, epidermal cells remained with no visual changes.

2.0 cm en las más alejadas. A 2 cm de la inflorescencia, se distingue una epidermis simple formada por células redondeadas cubiertas por una cutícula delgada. En el interior del eje caulinar la Z1 está formada por ocho estratos de parénquima y haces vasculares aislados; la Z2 se define por una banda continua de células de menor tamaño con paredes ligeramente engrosadas; en la Z3 se encuentran dispersos la mayoría de los haces vasculares, sus diámetros tienen un valor promedio de 16.73 μm ; la Z4 corresponde a la parte central del tallo, formada exclusivamente por tejido parenquimático (Figura 1A y 1B). Conforme aumenta la distancia, con respecto a la inflorescencia, las células de la epidermis se mantienen sin cambios.

A partir de los 20 y hasta los 60 cm, en el eje caulinar, la Z1 tiene células ligeramente aplanadas y sus estratos

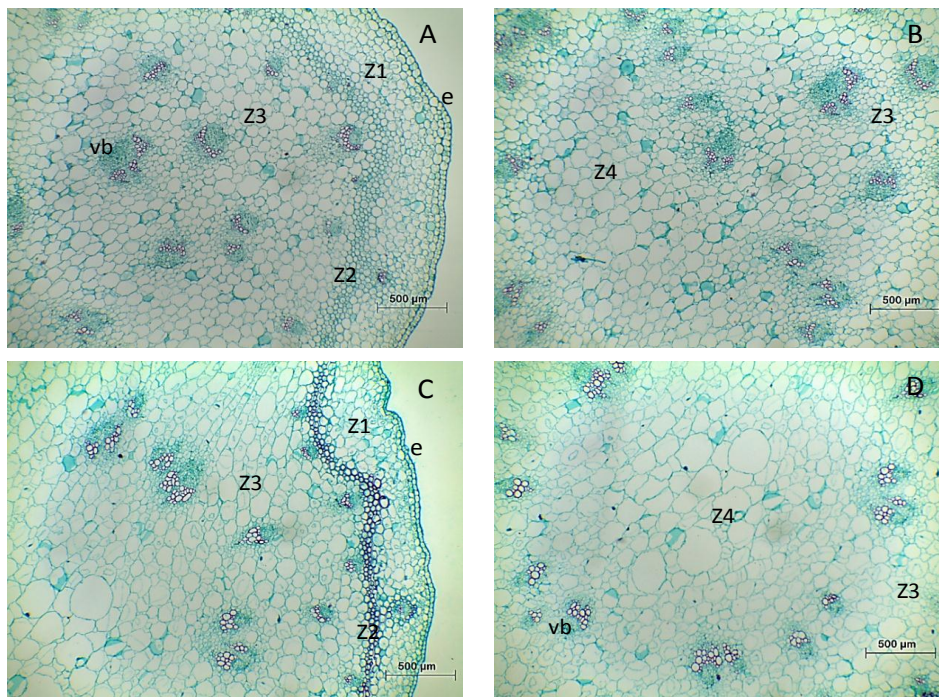


Figure 1. Transversal views on two levels of the floral stem, with respect to the inflorescence, of *Alstroemeria* cv. Rebecca. A, B. 2 cm from the inflorescence; C, D. 20 cm from the inflorescence. Z, zone; e, epidermis; vb, vascular bundles.

Figura 1. Cortes transversales en dos niveles del tallo floral, con respecto a la inflorescencia, de *Alstroemeria* cv. Rebecca. A y B, 2 cm; C y D, 20 cm. Z, zona; e, epidermis; vb, haces vasculares.

From 20 to 60 cm, on the stem axis, the Z1 showed slightly flattened cells and its parenchyma strata decreased up to six, the vascular bundles were scarcer in the basipetal orientation. Z2 showed cells that began to be lignified, until forming sclerenchyma tissue that was evident at 20 cm. This tissue formed a continuous ring that was formed by three to four layers of cells that surround numerous vascular bundles. In Z3, the vascular bundles (vb) decreased in number, but they were abundant in the basipetal orientation. At 20, 40 and 60 cm, the parenchyma cells present in the Z4 were getting bigger towards the center, but spaces, developed by a separation of cell walls, were observed. These spaces were not observed at 2 cm (Figure 1; Figure 2).

Anatomical studies on monocot flower stems show certain differences. For example, in *Zinnia elegans* the vascular bundles are located around the medulla, while in *Tulipa orphanidea* the vascular bundles are embedded into it (Twumasi *et al.*, 2005; Soykan & Meriç, 2012). In

del parénquima disminuyen a seis, los haces vasculares se muestran más escasos en sentido basípeto. En la Z2 las células se van lignificando, hasta formar tejido esclerenquimático que se evidencia a los 20 cm. Este tejido forma un anillo continuo de tres a cuatro capas de células que rodean a numerosos haces vasculares. En la Z3 los haces vasculares (vb) van disminuyendo en número, pero tienen mayor área en sentido basipétalo. A 20, 40 y 60 cm, las células del parénquima de la Z4 aumentan su tamaño hacia el centro y se observan espacios que se generan por la separación de las paredes celulares. Estos espacios no se observan a 2 cm (Figura 1; Figura 2).

Estudios anatómicos en tallos florales de monocotiledóneas muestran ciertas diferencias. Por ejemplo, en *Zinnia elegans* los haces vasculares se ubican alrededor de la médula mientras que en *Tulipa orphanidea* están embebidos en ella (Twumasi *et al.*, 2005; Soykan & Meriç, 2012). En *Alstroemeria*

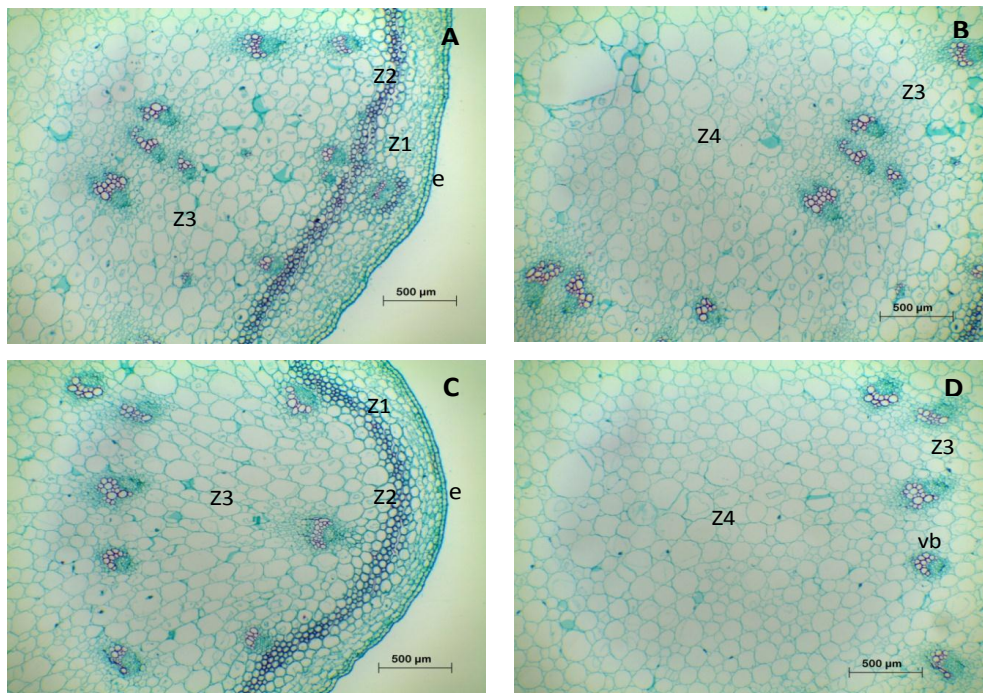


Figure 2. Transversal views at two levels of the floral stem, with respect to the inflorescence, of *Alstroemeria* cv. Rebecca. A, B. 40 cm from the inflorescence; C, D. 60 cm from the inflorescence. Z, zone; e, epidermis; vb, vascular bundles.

Figura 2. Cortes transversales en dos niveles del tallo floral, con respecto a la inflorescencia, de *Alstroemeria* cv. Rebecca. A y B, 40 cm; C y D, 60 cm. Z, zona; e, epidermis; vb, haces vasculares.

alstroemeria cv. Rebecca, the distribution of vascular bundles was similar to *T. orphanidea*, and in accordance with the general pattern described for monocotyledons, particularly with the arrangement of the vascular cylinder anatomy, which is atactostele.

Quantitative anatomy: Number and area of the vascular bundles, area of the xylem. At 2 cm from the inflorescence, the number of vascular bundles per mm² or per section cross-section of the stem was 6.3 and 80.6, both values represented almost double than those observed at 20, 40 or 60 cm. In the opposite direction, the areas of the vascular bundles and xylem, by vascular bundle, were greater than 20, 40 or 60 cm (Table 1).

Floral stems of *Zinnia elegans* and *Tulipa orphanidea* have on average 24 and 47 vascular bundles by cross section (Twumasi *et al.*, 2005; Soykan & Meriç, 2012), somewhat similar was observed in alstroemeria stems trimmed at 20, 40 or 60 cm. It is worthy to mention that in those studies on *Z. elegans* and *T. orphanidea* it was not specified how and at what level the counting was performed. This type of information is crucial because the variation in the number of vessel elements, at different levels of the stem axis, could help explain the differences in absorption rate of the solution and its relation with life in the vase. For example, stems of alstroemeria cv. Rebecca trimmed at 2 cm have the largest number of vascular bundles, minor area of the xylem and

cv. Rebecca, la distribución de los haces vasculares es similar que *T. orphanidea* y acorde con el patrón general descrito para las monocotiledóneas, es decir, con arreglo del cilindro vascular tipo atactostele.

Anatomía cuantitativa: Número y área de los haces vasculares, área del xilema. A 2 cm de la inflorescencia el número de haces vasculares por mm² o por sección transversal del tallo fue de 6.3 y 80.6, ambos valores representan casi el doble de los que se observaron a 20, 40 o 60 cm. En sentido opuesto, las áreas de los haces vasculares y del xilema, por haz vascular, fueron mayores a 20, 40 o 60 cm (Tabla 1).

Tallos florales de *Zinnia elegans* y *Tulipa orphanidea* tienen en promedio 24 y 47 haces vasculares por sección transversal (Twumasi *et al.*, 2005; Soykan & Meriç, 2012), la mitad y similar número que los de alstroemeria recortados a 20, 40 o 60 cm de longitud. Cabe resaltar que en estas especies no se especifica a qué nivel se realizaron los conteos, lo cual resultaría importante porque la variación del número de vasos, en distintos niveles del eje caulinar, podría explicar las diferencias en la tasa de absorción de la solución y su relación con la vida de florero. Por ejemplo, los tallos de alstroemeria cv. Rebecca recortados a 2 cm tienen mayor número de haces vasculares, menor área del xilema y vasos con diámetros menores comparado con los de 20, 40 o

Table 1.
Vascular bundles and xylem area, in transversal views, of floral stems of alstroemeria cv. Rebecca trimmed to 2, 20, 40 and 60 cm with respect to the inflorescence.

Tabla 1.
Haces vasculares y área del xilema, evaluados en cortes transversales, de tallos florales de alstroemeria cv. Rebecca recortados a 2, 20, 40 y 60 cm con respecto a la inflorescencia.

Floral stem length (cm)	Number of vascular bundles		Area (µm ²)	
	mm ²	Stem cross section	Vascular bundles	Xylem
2	6.33 a ^z	80.6 a	28161 b	5990.3 b
20	3.33 b	46 b	39556 a	9722.7 a
40	3.50 b	43 b	37962 a	8470.4 a
60	3.17 b	46 b	37200 ab	8603.9 a
DHS	1.69	13.99	9419.2	2130.8
CV (%)	25.31	14.35	31.57	31.26

^zThe means followed by different letters, in each column, indicate significant differences (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). DHS, difference honest significant; CV, coefficient of variation. Each data is the average of six quadrants.

^zLetras diferentes en cada columna indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Cada dato representa el promedio de seis cuadrantes. DHS, diferencia honesta significativa; CV, coeficiente de variación.

vessel elements with smaller diameters compared to stems trimmed at 20, 40 or 60 cm, which have fewer vascular bundles and vessel elements with larger diameters. In stems trimmed at 2 cm, these anatomical characteristics promoted the rate of absorption towards the floral buttons, since small vessel elements have more resistance to water flow, but are less susceptible to cavitation, when comparing with vessel elements with larger diameter, which offer less resistance to flow, but are more susceptible to cavitation (Cohen *et al.*, 2012).

Number and area of vessels, vulnerability index (VI). At 2 cm from the inflorescence, the number of vessel elements was higher, but with significantly smaller areas when comparing to stems trimmed at 20, 40 or 60 cm, in which the number of vessel elements ranged between 36.8 and 51.6 with an average area of 26.7 μm^2 , respectively. The VI radial or tangential was smaller than 1, without taking into consideration the length of the floral stem (Table 2).

The number of vessel elements can be different among cultivars or even in the same floral stem. For instance, floral stems of the rose cultivars 'Lovely Red' and 'Rouge Baiser' have 267 and 308 vessel elements per mm^2 , respectively, while in rose cv. 'Polo' the number of vessel elements is 243, 315 or 389, depending on whether they are located at 33, 41 or 54 cm in length with respect to the floral button. This evidence indicates that

60 cm que tienen menor número de haces vasculares y vasos con diámetros mayores. En los tallos a 2 cm, esta situación promovió la tasa de absorción hacia los botones florales, ya que vasos pequeños tienen más resistencia al flujo hídrico, pero son menos susceptibles a la cavitación, comparado con los de diámetro mayor que ofrecen menor resistencia al flujo, pero son más susceptibles de cavitación (Cohen *et al.*, 2012).

Número y área de vasos, índice de vulnerabilidad (VI). A 2 cm de la inflorescencia, el número de vasos fue mayor, pero con áreas significativamente menores que a los 20, 40 o 60 cm, donde el número de vasos osciló entre 36.8 y 51.6 con área promedio de 26.7 μm^2 . El VI radial o tangencial fue menor que 1, sin importar la longitud del tallo floral (Tabla 2).

Dentro de cultivares o en el mismo tallo floral, el número de vasos puede ser diferente, por ejemplo, tallos florales de rosa 'Lovely Red' y 'Rouge Baiser' tienen 267 y 308 vasos por mm^2 , mientras que en rosa 'Polo' el número de vasos es de 243, 315 o 389, dependiendo si se ubican a 33, 41 o 54 cm de longitud con respecto al botón floral, es decir, los elementos de vaso se incrementan en dirección basipétala (Cohen *et al.*, 2012; De-La-Cruz-Guzmán *et al.*, 2016).

Tallos florales de alstroemeria cv. Rebecca recortados a 2 cm de la inflorescencia triplican su número de vasos

Table 2.
Number and area of vessels and radial or tangential vulnerability index, in transversal views, of floral stems of alstroemeria cv. Rebecca trimmed to 2, 20, 40 and 60 cm with respect to the inflorescence.

Tabla 2.
Número y área de vasos e índice de vulnerabilidad radial o tangencial, evaluados en cortes transversales, de tallos florales de alstroemeria cv. Rebecca recortados a 2, 20, 40 y 60 cm con respecto a la inflorescencia.

Floral stem Length (cm)	Number of vessels per mm^2	Vessels area (μm^2)	radial VI	tangential VI
2	134.1 a ²	15.11 c	0.13 d	0.11 d
20	51.6 b	27.37 a	0.56 c	0.59 c
40	36.8 b	27.03 ab	0.77 a	0.82 a
60	40.3 b	25.61 ab	0.68 b	0.72 b
DHS	29.42	1.58	0.03	0.04
CV (%)	26.22	39.19	44.06	46.39

²The means followed by different letters, in each column, indicate significant differences (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). VI, vulnerability index; DHS, difference honest significant; CV, coefficient of variation. Each data is the average of six quadrants.

²Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha \leq 0.05$) cada dato es el promedio de seis cuadrantes. VI, índice de vulnerabilidad; DHS, diferencia honesta significativa; CV, coeficiente de variación.

the vessel elements increase in the basipetal orientation (Cohen *et al.*, 2012; De-la-Cruz-Guzmán *et al.*, 2016).

Floral stems of alstroemeria cv. Rebecca trimmed at 2 cm from the inflorescence tripled their number of vessel elements when comparing to those counted in stems trimmed at 20, 40 or 60 cm, which did not show any significant differences among them. In accordance, it has been reported that water conductivity is significantly improved when stems contain a higher number of vessel elements in small areas, which contribute to being less susceptible to cavitation (Hargrave *et al.*, 1994).

It has been observed that the area containing vessel elements is usually smaller when it is closer to the flower bud. For instance, in floral stems from rose cv. 'Polo' with 25, 35 or 50 cm in length, the area of the vessel elements was 4.4, 12.4 and 12.5 μm^2 , respectively (Arriaga-Frías *et al.*, 2016). A similar pattern was observed in alstroemeria cv. Rebecca, particularly in floral stems with 2 cm of length, which show a small area containing vessel elements.

Vulnerability index (VI) values greater than 1.0 indicate that cultivars are vulnerable or slightly resistant to water stress, while values smaller than 1.0 indicate that the stems were stressed and are resistant to embolism (Carlquist, 1977; Hacke *et al.*, 2001). In this study, the VI radial or tangential of alstroemeria cv. Rebecca was less than 1.0, which would indicate that floral stems experimented water stress during its cultivation. However, substrate moisture remained $\geq 80\%$, therefore, different values of VI were attributed to anatomical variations in the stem and not due to a period of stress in the substrate. A similar response, but without specifying the growth conditions, was observed in stems of rose cv. 'Polo' trimmed at 25, 35 and 50 cm from the floral button, whose VI values were of 0.14, 0.83 and 1.24, respectively (Arriaga-Frías *et al.*, 2016). In alstroemeria and in rose cv. 'Polo', the IV increases in the basipetal orientation, which indicates that the resistance to embolism is greater in places near the flower bud.

Radial and tangential diameter of the vessel elements.

At 2 cm from the inflorescence, the radial or tangential diameter of the vessel elements varied from 2.5 to 45 μm ; the highest frequency (80 %) was between 7.6 and 27.5 μm respectively. In the stems with 20, 40 or 60 cm, the radial or tangential diameter fluctuated from 5 to 74 μm , the highest frequency (80 %) of vessel elements, was located between 12.1 and 46.0 μm . The radial or tangential diameters were similar in the four levels of the floral stem (Figure 3).

On rose floral stems trimmed at 33, 41 or 54 cm from the floral bud, the radial or tangential diameters of the

comparado con los de 20, 40 o 60 cm que no tuvieron diferencias entre sí. Mayor número de vasos con áreas pequeñas mejoran la conductividad hídrica ya que son menos susceptibles a la cavitación (Hargrave *et al.*, 1994).

El área de los vasos es menor cuando más cerca se ubiquen del botón floral. En tallos florales de rosa 'Polo' con 25, 35 o 50 cm de longitud, el área de los vasos es de 4.4, 12.4 y 12.5 μm^2 , respectivamente (Arriaga-Frías *et al.*, 2016). Este patrón es similar en alstroemeria cv. Rebecca, ya que, en los tallos florales con 2 cm de longitud, el área de los vasos fue menor.

Valores de índice de vulnerabilidad (VI) superiores a 1.0, indican que los cultivares son vulnerables o poco resistentes al estrés hídrico, mientras que valores menores que 1.0 indican que los tallos estuvieron estresados y son resistentes al embolismo (Carlquist, 1977; Hacke *et al.*, 2001). En este caso, el VI radial o tangencial de alstroemeria cv. Rebecca fue menor que 1.0, lo cual indicaría que hubo estrés hídrico durante su cultivo. Sin embargo, la humedad del sustrato se mantuvo $\geq 80\%$, por lo cual, los valores diferentes de VI fueron atribuidos a las fluctuaciones anatómicas en el tallo y no a un periodo de estrés en el sustrato. Respuesta similar, pero sin especificar las condiciones de crecimiento, fueron observadas en tallos de rosa 'Polo' recortados a 25, 35 y 50 cm del botón floral, cuyos valores de VI fueron de 0.14, 0.83 y 1.24 respectivamente (Arriaga-Frías *et al.*, 2016). En alstroemeria y en rosa 'Polo', el VI se incrementa en dirección basipétala, lo cual indica que la resistencia al embolismo es mayor en sitios cercanos al botón floral.

Diámetro radial y tangencial de los elementos de vaso.

A 2 cm de la inflorescencia, el diámetro radial o tangencial de los elementos de vaso varió de 2.5 a 45 μm ; la frecuencia mayor (80 %) se ubicó entre 7.6 y 27.5 μm respectivamente. En los tallos con 20, 40 o 60 cm, el diámetro radial o tangencial fluctuó de 5 a 74 μm , la frecuencia mayor (80 %) de los elementos de vaso, se ubicó entre 12.1 y 46.0 μm . Los diámetros radiales o tangenciales fueron similares en los cuatro niveles del tallo floral (Figura 3).

En tallos florales de rosa 'Polo' recortados a 33, 41 o 54 cm del botón floral, los diámetros radiales o tangenciales de los elementos de vaso fluctuaron de 40 a 220 y de 60 a 300 μm , la distribución mayor (60 %),

vessel elements fluctuated from 40 to 220 and from 60 to 300 μm , the bigger distribution (60 %) ranged from 60 to 120 and from 100 to 180 μm , respectively (De-la-Cruz-Guzmán *et al.*, 2016). Regardless of its location in the floral stem, the vessel elements of alstroemeria cv. Rebecca had smaller diameters compared to those of rose cv. 'Polo'. It has been reported that vessel elements with diameters greater than 75 μm are more susceptible to embolism during periods of stress water (Hargrave *et al.*, 1994; Nijse *et al.*, 2000). In accordance, the water conductivity is likely more efficient in alstroemeria cv. Rebecca than in rose cv. 'Polo'.

Fresh weight (FW). On the second day of incubation in vase conditions, fresh weight increased 9, 12, 16 and 22 % in the floral stems trimmed at 60, 40, 20 or 2 cm with respect to the inflorescence, respectively. Until day 4, stems trimmed at 2 cm kept their fresh weight

varió de 60 a 120 y de 100 a 180 μm respectivamente (De-la-Cruz-Guzmán *et al.*, 2016). Sin importar su ubicación en el tallo floral, los elementos de vaso de alstroemeria cv. Rebecca tuvieron diámetros más pequeños comparados con los de rosa 'Polo'. Vasos con diámetros mayores de 75 μm son más susceptibles de presentar embolismo durante periodos de estrés hídrico (Hargrave *et al.*, 1994; Nijse *et al.*, 2000). Por esta razón, en alstroemeria cv. Rebecca, la conductividad hídrica teórica es más eficiente que rosa 'Polo'.

Peso fresco (FW). En el segundo día de permanencia en el florero, el peso fresco se incrementó 9, 12, 16 y 22 % en los tallos florales recortados a 60, 40, 20 o 2 cm con respecto a la inflorescencia. Hasta el día 4, los tallos recortados a 2 cm mantuvieron su peso fresco mayor. Después del séptimo día, el FW fluctuó de 94 a 99 % (Figura 4).

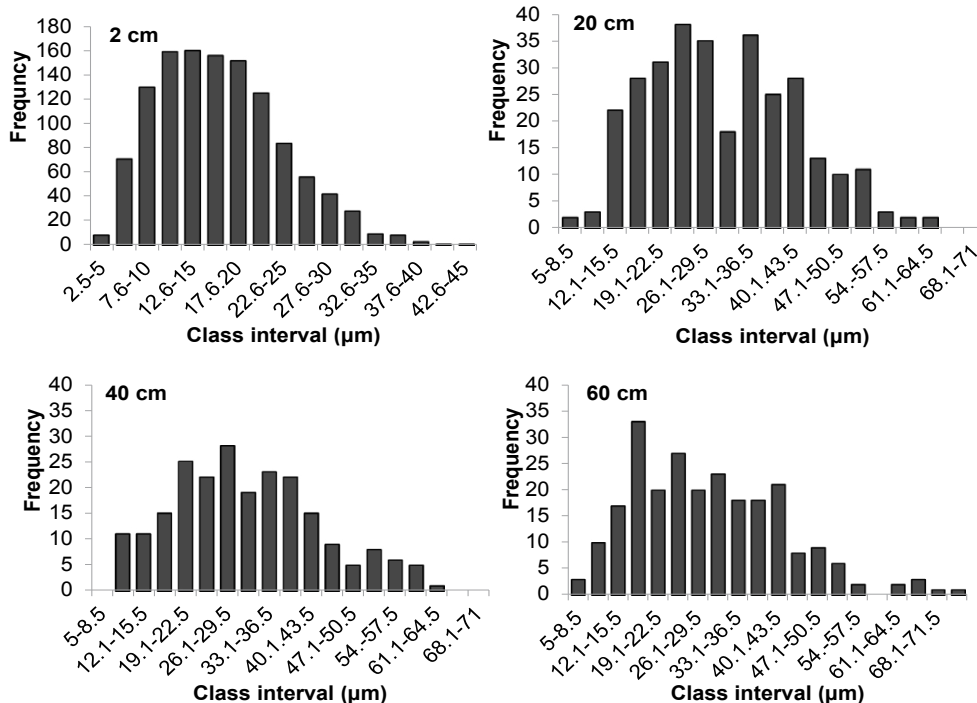


Figure 3. Radial or tangential diameters of vessel elements, in transversal views, of floral stems of alstroemeria cv. Rebecca trimmed to 2, 20, 40 and 60 cm with respect to the inflorescence.

Figura 3. Diámetros radiales o tangenciales de los elementos de vaso, evaluados en cortes transversales, de tallos florales de alstroemeria cv. Rebecca recortados a 2, 20, 40 y 60 cm con respecto a la inflorescencia.

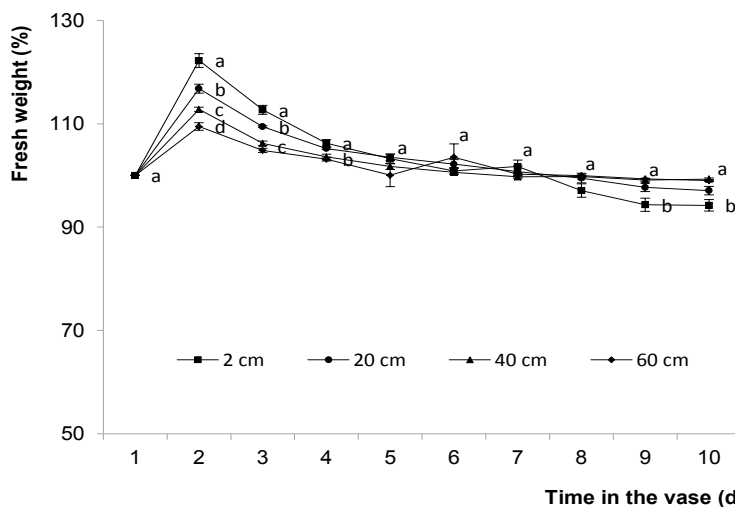


Figure 4. Fresh weight in floral stems of alstroemeria cv. Rebecca trimmed to 2, 20, 40 or 60 cm with respect to the inflorescence. Each data is the average of five repetitions \pm standard error. Different letters in each evaluation time indicate significant differences (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

Figura 4. Peso fresco en tallos florales de alstroemeria cv. Rebecca recortados a 2, 20, 40 o 60 cm con respecto a la inflorescencia. Cada dato es el promedio de 5 repeticiones \pm error estándar. Letras diferentes en cada tiempo de evaluación indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

higher. After the seventh day, the FW fluctuated from 94 to 99 % (Figure 4).

It has been reported that stem fresh weight varies across the life in the vase, at the beginning it increases following by a decrease in the latest stages. Additionally, it has been observed that those stems able to constantly keep for longer periods of time, have a longer life in the vase (Ichimura & Shimizu-Yumoto, 2007; Lü *et al.*, 2010). Fresh weight is related to the hydration of the flower stems and it is important because the metabolic processes that provide energy to the petals perform better when hydration is optimal (van Meeteren & van Gelder, 1999; Taiz & Zeiger, 2010). Stems of alstroemeria cv. Rebecca, trimmed at 2 cm from the inflorescence, maintained by 4 d greater fresh weight with respect to those stems trimmed at 20, 40, or 60 cm, because the 2 cm had a greater number of vessel elements with smaller diameters, which contribute to the water flow, being less prone to cavitation. In contrast, the number of vessel elements decreased and its diameter increased in stems trimmed at 20 cm, which made the conduction system prone to cavitation and less efficient in the flow of water. Recently, it has been reported a relationship between the number and diameter of the vessel elements with the water flow associated with fresh weight and vase

Cuando se colocan en el florero, los tallos incrementan su peso fresco y luego lo disminuyen de forma significativa, aquellos que lo mantienen por más tiempo, lograrán una vida mayor (Ichimura & Shimizu-Yumoto, 2007; Lü *et al.*, 2010). El peso fresco está relacionado con la hidratación de los tallos florales y resulta importante porque los procesos metabólicos que aportan energía a los pétalos se desarrollan mejor cuando la hidratación es mayor (van Meeteren & van Gelder, 1999; Taiz & Zeiger, 2010). Los tallos de alstroemeria cv. Rebecca, recortados a 2 cm de la inflorescencia, mantuvieron por 4 d peso fresco mayor con respecto a los de 20, 40, o 60 cm, debido a que los de 2 cm tuvieron mayor número de vasos con diámetros pequeños que favorecieron el flujo hídrico, por ser menos propensos a la cavitación, mientras que a partir de los 20 cm, el número de vasos disminuyó y su diámetro aumentó, lo que hizo al sistema de conducción propenso a la cavitación y menos eficiente en el flujo de agua. La relación entre el número y diámetro de los elementos de vaso con el flujo hídrico asociados al peso fresco y la vida de florero se han reportado para crisantemo 'Hartman' y rosa 'Topaz' (De-La-Cruz-Guzmán *et al.*, 2018).

life in chrysanthemum cv. 'Hartman' and rose cv. 'Topaz' (De-La-Cruz-Guzmán *et al.*, 2018).

Solution absorption rate (SAR). On day 1, the absorption rate in the floral stems trimmed at 2 cm from the inflorescence was $0.37 \text{ mL g}^{-1} \text{ d}^{-1}$, while in stems trimmed at 20, 40 or 60 cm was in average by $0.50 \text{ mL g}^{-1} \text{ d}^{-1}$. At day 2, an increase of 34 % in the fresh weight was observed in stems trimmed at 2 cm, whereas an increase of 40 % was observed in stems trimmed at 20, 40 or 60 cm. During the first 4 days, the SAR value for stems trimmed at 2 cm remained higher ($0.52 \text{ mL g}^{-1} \text{ d}^{-1}$) when comparing with the other trimming treatments whose SAR value was in average by $0.42 \text{ mL g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ with no differences among them. After day 4, SAR fluctuated from 0.20 to $0.25 \text{ mL g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ regardless of the length of the flower stems.

Floral stems of rose cv. 'Polo' trimmed at 33 cm have higher absorption rate than those trimmed at 41 or 54 cm (De-La-Cruz-Guzmán *et al.*, 2016). A similar response was observed in alstroemeria cv. Rebecca, since the floral stems trimmed at 2 cm had a rate of absorption greater than those trimmed at 20, 40 or 60 cm in length.

When floral stems are placed into a vase, the absorption rate increases during the first days and then decreases. A decrease in water consumption can be attributed to cavitation events at the base of the stem, either by the proliferation of bacteria, formation of air bubbles or by synthesis of metabolites produced at the trimming moment (Spinarova & Hendriks, 2005; Fanourakis *et al.*, 2012; Arévalo-Galarza *et al.*, 2012; van Doorn, 2012). Delayed cavitation has been correlated with longer life in the vase. Cavitation can be eliminated when 3 cm of the base of the floral stems are trimmed out, and when the solution contained in the vase is renewed (Arévalo-Galarza *et al.*, 2012; De-La-Cruz-Guzmán *et al.*, 2018).

Button length, floral diameter and vase life (VL). The maximum length of the flower buds, which was presented on the seventh day of permanence in the vase, was 50, 55, 62 and 66 mm for the floral stems trimmed at 60, 40, 20 and 2 cm from the inflorescence respectively. The maximum floral diameter in stems at 2 cm appeared on day 11 and was 48.5 % higher compared to stems trimmed at 60 cm, whose opening average was 44.15 mm and occurred on day 9. Vase life was 2.2 d higher in the stems trimmed at 2 cm compared with the other trimming treatment, which, on average, showed a VL value of 12.2 d (Table 3).

Tasa de absorción de la solución (SAR). En el día 1, la tasa de absorción en los tallos florales, recortados a 2 cm de la inflorescencia, fue de $0.37 \text{ mL g}^{-1} \text{ d}^{-1}$, mientras que en los de 20, 40 o 60 cm fue, en promedio, de $0.50 \text{ mL g}^{-1} \text{ d}^{-1}$, para el día 2 se incrementó 34 y 40 % respectivamente. Hasta el cuarto día en los tallos de 2 cm, la SAR fue de $0.52 \text{ mL g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ significativamente mayor que en los de las otras longitudes cuya SAR promedio fue de $0.42 \text{ mL g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ sin diferencias entre ellos. Después del día 4 la SAR fluctuó de 0.20 a $0.25 \text{ mL g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ sin importar la longitud de los tallos florales.

Tallos florales de rosa 'Polo' recortados a 33 cm tienen tasa de absorción mayor que los de 41 o 54 cm (De-La-Cruz-Guzmán *et al.*, 2016). Respuesta similar fue observada en alstroemeria cv. Rebecca, ya que los tallos a 2 cm tuvieron tasa de absorción mayor que los de 20, 40 o 60 cm de longitud.

Cuando los tallos se colocan en el florero, la tasa de absorción aumenta en los primeros días y después disminuye. La disminución del consumo de agua puede atribuirse a eventos de cavitación en la base del tallo ya sea por la proliferación de bacterias, formación de burbujas de aire o síntesis de metabolitos producidos al momento del corte (Spinarova & Hendriks, 2005; Fanourakis *et al.*, 2012; Arévalo-Galarza *et al.*, 2012; van Doorn, 2012). Mientras más tarde se presente la cavitación más tiempo durarán los tallos en el florero. La cavitación puede eliminarse si se realiza un recorte de 3 cm, en la base de los tallos florales y se renueva la solución del florero (Arévalo-Galarza *et al.*, 2012; De-La-Cruz-Guzmán *et al.*, 2018).

Longitud de botones, diámetro floral y vida de florero (VL). La longitud máxima de los botones florales, que se presentó al séptimo día de permanencia en el florero, fue de 50, 55, 62 y 66 mm para los tallos florales recortados a 60, 40, 20 y 2 cm de la inflorescencia respectivamente. El diámetro floral máximo, en los tallos de 2 cm, se presentó al día 11 y fue 48.5 % mayor comparado con los de 60 cm cuya apertura promedio fue de 44.15 mm y ocurrió en el día 9. La vida de florero fue 2.2 d mayor en los tallos de 2 cm comparada con los de las otras longitudes que tuvieron en promedio 12.2 d de VL (Tabla 3).

Table 3.
Floral diameter (mm) and vase life in stems of alstroemeria cv. Rebecca trimmed to 2, 20, 40 or 60 cm from the inflorescence.
Tabla 3.
Diámetro floral (mm) y vida de florero en tallos de alstroemeria cv. Rebecca recortados a 2, 20, 40 o 60 cm de la inflorescencia.

Floral stem length (cm)	Time in the vase (d)			VL (d)
	9	10	11	
2	64.93 a ^z	64.01 a	67.81 a	14.4 a
20	64.18 a	59.77 a	57.02 b	12.6 b
40	53.58 b	52.02 b	53.13 bc	12.2 b
60	44.43 c	43.48 c	44.54 c	11.8 b
DHS	6.33	7.48	9.14	1.27
CV (%)	16.41	20.22	22.08	5.54

^zThe means followed by different letters, in each evaluation time or vase life (VL), indicate significant differences (Tukey, $\alpha \leq 0.05$) DHS, difference honest significant; CV, coefficient of variation. Each data is the average of five repetitions.

^zLetras diferentes, en cada tiempo de evaluación o vida de florero (VL), indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha \leq 0.05$), cada dato es el promedio de 5 repeticiones. DHS, diferencia honesta significativa; CV, coeficiente de variación.

The preservative compounds added in the vase solution modify the opening and delay the senescence symptoms. For example, with the use of 0.1 mM gibberellic acid, the floral opening in alstroemeria cv. 'Dancing Queen' is 6.4 cm and its flowering life is 11.4 d. However, when 200 ppm 8-citrate hydroxyquinoline is combined with 2 % sucrose, the floral opening increases 0.8 cm and life of vase 2.2.d (Sea *et al.*, 2012).

In floral stems of alstroemeria trimmed at 2 cm from the inflorescence, the leaf area fluctuated between 10 and 20 cm², whereas in those trimmed at 20, 40 or 60 cm the fluctuation was between 200 and 450 cm². This observation suggests that the opening of the floral buttons and vase life were promoted by the Chrysal clear® solution, particularly a concentration of 10 %, and not by the translocation of photosynthates that accumulated in the leaves during its cultivation. In stems with bigger foliage, the energetic compounds contained in the vase solution were distributed in the leaves and in the petals, but in stems with less foliage, this type of compounds was mostly directed towards the flower buds.

Conclusions

In cross section, floral stems of alstroemeria cv. Rebecca have epidermis with cuticle, parenchyma

Los compuestos preservantes aplicados en la solución del florero modifican la apertura y retrasan los síntomas de senescencia. Por ejemplo, con el uso de 0.1 mM de ácido giberélico, la apertura floral en alstroemeria 'Dancing Queen' es de 6.4 cm y su vida de floreo de 11.4 d, pero al combinarlo con 200 ppm de 8-citrato de hidroxiquinoleina y 2 % de sacarosa la apertura floral se incrementa 0.8 cm y la vida de florero 2.2.d (Sea *et al.*, 2012).

En los tallos de alstroemeria recortados a 2 cm de la inflorescencia, el área foliar, fluctuó entre 10 y 20 cm², mientras que en los recortados a 20, 40 o 60 cm la fluctuación fue entre 200 y 450 cm², lo cual sugiere que la apertura de los botones florales y la vida de florero fueron promovidas por la solución Chrysal clear®, al 10 %, y no por la translocación de fotosintatos que se acumularon en las hojas durante su cultivo. En los tallos con follaje mayor, los compuestos energéticos contenidos en la solución se distribuyeron en las hojas y en los pétalos, pero en los de follaje escaso fueron mayormente dirigido hacia los botones florales.

Conclusiones

En corte transversal, los tallos florales de alstroemeria cv. Rebecca tienen epidermis con cutícula,

and sclerenchyma band that surrounds most of the vascular bundles.

Vascular bundles are distributed throughout the fundamental tissue of the stem, with arrangement of atactostele (bigger bundles at the center and smaller bundles at the periphery).

At 2 cm from the inflorescence, floral stems of alstroemeria cv. Rebecca have more vessel elements and vascular bundles per mm² or cross-section, whereas at 20, 40 or 60 cm the number of both of them decreases, but their areas and diameters increase.

Floral stems trimmed at 2 cm from the inflorescence have a vase life of 14.4 d, this is because their vessel elements are less susceptible to cavitation and the distance traveled by the water is smaller. At 20, 40 or 60 cm, vase life decreases 2.2 d, this is because the vessel elements have a larger diameter and were more susceptible to cavitation.

The descriptive and quantitative anatomy, in different levels of the floral stem, allow to explain the differences in hydration and vase life of alstroemeria cv. Rebecca.

parénquima y banda de esclerénquima que rodea a la mayoría de los haces vasculares.

Los haces vasculares se distribuyen en todo el tejido fundamental del tallo, los de mayor tamaño se ubican en el centro y los menores en la periferia en arreglo atactostele.

A 2 cm de la inflorescencia, los tallos de alstroemeria cv. Rebecca tienen mayor número de vasos y haces vasculares por mm² o sección transversal; a 20, 40 o 60 cm el número de ambos disminuye, pero sus áreas y diámetros aumentan.

Los tallos recortados a 2 cm de la inflorescencia tienen una vida de florero de 14.4 d, porque sus vasos son menos susceptibles a la cavitación y la distancia que recorre el agua es menor. A 20, 40 o 60 cm, los vasos son de mayor diámetro y más susceptibles de cavitarse, la vida de florero disminuye 2.2 d.

La anatomía descriptiva y cuantitativa, en distintas longitudes, del tallo floral permite explicar las diferencias en la hidratación y vida de florero de alstroemeria cv. Rebecca.

References

- Alonso, P. J. R. (2011). *Manual de histología vegetal*. España. Editorial Paraninfo. https://books.google.com.pe/books/about/MANUAL_DE_HISTOLOG%C3%8DA_VEGETAL.html?id=URwHpBfK_68C
- Arévalo-Galarza, M. L., García-Osorio, C. and Rosas-Saito, G. H. (2012). Factores que afectan la vida de florero en flores de corte. *Agroproductividad*, 5(3): 28-35. <http://revista-groproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/406>
- Arriaga-Frías, A., De-la-Cruz-Guzmán, G. H. and Mandujano-Piña, M. (2016). Conductividad hidráulica en tallos florales de rosa cv. Polo con diferente longitud. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 39(3): 233-239. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v39n3/0187-7380-rfm-39-03-00233.pdf>
- Carlquist, S. (1977). Ecological factors in wood evolution: A floristic approach. *American Journal of Botany*, 64(7): 887-896. <https://doi.org/10.2307/2442382>
- 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. *Revista Internacional de Botánica Experimental*, 81(2): 199-204. <http://revistaphyton.fund-romuloraggio.org.ar/vol81/28-COHEN.pdf>
- De-La-Cruz-Guzmán, G. H., Arévalo-Galarza, M. L., Peña-Valdivia, C. B., Castillo-González, A. M., Colinas-León, M. T. and Mandujano-Piña, M. (2016). Influencia del manejo seco a dos temperaturas y longitud del tallo en la vida de florero de rosa 'Polo'. *Revista Bio Ciencias*, 4(1): 27-39. <https://dx.doi.org/10.15741/revbio.04.01.03>
- De-la-Cruz-Guzmán, G. H., Saucedo-García, D. M., Arriaga-Frías, A., and Mandujano-Piña, M., (2018). Rehidratación y longevidad en tallos florales de rosa 'Topaz' y crisantemo 'Hartman' almacenados en seco a temperatura ambiente. *Revista Bio Ciencias*, 5(1): 27-39. <http://dx.doi.org/10.15741/revbio.05.2018.04>
- Esau, K. (1985). *Anatomía vegetal, tercera edición*. Barcelona, España. Omega.
- Fanourakis, D., Carvalho, D. R. A., Gitonga, V. W., Heusden, A. W., van Almeida, D. P. F. and Heuvelink, E. (2012).

- Breeding cut roses for better keeping quality: first steps. *Acta Horticulturae*, 937: 875-882. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.937.107>
- Hacke, U. G., Sperry, J., Pockman, W. T., Davis, S. D. and McCulloh, K. A. (2001). Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. *Oecologia*, 126: 457-461. <https://doi.org/10.1007/s004420100628>
- Hargrave, K. R., Kolb, K. J., Ewers, F. W. and Davis, S. D. (1994). Conduct diameter and drought-induced embolism in *Salvia mellifera* (Labiatae). *New Phytologist*, 126: 695-705. <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1469-8137.1994.tb02964.x>
- Hernández-Fuentes, A. D., Pinedo-Espinoza, J. M., Colinas-León, M. T., Meza-Rangel, J. and Juárez-Cahuatitla, S. (2006). Conservación de flores de alstroemeria (*Alstroemeria spp.*) mediante soluciones preservativas en postcosecha. *Revista Chapingo serie horticultura*, 12(1): 19-25. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60912104>
- Ichimura, K. and Shimizu-Yumoto, H. (2007). Extension of the vase life of cut roses by treatment with sucrose before and during simulated transport. *Research Team for Flower quality, National institute of Floricultural science 7*: 17-27. https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/naro-se/NIFS07-03.pdf
- Lü, P., Cao, J., He, S., Liu, J., Li, H., Cheng, G., Ding, Y. and Joyce, D.C. (2010). Nano-silver pulse treatments improve water relations of cut rose cv. Movie Star flowers. *Postharvest Biology and Technology* 57: 196-202. <https://www.deepdyve.com/lp/elsevier/nano-silver-pulse-treatments-improve-water-relations-of-cut-rose-cv-vB0MZ7L70>
- Nijsse, J., van Meeteren, U. and Keijzer, C. J. (2000). Air in xylem vessels of cut flowers. *Acta Horticulturae*, 517: 497-486. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.517.61>
- Rezvanypour, S. & 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://journals.khuisf.ac.ir/jfanp/article-1-234-en.pdf>
- Ruzin, S. E. (2000). Plant microtechnique and microscopy. *New phytol*, 148: 57-58. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2000.00735.x>
- Sea, Y. C., Szydlik, M. and Lukaszewska A. J. (2012). The effect of postharvest treatments on flower quality and vase life of cut alstroemeria 'Dancing Queen'. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 20(2): 147-160. <https://doi.org/10.2478/v10290-012-0024-6>
- Soykan, A. & Meriç, Ç. (2012). Morphological and anatomical studies of *Tulipa orphanidea* (Liliaceae). *Phytologia balcánica*, 18(1): 43-48. http://www.bio.bas.bg/~phytolbalcan/PDF/18_1/18_1_07_Soykan_&_Meric.pdf
- Spinarova, S. & Hendriks, L. (2005). Factors influencing acoustic emission profiles of cut roses. *Acta Horticulturae*, 669: 63-69. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.669.7>
- Steiner A. 1961. A universal method for preparing nutrient solution of certain desired composition. *Plant and Soil*, (2): 134-154. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01347224>
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2010). *Plant physiology, fifth edition*. Massachusetts, USA. Sinauer associates.
- Twumasi, P., van Ieperen, W., Woltering, E. J., Emons, A. M. C., Schel, J. H. N., Snel, J. F. H., van Meeteren, U. and van Marwijk, D. (2005). Effects of water stress during growth on xylem anatomy, xylem functioning and vase life in three *Zinnia elegans* cultivars. *Rev. Acta Horticulturae*, 669: 303-312. <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/28305>
- van Doorn, W. G. (2012). Water relations of cut flowers: An update. *Horticultural reviews*, 40: 55-106. <https://doi.org/10.1002/9781118351871.ch2>
- van Ieperen, W., van Meeteren, U. and Nijssen, J. (2002). Embolism repair in cut flower stems: a physical approach. *Postharvest Biology Technology* 25: 1-14. http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/Embolism-repair-in-cut-flower-stems-a-physical-approach.pdf
- van Meeteren, U. & van Gelder, H. (1999). Effect of time since harvest and handling conditions on rehydration ability of cut chrysanthemum flowers. *Postharvest Biology and Technology* 16: 169-177. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(99\)00020-4](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(99)00020-4)
- van Meeteren, U., van Gelder, A. and van Ieperen, W. (2001). Should we reconsider the use of deionized water as control vase solutions? *Acta Horticulturae*, 543: 257-264. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.543.31>