

La refrigeración en húmedo y seco afecta la vida poscosecha de flores de corte de *Lisianthus (Eustoma grandiflorum)* ‘ABC Blue Rim’*

Wet and dry cooling affect the postharvest life of cut flowers of *Lisianthus (Eustoma grandiflorum)* ‘ABC Blue Rim’

Gloria Alicia Pérez-Arias¹, Irán Alia-Tejacal^{1§}, Luis Alonso Valdez-Aguilar², María Teresa Colinas-León³, Víctor López-Martínez¹ y Manuel de Jesús Sainz-Aispuro¹

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Avenida Universidad Núm. 1001. Cuernavaca, Morelos. C. P. 62209. Tel. 01 777 1345402. (yoyaly@hotmail.com), (vilomar.leo@gmail.com), (mjsainz63@yahoo.es). ²Departamento de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. Saltillo, Coahuila, C. P. 25315. Tel 01 844 2223675. (luisalonso.valdez@uaaa.mx). ³Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco, km 38.5. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. Tel 01 595 9517682. (lozcol@gmail.com). [§]Autor para correspondencia: ijac96@yahoo.com.mx.

Resumen

Se evaluó la vida en florero de inflorescencias de lisianthus ‘ABC Blue Rim’ almacenadas en húmedo o seco durante 5, 10 y 15 días a 3 °C y 85% de humedad relativa (HR) en oscuridad; antes del almacenamiento se aplicó una solución pulso 3% de sacarosa + 200 mg L⁻¹ de Hidroxiquinoleína citrato por 24 h. Al salir de temperatura baja, la vida en florero se evaluó en una cámara con una temperatura de 20 ± 1 °C y 80 ± 2% HR, periodo de 12 h luz/oscuridad y una PAR de 173 ± 50 μmol m² s⁻¹. Un grupo de inflorescencias no se almacenaron a temperatura baja (testigo); estas inflorescencias mostraron un comportamiento climatérico, un incremento de peso fresco relativo (7.2%), consumo de agua (31.1 mL tallo⁻¹) y conductancia estomática (170 mmol m² s⁻¹), a los nueve días después de cosecha se tuvieron tres flores abiertas con regular apariencia y la actividad en catalasa se incrementó hasta 6.3 U g⁻¹ de peso fresco, en tanto que la actividad de peroxidasa se mantuvo constante durante la vida en florero (entre 0.1 y 0.4 U g⁻¹ de peso). Las flores almacenadas en agua mostraron comportamiento climatérico similar al testigo, menor incremento de peso fresco relativo, similar consumo de agua y mayor conductancia estomática que las flores testigo; se incrementó la vida poscosecha hasta

Abstract

Vase-life was evaluated in lisianthus inflorescences ‘ABC Blue Rim’ stored wet or dry for 5, 10 and 15 days at 3 °C and 85% relative humidity (RH) in darkness; before storage, a solution at 3% of sucrose + 200 mg L⁻¹ of Hydroxyquinoline citrate for 24 h was applied. Leaving low temperature, vase-life was evaluated in a chamber with a temperature of 20 ± 1 °C and 80 ± 2% RH, during 12 h light/dark and PAR of 173 ± 50 μmol m² s⁻¹. A group of inflorescences was stored at low temperature (control); these inflorescences showed climacteric, a relative increased fresh weight (7.2%), water consumption (31.1 mL stem⁻¹) and stomatal conductance (170 mmol m² s⁻¹); nine days after harvest, we had three open-flowers with uniform appearance and catalase activity incremented up to 6.3 U g⁻¹ fresh weight, whereas the activity of peroxidase was held constant for vase-life (between 0.1 and 0.4 U g⁻¹ weight). Flowers stored in water showed climacteric behaviour similar to that of the control, lower relative increase in fresh weight, similar water consumption and increased stomatal conductance than the controls; postharvest life went up to 19 days, the enzyme activity of catalase and peroxidase increased, similar to the controls. Dry storage was only feasible for five days.

* Recibido: febrero de 2014
Aceptado: julio de 2014

19 días, la actividad enzimática de catalasa y peroxidasa se incrementaron en forma similar al testigo. El almacenamiento en seco solo fue factible por cinco días.

Palabras clave: *Eustoma grandiflorum*, conductancia estomática, catalasa, etileno, peroxidasa, respiración.

Introducción

El lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) es una planta herbácea utilizada como flor de corte, de maceta y como planta de jardín (Dole y Wilkins, 2005). Es una planta originaria del sur de Estados Unidos, desde Colorado y Nebraska y del norte de México (Huxley *et al.*, 1992). La popularidad del lisianthus se atribuye a los variados y atractivos colores de sus flores (Islam *et al.*, 2003), las cuales pueden ser simples o dobles, de entre 5.0 y 9.5 cm de diámetro, con colores que van desde blanco, verde, amarillo, rosa pálido a oscuro, lila, púrpura y en ocasiones bicolor (Dole y Wilkins, 2005). En México, el lisianthus es una especie de reciente introducción cuya demanda va en aumento, por lo que se considera un cultivo con amplias perspectivas (Cruz *et al.*, 2006).

Se ha determinado que existe diferencia entre cultivares de lisianthus en cuanto longevidad y respuesta a tratamientos postcosecha (Harbaugh *et al.*, 2000; Hojjati *et al.*, 2007). La longevidad de cada flor y la velocidad de apertura son factores importantes para extender la vida en florero de la inflorescencia (Shimizu e Ichimura, 2010). Las soluciones pulso y preservativas que contienen azúcares son efectivas para incrementar la vida poscosecha de lisianthus, la cual puede ser disminuida por el marchitamiento y doblado del pedicelo de las flores (Cho *et al.*, 2001), aunque su duración en florero puede ser de seis hasta 21 días si es manejada apropiadamente (Dole y Wilkins, 2005).

Se han realizado investigaciones donde se ha determinado que la aplicación de soluciones pulso por 24 h conteniendo azúcares (sacarosa y glucosa) en proporción de tres hasta 20% solos o combinados con tiosulfato de plata, benciladenina, ácido naftalenacético o aminoetilvinilglicina incrementan su vida poscosecha (Ichimura *et al.*, 1998; Cho *et al.*, 2001; Huang y Cheng *et al.*, 2002; Cruz *et al.*, 2006; Chamanni *et al.*, 2009; Shimizu e Ichimura, 2010). También el uso de soluciones preservativas conteniendo solo azúcares (sacarosa entre 2.5 y 6%) combinados o sin combinar con sulfato de aluminio (150 mg L⁻¹), hidroxiquinoleína sulfato

Keywords: *Eustoma grandiflorum*, breathing, catalase, sethylene, peroxidase, stomata conductance.

Introduction

Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) is a herbaceous plant used as a cut flower, pot and as a garden plant (Dole and Wilkins, 2005). It is a plant native to the southern United States, from Colorado and Nebraska and northern Mexico (Huxley *et al.*, 1992). Lisianthus popularity is attributed to varied and attractive colours of the flowers (Islam *et al.*, 2003), which can be single or double, between 5.0 and 9.5 cm in diameter, with colours ranging from white, green, yellow, pale pink to dark lilac, purple and bicolor in occasions (Dole and Wilkins, 2005). In Mexico, the lisianthus is a newly introduced species for which demand is increasing, so it is considered a cultivar with broader perspectives (Cruz *et al.*, 2006).

It has been determined that there is a difference between cultivars of lisianthus as longevity and response to postharvest treatments (Harbaugh *et al.*, 2000; Hojjati *et al.*, 2007). Longevity of each flower and the opening speed are important factors to extend vase-life of the inflorescence (Shimizu and Ichimura, 2010). Pulse solutions and preservative containing sugars are effective to increase postharvest life, which can be reduced by wilting and bent of the pedicels (Cho *et al.*, 2001), although its duration in vase can be from six to 21 days if properly handled (Dole and Wilkins, 2005).

Researches have made where it is determined that the application of pulse solutions for 24 h containing sugars (sucrose and glucose) in a ratio of three to 20%, alone or combined with silver thiosulfate, benzyladenine, acid naftalenacético or aminoetilvinilglicina, increase their postharvest life (Ichimura *et al.*, 1998; Cho *et al.*, 2001; Huang and Cheng *et al.*, 2002; Cruz *et al.*, 2006; Chamanni *et al.*, 2009; Shimizu and Ichimura, 2010). Also the use of preservative solutions containing only sugars (sucrose between 2.5 and 6%) combined or not combined with aluminum sulfate (150 mg L⁻¹), hydroxyquinoline sulphate and citrate (200-300 mg L⁻¹), ethanol (2%), peroxyacetic acid (0.5%), citric acid (0.5 ml L⁻¹), glutamine (3 mM), succinic acid, salicylic acid (4 mM + 2 mM), aluminium sulphate (160 mg L⁻¹), silica (1.5 mM), malic acid + acetylsalicylic acid (2 mM + 1.5 mM) improve postharvest

y citrato ($200\text{-}300\text{ mg L}^{-1}$), etanol (2%), ácido peroxiacético (0.5%), ácido cítrico (0.5 ml L^{-1}), glutamina (3 mM), ácido succínico + ácido salicílico (4 mM + 2 mM), sulfato de aluminio (160 mg L^{-1}), sílice (1.5 mM), ácido málico + ácido acetilsalicílico (2 mM + 1.5 mM) mejoran la vida poscosecha de algunos cultivares de *lisianthus* (Liao *et al.*, 2001; Farokhzad *et al.*, 2005; Hojjati *et al.*, 2007; de la Riva *et al.*, 2009; Loyola y Guzmán, 2009; Hassanpour y Karimi, 2010; Kazemi *et al.*, 2011; Kazemi y Shorki, 2011; Kioamohammadi y Hashemaabadi, 2011; Kazemi *et al.*, 2012).

La temperatura influye en la velocidad de respiración, la producción de etileno, pérdida de agua y daño físico en varias flores de corte (Cevallos y Reid, 2001). Una vez cosechadas las flores y a medida que la temperatura aumenta, también lo hace la respiración y los procesos metabólicos, de manera que la refrigeración puede disminuir dramáticamente la tasa de envejecimiento (Nell y Reid, 2002). En *lisianthus* se indica que las flores se pueden almacenar por una semana a $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Wills *et al.*, 2007); sin embargo, existe escasa información sobre el efecto de las bajas temperaturas en la transpiración (conductancia estomática) y actividad enzimática de flores de *lisianthus* en poscosecha. Estas variables son importantes en ornamentales debido a que están relacionadas con la calidad final del producto.

Por ejemplo, el consumo de agua en flores cortadas disminuye comparado con la velocidad de transpiración, lo que origina síntomas por la pérdida de agua; es decir, la flor se marchita (Van Doorn, 2012). En tanto que una mayor actividad enzimática de peroxidasa y catalasa durante poscosecha, indican que intervienen como defensa para resistir el daño oxidativo durante la senescencia (Kumar *et al.*, 2008), una mayor actividad de estas enzimas en poscosecha se relaciona con un retraso en la senescencia de las flores y por lo tanto una calidad adecuada por más tiempo, lo que se traduce en una mayor vida poscosecha y una mayor satisfacción a los productores, vendedores y consumidores finales de flores de corte (Saeed *et al.*, 2014).

En México, los *lisianthus* se cosechan cuando tienen dos o tres flores basales abiertas, posteriormente los tallos son transferidos al área de empaque donde se eliminan aquellos que presenten daños físicos. A los tallos seleccionados se les eliminan las hojas basales, para luego ser colocados en bouquets de 400 g de masa, generalmente conteniendo entre 15 y 20 tallos. Finalmente son colocados en agua para su posterior transporte o venta. El transporte a lugares de venta al menudeo es en seco o en húmedo y sin refrigeración. Macnish *et al.* (2009)

life of some cultivars of *lisianthus* (Liao *et al.*, 2001; Farokhzad *et al.*, 2005; Hojjati *et al.*, 2007; de la Riva *et al.*, 2009; Loyola and Guzmán, 2009; Hassanpour and Karimi, 2010; Kazemi *et al.*, 2011; Kazemi and Shorki, 2011; Kioamohammadi and Hashemaabadi, 2011; Kazemi *et al.*, 2012).

The temperature influences the rate of respiration, ethylene production, water loss and physical damage in several cut flowers (Cevallos and Reid, 2001). Once the flowers are harvested and the temperature increases, so does breathing and metabolic processes, so that cooling can dramatically decrease the rate of aging (Nell and Reid, 2002). For *lisianthus* is indicated that flowers can be stored for a week at $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Wills *et al.*, 2007); but there is little information on this effect of low temperatures on transpiration (stomatal conductance) and enzyme activity of *lisianthus* on postharvest. These variables are important in ornamental because are related to the final product quality.

For example, water consumption decreases compared with cut flowers transpiration speed, causing symptoms but by the loss of water; i.e., the flower fades (Van Doorn, 2012). While increased enzymatic activity of peroxidase and catalase during postharvest indicate involved as a defence to resist oxidative damage during senescence (Kumar *et al.*, 2008), increased activity of these enzymes is associated with postharvest delayed senescence of flowers and therefore adequate quality for longer, resulting in increased postharvest life and greater satisfaction for producers, sellers and consumers of cut flowers (Saeed *et al.*, 2014).

In Mexico, the *lisianthus* are harvested when they have two or three open basal flowers, stems are subsequently transferred to the packing area where those exhibiting physical damage are removed. A selected stems were removed basal leaves, before being placed in bouquets of 400 g, usually containing between 15 and 20 stems. Finally, they are placed in water for further transport or sale. Transport to retail locations is dry or wet without refrigeration. Macnish *et al.* (2009) indicated that the dry handling of flower stalks, with less loss of water quality and maintain good relations during vase-life. Besides dry storage saves space because there are more stems per unit area (Ahmad *et al.*, 2012). Considering this, in the present investigation we aimed to evaluate the postharvest vase-life of *lisianthus* 'ABC Blue Rim' inflorescences previously stored at low temperature by different wet and dry periods.

indicaron que con el manejo en seco de tallos florales, se tienen menos pérdida de la calidad y mantienen buenas relaciones hídricas durante la vida en florero. Además el almacenamiento en seco ahorra espacio debido a que hay más tallos por unidad de superficie (Ahmad *et al.*, 2012). Considerando lo anterior, en la presente investigación el objetivo fue evaluar la vida poscosecha en florero de inflorescencias de lisianthus 'ABC Blue Rim' almacenadas previamente a temperatura baja por diferentes periodos en húmedo y seco.

Materiales y métodos

Tallos de lisianthus 'ABC Blue Rim', con pétalos dobles y bicolors (blanco y azul), cultivados bajo cubierta plástica en Zacatepec, Morelos, se cosecharon en octubre de 2012, los tallos tenían 60 cm de altura y el corte del tallo se realizó dejando 5 cm de altura del suelo, las inflorescencias tenían una flor abierta, se colocaron en agua destilada y se trasladaron al Laboratorio de Producción Agrícola de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, donde se realizaron los experimentos. Enseguida se recortaron los tallos a 45 cm, se eliminaron las hojas basales de los primeros 20 cm, se seleccionaron para que no tuvieran daños mecánicos o por patógenos y se colocaron en una solución pulso de 3% de sacarosa + 200 mg L⁻¹ de hidroxiquinoleína citrato (HQC) por 24 h.

Los tallos de lisianthus se dividieron en seis grupos, los cuales se cubrieron con papel estraza con orificios laterales para facilitar la circulación del aire y se almacenaron bajo condiciones de oscuridad a una temperatura de 3 ± 1 °C y a una humedad relativa de $85 \pm 1\%$. Los tratamientos consistieron en almacenar las inflorescencias de lisianthus por cinco, 10 y 15 días en agua y sin agua, de tal manera que se conformaron seis tratamientos y un testigo cuyas inflorescencias no se almacenaron en frío y se evaluaron después de la cosecha. La unidad experimental fue una inflorescencia y se tuvieron seis repeticiones.

Al salir del almacenamiento en frío y de los tratamientos de inmersión en agua todas las inflorescencias fueron colocadas en probetas de 100 ml con agua destilada y se llevaron a una cámara a una temperatura de $20 \text{ °C} \pm 1$, una humedad relativa de $80 \pm 2\%$, un periodo de luz/oscuridad de 12 h y una radiación fotosintéticamente activa (PAR) de $173 \pm 50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ durante la vida útil de la inflorescencia (cuando 50% de las flores se han marchitado (Chamani *et al.*, 2009). Las inflorescencias almacenadas por 10 y 15 días sin agua

Materials and methods

Lisianthus stems 'ABC Blue Rim', double and bicolor petals (white and blue), grown under plastic covers in Zacatepec, Morelos, were harvested in October 2012, the stems were 60 cm in height and stem cutting was performed leaving 5 cm of soil, had an open flower inflorescences were placed in distilled water and transferred to the Laboratory of Agricultural Production of the Autonomous University of the State of Morelos, where the experiments were performed. Then the stems to 45 cm were cut, the lower leaves of the first 20 cm were removed, were selected to not have mechanical or pathogen damage and placed in a pulse solution of 3% sucrose + 200 mg L⁻¹ hydroxyquinoline citrate (HQC) for 24 h.

Lisianthus stems were divided into six groups, which were covered with brown paper with side holes to facilitate air circulation and stored under dark conditions at a temperature of 3 ± 1 °C and a relative humidity of $85 \pm 1\%$. Treatments consisted lisianthus inflorescence store five, 10 and 15 days in water and water, so that six treatments and a control were formed inflorescences whose cold stored and evaluated after harvest. The experimental unit was an inflorescence and six replicates were taken.

Leaving the cold storage and treatments water immersion all inflorescences were placed in test tubes of 100 ml with distilled water and brought to a chamber at a temperature of $20 \text{ °C} \pm 1$, a relative humidity of $80 \pm 2\%$, a period of light / dark cycles of 12 h and a photosynthetically active radiation (PAR) of $173 \pm 50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ over the life of the inflorescence (when 50% of flowers have wilted (Chamani *et al.*, 2009). Inflorescences stored for 10 and 15 days without water were not evaluated because they did not recover after leaving the cold storage, showing wilting due to dehydration.

Ethylene production and respiration was evaluated in a static method, where an inflorescence was placed in a plastic container of known volume (2 L) and was sealed for 2 h, then a sample of 1 ml was taken and injected into a gas chromatograph (Agilent Technologies® 7890A, USA) equipped with a flame ionization detector and a thermal conductivity. The temperatures of the injector, column oven and were 150, 80 and 170 °C, respectively. The carrier gas was hydrogen. Quantifying the production of CO₂ and ethylene was made with mixtures of gases provided by

no se evaluaron debido a que no se recuperaron después de salir del almacenamiento en frío, mostrando marchitamiento debido a la deshidratación.

Se evaluó la producción de etileno y respiración con un método estático, donde una inflorescencia se colocó en un contenedor de plástico de volumen conocido (2 L) y se selló herméticamente durante 2 h, posteriormente se tomó una muestra de 1 mL y se inyectó en un cromatógrafo de gases (Agilent Technologies® 7890A, USA) equipado con un detector de ionización de flama y otro de conductividad térmica. Las temperaturas del inyector, horno y columna fueron de 150, 80 y 170 °C, respectivamente. El gas de arrastre fue hidrógeno. La cuantificación de la producción de CO₂ y etileno se realizó con mezclas de gases proporcionadas por PRAXAIR® en dosis de 100 y 460 mg L⁻¹. Estas variables se determinaron cada dos días durante la vida poscosecha de las inflorescencias.

En una hoja de cada inflorescencia se midió por triplicado la conductancia estomática con ayuda de un porómetro (Decagon Devices®, USA), las mediciones se realizaron cada dos días durante la vida útil de la inflorescencia. Cada tallo floral se colocó en una probeta de 100 ml con agua destilada y cada dos días se midió el volumen consumido por cada inflorescencia y se renovó. Adicionalmente se colocó una probeta con 100 ml de agua destilada sin colocar inflorescencia para determinar su pérdida debido a la evaporación. Al inicio del experimento se pesaron las inflorescencias en un balanza digital (OHAUS®), posteriormente esta variable se evaluó cada dos días durante la vida útil de la inflorescencia. Se evaluó la apariencia en cada inflorescencia mediante una escala hedónica donde: 4= excelente, 3= buena, 2= regular y 1= mala. Desde el primer día de colocadas las inflorescencias en probetas y cada dos días se evaluó el número de flores abiertas por tallo floral y se reportó el número acumulado de flores abiertas.

La actividad enzimática de catalasa (EC 1.11.1.6; CAT) y peroxidasa (EC 1.11.1.7; POD) se determinó mediante polvo de acetona. Para preparar el polvo de acetona se molieron tres gramos de los pétalos con acetona fría (0 - 4 °C) y el macerado se filtró al vacío en un embudo Buchner, ésta operación se repitió en dos ocasiones hasta que el macerado tuvo una coloración blanca. El macerado se secó a temperatura ambiente (22 ± 2 °C en una caja de Petri por 1 h, posteriormente se guardó en bolsa de plástico en el congelador, hasta la posterior determinación de la actividad enzimática.

PRAXAIR® in doses of 100 and 460 mg L⁻¹. These variables were measured every two days during the postharvest life of inflorescences.

On a leaf of each inflorescence was measured in triplicate stomatal conductance using a porometer (Decagon Devices®, USA), measurements were performed every other day during the life of the inflorescence. Each flower stalk was placed in a beaker of 100 ml with distilled water every other day and volume consumed per inflorescence and renewed measured. Additionally a beaker with 100 ml of distilled water to determine unplaced inflorescence loss due to evaporation was placed. At the beginning of the experiment the inflorescences were weighed into a digital scale (OHAUS®), this variable is then evaluated every other day. The appearance in each inflorescence where a hedonic scale was evaluated; 4= excellent, 3= good, 2= fair, 1= poor: From the first day of the inflorescences placed in test tubes and every two days the number of open flowers per flowering stem was evaluated and the cumulative number of open flowers was reported.

The enzyme activity of catalase (EC 1.11.1.6; CAT) and peroxidase (EC 1.11.1.7; POD) was determined using acetone powder. To prepare the powder of acetone three grams of the petals were crushed with cold acetone (0 - 4 °C) and vacuum filtered macerate in a Buchner funnel, this operation was repeated twice until the mash had a white coloration. The mash was dried at room temperature (22 ± 2 °C) in a Petri dish for 1 h, then was stored in a plastic bag in the freezer until subsequent determination of enzyme activity.

The enzymatic activity was evaluated from 100 mg of powder in 5 ml acetone mixing 0.1 M Tris-HCl (pH 7) buffer, homogenized and centrifuged at 10 000 rpm at 4 °C for 10 min, the supernatant aliquoted for the enzyme assay. Enzyme assays were performed as indicated by Alia *et al.* (2005). Enzyme activity was performed on days 1, 5, 10 and 15 into the experiment for the control flowers, while in the other treatments assessments were out of the storage, five and six days later.

We used a completely randomized experimental design unit, taken as an inflorescence with six replicates for all variables, except for enzyme assays as experimental unit where two inflorescences and three replicates were taken. The data obtained were analyzed using a trend analysis by fitting the data to linear or quadratic models. V SAS® software was used. 9.2, to perform statistical analyzes.

La actividad enzimática se evaluó a partir de 100 mg de polvo de acetona mezclado en 5 ml de un amortiguador Tris-HCl 0.1 M (pH= 7), se homogenizó y se centrifugó a 10 000 rpm a 4 °C por 10 min, del sobrenadante se tomó una alícuota para realizar el ensayo enzimático. Los ensayos enzimáticos se realizaron como lo indica Alia *et al.* (2005). La actividad enzimática se realizó en los días uno, cinco, 10 y 15 días de iniciado el experimento para las flores testigo, en tanto que en el resto de los tratamientos las evaluaciones fueron al salir del almacenamiento, y cinco y seis días después.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, se tuvo como unidad experimental una inflorescencia con seis repeticiones para todas las variables, a excepción de los ensayos enzimáticos donde como unidad experimental se tuvieron dos inflorescencias y tres repeticiones. Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de tendencias ajustando los datos a modelos lineal o cuadrático. Se utilizó el software SAS® v. 9.2, para realizar los análisis estadísticos.

Resultados y discusión

En las inflorescencias testigo, se cuantificó 32.7 ml CO₂ kg⁻¹h⁻¹ después de la aplicación de la solución pulso, posteriormente la respiración disminuyó significativamente por tres días ($p \leq 0.05$) hasta alcanzar un mínimo de 24.6 ml CO₂ kg⁻¹h⁻¹ y finalmente se determinó un incremento significativo hasta valores de 29 ml CO₂ kg⁻¹h⁻¹ (Figura 1 A). Los cambios en respiración de flores durante la senescencia es utilizada para clasificarlas como climatéricas o no climatéricas (Donald *et al.*, 2004). Maxie *et al.* (1978) al evaluar la producción de CO₂ en clavel 'White Sim' observaron una producción alta al inicio de las evaluaciones, posteriormente disminuyó en 40% al quinto día, para finalmente incrementarse al séptimo día y disminuir nuevamente, lo cual es similar a lo obtenido en lisianthus. Las flores climatéricas incrementan su producción de CO₂ y etileno en senescencia, en forma paralela o no y son sensibles al etileno exógeno (Donald *et al.*, 2004). En el presente trabajo se determinó incremento en la respiración de las flores testigo, lo que indica que el lisianthus 'ABC Blue Rim' muestra un comportamiento climatérico.

Las inflorescencias almacenadas por cinco días con agua y sin agua incrementaron su velocidad de respiración significativamente. El nivel máximo de producción fue entre 36 y 38.4 ml CO₂ kg⁻¹h⁻¹, esto es mayor que las inflorescencias testigo (Figura 1 B). Las inflorescencias almacenadas por

Results and discussion

In control inflorescences, 32.7 ml CO₂ kg⁻¹h⁻¹ was quantified after application of the pulse solution, then breathing decreased significantly for three days ($p \leq 0.05$), reaching a minimum of 24.6 ml CO₂ kg⁻¹h⁻¹ and finally it was significantly increased to values determined 29 ml kg CO₂ kg⁻¹h⁻¹ (Figure 1 A). Changes in respiration during senescence of flowers is used to be classified as climacteric or non-climacteric (Donald *et al.*, 2004). Maxie *et al.* (1978) at evaluating the production of CO₂ in carnation 'White Sim' observed a high production at the beginning of the assessment, then decreased by 40% on the fifth day, to finally increase the seventh day and decrease again, which is similar to our results. Climacteric flowers increase production of CO₂ and ethylene in senescence, parallel or not, and are sensitive to exogenous ethylene (Donald *et al.*, 2004). The present work we determined an increase in respiration of the control flowers, indicating that lisianthus 'ABC Blue Rim' shows a climacteric behaviour.

The inflorescences stored water for five days without water significantly increased their rate of breathing. The maximum production was between 36 and 38.4 ml CO₂ kg⁻¹h⁻¹, greater than the control (Figure 1 B). The inflorescences stored for 10 days had little variation in breathing after leaving the storage, showing lower values compared to previous treatments, between 26 and 28 ml CO₂ kg⁻¹h⁻¹ (Figure 1 B), but not the inflorescences previously stored for 15 days, who showed increased breathing out two days after treatment reaching values between 31 and 36 ml CO₂ kg⁻¹h⁻¹ (Figure 1 C).

Ethylene production in control inflorescences showed a climacteric-like behaviour at the beginning of the experiment 9.5 µl kg⁻¹h⁻¹ then decreased to 7.1 µl kg⁻¹h⁻¹ and finally increased to 12.6 µl kg values⁻¹h⁻¹, which was observed on the ninth day (Figure 1 D). However, these changes were not significant during the evaluation (Figure 1 D). Ichimura *et al.* (1998) and Farokhzad *et al.* (2005) show a climacteric behaviour in varieties of 'Asuka-no mami' and 'Mariachi Blue' with peak production between seven and eight days. The cut flowers can be classified as climacteric or non-climacteric by the increase in ethylene production; the climacteric flowers show significant increase in ethylene production during senescence, and are quite sensitive to exogenous application of the same (Arora, 2008). The results

10 días tuvieron poca variación en la respiración después de salir del almacenamiento, mostrando valores menores comparados con los tratamientos anteriores, entre 26 y 28 ml CO₂ kg⁻¹h⁻¹ (Figura 1B), no así las inflorescencias que fueron previamente almacenadas por 15 días, quienes mostraron el incremento de la respiración dos días después de salir del tratamiento alcanzando valores entre 31 y 36 ml CO₂ kg⁻¹h⁻¹ (Figura 1C).

La producción de etileno en las inflorescencias testigo mostró un comportamiento parecido a un climaterio, al inicio del experimento 9.5 µl kg⁻¹h⁻¹ posteriormente disminuyó a 7.1 µl kg⁻¹h⁻¹ y finalmente se incrementó a valores de 12.6 µl kg⁻¹h⁻¹, lo cual se observó al noveno día (Figura 1D). Sin embargo, estos cambios no fueron significativos durante el periodo de evaluación (Figura 1D). Ichimura *et al.* (1998) y Farokhzad *et al.* (2005) indican un comportamiento climatérico en las variedades de 'Asuka-no mami' y 'Mariachi Blue' con máximos de producción entre los siete y ocho días. Las flores de corte se pueden clasificar climatéricas o no climatéricas por el incremento en la producción de etileno; la flores climatéricas muestran incremento significativo en la producción de etileno durante la senescencia y son sensibles a la aplicación exógena del mismo (Arora, 2008). Los resultados del presente estudio sugieren que el lisianthus es sensible al etileno y de forma natural la producción de etileno se incrementa durante su senescencia (Ichimura *et al.*, 1998).

Las inflorescencias almacenadas por cinco días con agua, al salir del almacenamiento mostraron un máximo de producción de etileno después de cinco días (Figura 1E) y la producción de etileno fue menor al testigo (Figura 1D). En las inflorescencias almacenadas en agua por 10 y 15 d, así como en las inflorescencias almacenadas por cinco días sin agua, no se detectaron incrementos significativos (Figura 1D y F). Los resultados sugieren que el almacenamiento en temperatura baja (3 °C ± 1 °C) por más de diez días disminuye la producción de etileno una vez que salen del almacenamiento. La respuesta de las flores de corte al almacenamiento a temperatura baja involucra la inhibición de la producción de etileno y retraso de la senescencia, pero una vez transferidos a temperatura ambiente la producción de etileno se incrementa nuevamente (Field, 1990). Todo esto si la integridad de las membranas celulares no es afectada por la temperatura y tiempo de exposición a ella. En el presente trabajo la temperatura baja y el tiempo de almacenamiento disminuyeron la producción de etileno.

of this study suggest that lisianthus is naturally sensitive to ethylene and ethylene production increases during senescence (Ichimura *et al.*, 1998).

The inflorescences stored for five days with water, leaving the storage showed a maximum ethylene production after five days (Figure 1E) and ethylene production was lower than control (Figure 1D). Inflorescences stored in water for 10 to 15 d, and stored inflorescences five days without water, no significant differences were detected (Figure 1D and F). The results suggest that storage at low temperature (3 °C ± 1 °C) for more than ten days decreases ethylene production once out of storage. The response of cut flowers at low temperature storage involves inhibition of ethylene production and delayed senescence, but once transferred to room temperature ethylene production increases again (Field, 1990). All this if the integrity of cell membranes is not affected by the temperature and time of exposure to it. In this work, low temperature and storage time decreased ethylene production.

In control inflorescences, three days after leaving the implementation of the pulse solution, the relative weight increased 7.2%, then gradually decreased for nine days to lose 11% of their original fresh weight (Figure 2A). Inflorescences stored in water for 5, 10 and 15 days increased the relative weight of five, two and one percent respectively, after three days of leaving the low temperature, remaining unchanged for four days and then decrease (Figure 2A). Inflorescence while stored for 5 d without water, the weight is significantly increased to 11% (Figure 2A), which may be due to lack of water during storage at low temperature, and after transfer to temperature environment and placed in water could absorb water inflorescences, similar behaviour reported by Ahmad *et al.* (2012) in lisianthus 'ABC Purple' stored at 2 °C for 0, 1, 2 and 3 weeks to dry.

Water consumption was initially 14.5 ml stem⁻¹ in control inflorescences, three days later peaked at 31.1 ml stem⁻¹ and subsequently decreased to values 14.1 ml stem⁻¹ on the ninth day of the evaluation (Figure 2B). Flowers stored in water for 5, 10 and 15 days showed similar trend with highs between 27 and 38 ml stem⁻¹ to leave the third day of storage (Figure 2B). In contrast, flowers stored without water for five days had a water consumption between 17 and 21 ml stem⁻¹, which was lower than the other treatments (Figure 2B). This is contrary to the findings in other species such as rose (*Rosa* sp.) and gerbera (*Gerbera jamesonii*) where the flowers stored dry had higher water consumption that stored wet (Berlingieri and Mattiuz, 2009; Mosqueda *et al.*, 2011; Mosqueda *et al.*, 2012).

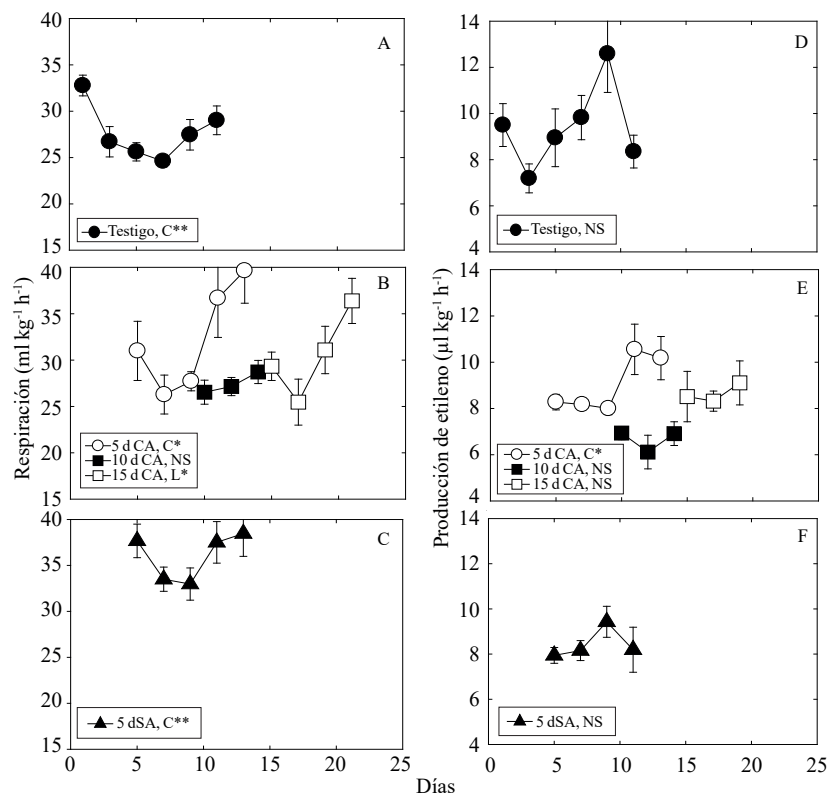


Figura 1. Respiración y producción de etileno en inflorescencias de lisianthus almacenados por diferentes periodos de tiempo con agua y sin agua. Cada punto representa la media de seis mediciones y su error estándar. L= ajuste lineal; C= ajuste cuadrático; *, **= significativo al 0.05 y 0.01 y NS= no significativo.

Figure 1. Respiration and ethylene production in inflorescences of lisianthus stored for different periods of time with water and without water. Each point represents the mean of six measurements and its standard error. L= linear adjustment; C= quadratic fit; *, **= significant at 0.05 and 0.01 and NS= not significant.

En las inflorescencias testigo, tres días después de salir de la aplicación de la solución pulso, el peso relativo se incrementó 7.2%, posteriormente disminuyó progresivamente por nueve días hasta perder 11% de su peso fresco original (Figura 2A). En las inflorescencias almacenadas con agua por cinco, 10 y 15 días el peso relativo se incrementó en cinco, dos y uno por ciento respectivamente, después de tres días de salir de la temperatura baja, manteniéndose sin cambios por cuatro días más y después disminuir (Figura 2A). En tanto que las inflorescencias almacenadas por 5 d sin agua, su peso se incrementó significativamente hasta 11% (Figura 2A), lo cual puede ser debido a la falta de agua durante el almacenamiento a temperatura baja, y que una vez transferidas a temperatura ambiente y colocadas en agua las inflorescencias pudieron absorber agua, similar comportamiento reportan Ahmad *et al.* (2012) en lisianthus ‘ABC Purple’ almacenado a 2 °C por 0, 1, 2 y 3 semanas en seco.

Stomatal conductance in control inflorescences increased after the third day peaked on the fifth day and then declined steadily until the eleventh day of evaluation (Figure 2C). Inflorescences stored for 5, 10 and 15 d with water was higher, compared to control inflorescences (Figure 2C). The inflorescences stored for five days without water had higher transpiration than the control, but less than the stored water for 5 d (Figure C). The maximum water consumption and the highest stomatal conductance coincided in all the treatments (Figure 2B and C) indicating a direct relationship between these two variables. Flowers stored for five days without water weight loss were more dramatic on all the treatments (Figure 2A). Paulin (1997) indicated that, the relationship between water absorbed and transpired water (water balance) determines the weight of fresh flowers, lisianthus inflorescences stored dry for five days, had a lower hydric balance than those stored in water (Figure 2B and C).

El consumo de agua inicialmente fue de $14.5 \text{ ml tallo}^{-1}$ en las inflorescencias testigo, tres días después alcanzó un máximo de $31.1 \text{ ml tallo}^{-1}$ y posteriormente disminuyó hasta alcanzar valores $14.1 \text{ ml tallo}^{-1}$ en el noveno día de evaluación (Figura 2B). Las flores almacenadas en agua por cinco, 10 y 15 días mostraron similar tendencia con máximos entre 27 y 38 ml tallo^{-1} al tercer día de salir del almacenamiento (Figura 2B). En contraste las flores almacenadas sin agua por cinco días tuvieron un consumo de agua entre 17 y 21 ml tallo^{-1} , lo cual fue menor a los demás tratamientos (Figura 2B). Esto es contrario a lo encontrado en otras especies como rosa (*Rosa sp.*) y gerbera (*Gerbera jamesonii*) donde las flores almacenadas en seco tuvieron un mayor consumo de agua en florero que las almacenadas en húmedo (Berlingieri y Mattiuz, 2009; Mosqueda *et al.*, 2011; Mosqueda *et al.*, 2012).

La conductancia estomática en las inflorescencias testigo se incrementó después del tercer día, alcanzó un máximo al quinto día y posteriormente disminuyó constantemente hasta el onceavo día de evaluación (Figura 2C). En las inflorescencias almacenadas por cinco, 10 y 15 d con agua fue mayor, comparadas con las inflorescencias testigo (Figura 2C). Las inflorescencias almacenadas por cinco días sin agua tuvieron mayor transpiración que las testigo, pero menor que las almacenadas por 5 d en agua (Figura 2C). El máximo consumo de agua y la máxima conductancia estomática coincidieron en todos los tratamientos (Figura 2B y C) lo que indica la relación directa entre estas dos variables. Las flores almacenadas por cinco días sin agua tuvieron la pérdida de peso relativo más drástico de todos los tratamientos (Figura 2A) Paulin (1997) indica que la relación entre agua transpirada y agua absorbida (balance hídrico) determina el peso fresco de las flores, las inflorescencias de lisianthus almacenadas en seco por cinco días, tuvieron un balance hídrico menor que aquellas almacenadas en agua (Figura 2B y C).

El número de flores abiertas en las inflorescencias testigo fue entre dos y tres después de siete o nueve días de iniciada la evaluación (Figura 3A). Las flores almacenadas por cinco días con agua tuvieron tres flores abiertas después de ocho o diez días de salir de la refrigeración, mientras que las inflorescencias almacenadas por cinco días sin agua alcanzaron la máxima apertura floral 10 días después del almacenamiento, en éstas últimas se mostró una apariencia de entre buena a regular después de siete días del tratamiento, mientras que aquellas almacenadas con agua tuvieron excelente apariencia nueve días después de salir del almacenamiento (Figura 3B).

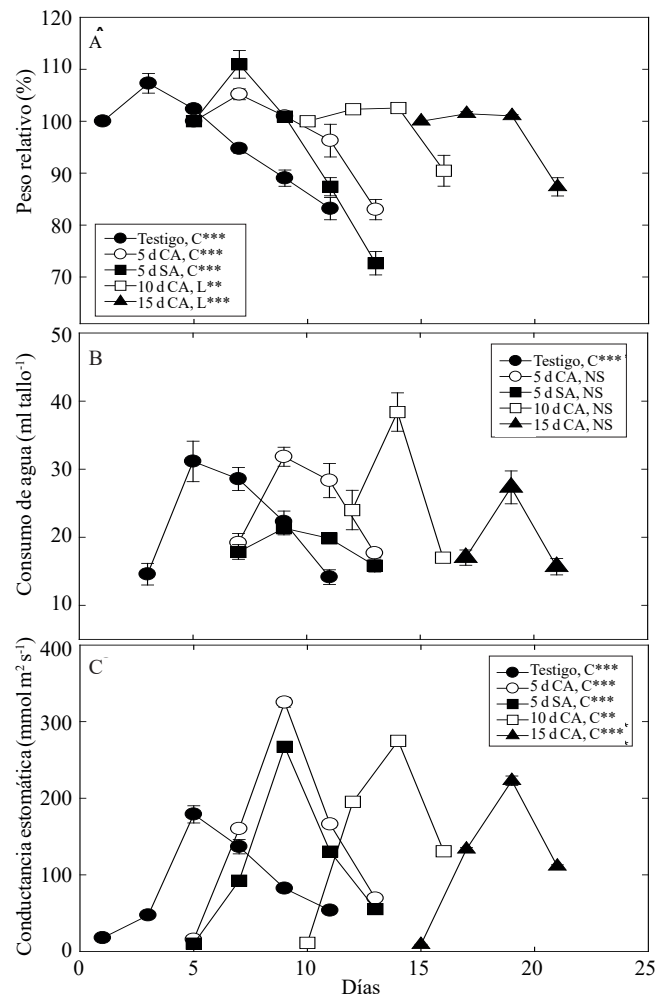


Figura 2. Peso relativo en inflorescencias de lisianthus almacenados por diferentes periodos con agua y sin agua. Cada punto representa la media de seis mediciones y las barras el error estándar. Cada punto representa la media de seis mediciones y su error estándar. L= ajuste lineal; C= ajuste cuadrático; *, **= significativo al 0.05 y 0.01 y NS= no significativo.

Figure 2. Relative weight of lisianthus inflorescences stored for different periods with water and without water. Each point represents the mean of six measurements and standard error bars. Each point represents the mean of six measurements and its standard error. L= linear adjustment; C= quadratic fit; *, **= significant at 0.05 and 0.01 and NS= not significant.

The number of open flowers on the control inflorescence was between two and three after seven or nine days into the evaluation (Figure 3A). Flowers stored for five days with water had three open flowers after ten days out of refrigeration, while inflorescences stored for five days without water reached maximum flower opening 10 days of storage, in the latter it was shown appearance from good

Las inflorescencias almacenadas por 10 y 15 d mostraron una apertura de tres flores a los siete días de salir del almacenamiento, pero su apariencia sólo fue buena hasta el quinto día después de salir de la refrigeración (Figura 3A y B). Los resultados indican que las inflorescencias testigo tuvieron una vida útil de nueve días, al almacenar por cinco días con o sin agua la vida útil fue de nueve días, mientras que el almacenamiento por 10 y 15 días incrementó la vida útil por 14 y 19 días, respectivamente (Figura 3C).

Harbaugh *et al.* (2000) evaluaron la vida poscosecha de 47 cultivares de lisianthus en solución de Chrysal Professional 2®, determinando una vida en florero entre 13 y 31 días. Sin embargo, recientemente Clark *et al.* (2010) reportan una vida poscosecha mínima entre dos y once días en 16 cultivares nuevos, y al evaluar soluciones preservantes en florero encontraron que las soluciones no afectaron la vida en florero de once, tres fueron afectadas en forma positiva y dos negativamente; en los cultivares donde se mejoró la vida poscosecha fue entre 1.5 y 6.5 d. Armitage y Laushman (2003), indican que la vida poscosecha de lisianthus es entre 10 y 15 días.

La discusión anterior, sugiere diferencias en la vida poscosecha de cada cultivar y es necesario evaluar en cada uno de ellos las diferentes tecnologías para incrementar su vida poscosecha, las soluciones preservativas y la refrigeración pueden ser importantes. En el caso del cultivar 'ABC Blue Rim', la longitud del periodo de refrigeración incrementó su vida poscosecha hasta por 19 días (Figura 3A) sin colocar solución preservativa, es necesario evaluar el comportamiento de este cultivar en esta solución y combinarla con la refrigeración.

El almacenamiento en seco sugiere que solo por cinco días se puede mantener en seco el lisianthus 'ABC Blue Rim', sin mejorar significativamente su vida poscosecha. Ahmad *et al.* (2012) al evaluar el efecto del almacenamiento en seco y húmedo de lisianthus 'ABC Purple' a 2 °C entre 1 y 3 semanas, concluyeron que el lisianthus responde pobremente al almacenamiento en seco y es mejor hacerlo en húmedo ya que su vida poscosecha es mayor.

La actividad de catalasa en las inflorescencias testigo se incrementó significativamente durante poscosecha, de valores de 0.25 al primer día de evaluación hasta 1 en el noveno día y finalmente un máximo de 6.3 U g⁻¹ de peso fresco (Figura 4A). Las inflorescencias almacenadas en agua por cinco, 10 y 15 d la actividad se incrementó

to fair after seven days of the treatment, while those stored in water had excellent appearance nine days after leaving the storage (Figure 3B).

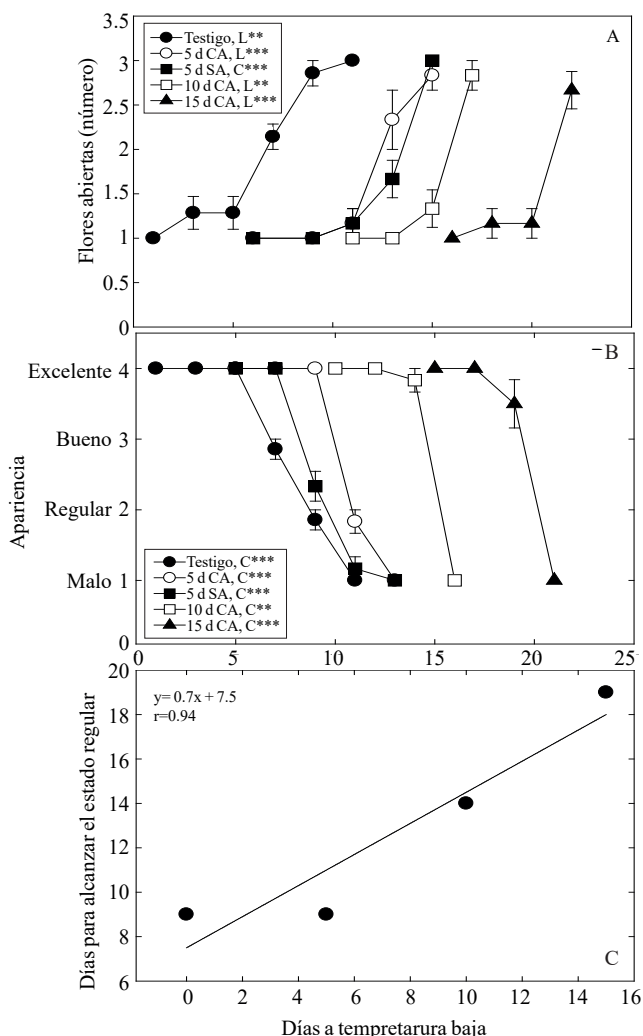


Figura 3. Flores abiertas A) apariencia; B) vida poscosecha; y C) de lisianthus 'ABC Blue Rim' almacenados por diferentes periodos con agua y sin agua. Cada punto representa la media de seis mediciones. n=24; L= ajuste lineal; C= ajuste cuadrático; *, **= significativo al 0.05 y 0.01 y NS= no significativo.

Figure 3. Open flowers A) appearance; B) postharvest life; and C) lisianthus 'ABC Blue Rim' stored for different periods with water and without water. Each point represents the mean of six measurements. n=24; L= linear fit; C= quadratic fit; *, **= significant at 0.05 and 0.01 and NS= not significant.

The inflorescences stored for 10 and 15 d showed three flowers open seven days out of storage, but its appearance was only good until the fifth day after leaving the cooling (Figure 3A and B). The results indicated that the control

significativamente al salir del almacenamiento, después de alcanzar el máximo la actividad disminuyó (Figura 4A), las inflorescencias almacenadas en seco por cinco días mostraron una actividad constante después de salir del almacenamiento (Figura 4A). La actividad de peroxidasa en las inflorescencias testigo fue constante durante poscosecha, con valores entre 0.1 y 0.4 U g⁻¹ de peso fresco (Figura 4B), en tanto que las inflorescencias de los demás tratamientos la actividad de peroxidasa fue similar a la de catalasa (Figura 4B).

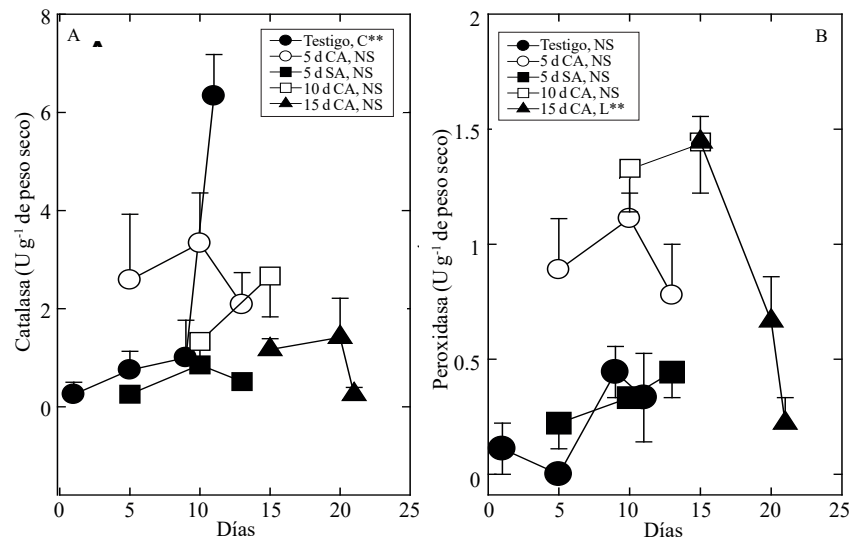


Figura 4. Actividad de catalasa A) peroxidasa; y B) en lisianthus 'ABC Blue Rim' almacenados por diferentes periodos con agua B); y sin agua A). Cada punto representa la media de tres mediciones y su error estándar. L= ajuste lineal; C= ajuste cuadrático; *, **= significativo al 0.05 y 0.01 y NS= no significativo.

Figure 4. Catalase activity A) peroxidase; and B) in lisianthus 'ABC Blue Rim' stored for different periods with water B); without water A). Each point represents the average of three measurements and standard errors. L= linear adjustment; C= quadratic fit; *, **= significant at 0.05 and 0.01 and NS= not significant.

Catalasa es una enzima que utiliza como sustrato peróxido de hidrogeno, esta molécula se forma en las plantas durante varias reacciones de oxidación y conduce a la generación de radicales libres (Halliwell y Gutteridge, 1998). Peroxidasa es otra enzima que se relaciona con la generación y uso de los radicales libres (Panavas y Rubinstein, 1998). La senescencia de flores está relacionada con la producción de especies reactivas de oxígeno, las cuales causan daño severo a las células si se incrementan a niveles críticos y no son eliminadas por sistemas antioxidantes (Foyer *et al.*, 1994). Se ha observado que la actividad de catalasa y peroxidasa se incrementa con la senescencia de flores como *Hemerocallis* (Panavas y Rubinstein, 1998) e *Iris sp.* (Bailly *et al.*, 2001), pero en rosa se reporta una disminución (Sood *et al.*, 2006). La menor actividad de catalasa y peroxidasa en las flores de lisianthus almacenadas en seco, indica una mayor producción de radicales libres y por tanto un menor

had a shelf life inflorescences of nine days, store for five days with or without water was of nine days, while storage for 10 and 15 days increased lifespan by 14 and 19 days, respectively (Figure 3C).

Harbaugh *et al.* (2000) assessed postharvest life of 47 cultivars of lisianthus in solution Chrysal® Professional 2, determining a vase-life between 13 and 31 days. Recently; however, Clark *et al.* (2010) reported a minimum postharvest

life between two and eleven days in 16 new cultivars, and to evaluate preservative solutions on vase found that the solutions did not affect vase-life on eleven, three were affected positively and two negatively; in cultivars where postharvest life was improved from 1.5 to 6.5 d. Armitage and Laushman (2003) indicated that, the post-harvest life of lisianthus is between 10 and 15 days.

The above discussion suggests differences in postharvest life of each cultivar and must be evaluated with each different technology in order to increase postharvest life; preservative solutions and cooling can be significant. For the cultivar 'ABC Blue Rim', the length of the cooling period increased its postharvest life, up to 19 days (Figure 3A) without placing preservative solution, it is necessary to evaluate the behaviour of this cultivar in this solution and combine it with cooling.

desempeño de su vida en florero. En tanto que las flores almacenadas en agua la mayor actividad se relaciona con un mejor funcionamiento de estas enzimas y evita la rápida senescencia de las flores.

Conclusiones

El almacenamiento en seco por 5 días a 3 °C y 80% HR de lisianthus 'ABC Blue Rim' es factible, pero no debe superar ese periodo de almacenamiento. El almacenamiento en húmedo durante cinco, 10 y 15 días a 3 °C y 80% HR, incrementa su vida poscosecha en 9, 14 y 19 días, respectivamente con buena apariencia y con una apertura de tres flores. El almacenamiento en agua de lisianthus 'ABC Blue Rim' ayuda a mantener por más tiempo un mejor balance hídrico. Los cambios en respiración y producción de etileno indican que el lisianthus 'ABC Blue Rim' es una flor climatérica.

Agradecimientos

La primera autora agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por otorgar beca para estudios de posgrado.

Literatura citada

- Ahamd, I.; Dole, J. M.; Anjad, A. and Ahmad, S. 2012. Dry storage effects on postharvest performance of selected cut flowers. *HorTechnology* 22:463-469.
- Alia, T. I.; Colinas, L. M. T.; Martínez, D. M. T. y Soto, H. R. M. 2005. Daños por frío en Zapote Mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore and Stearn). II Cambios en fenoles totales y actividad enzimática. *Rev. Fitotec. Mex.* 28(1):25-32.
- Arora, A. 2008. Biochemistry of flower senescence. *In: postharvest biology and technology of fruits, vegetables, and flowers.* Paliyath, G. D.; Murr, A.; Handa, K. Lurie, S. (Ed.). Wiley-Blackwell. 51-85 pp.
- Armitage, A. M. and Laushman, J. M. 2003. Specialty cut flowers. Timber Press, Portland, Oregon. 372 p.
- Bailly, C.; Corbineau, F. and van Doorn, W. G. 2001. Free radical scavenging in senescence in Iris tepals. *Plant Physiol. Biochem.* 39:649-656.
- Berliengeri, D. M. F. and Mattiuz, B. H. 2000. Effects of temperature on some senescence parameters during dry storage of cut flowers of Gerbera 'Suzane'. *Acta Horticulturae.* 847:399-407.

Dry storage suggests that only for five days can be kept dry lisianthus 'ABC Blue Rim', without significantly improve in the postharvest life. Ahmad *et al.* (2012) to evaluate the effect of dry storage and wet lisianthus 'ABC Purple' to 2 °C between 1 and 3 weeks, concluded that responds poorly to dry storage and is best done wet as their postharvest life is larger.

The catalase activity in control inflorescences significantly increased during postharvest values 0.25 the first day of assessment to 1 on the ninth day and finally a maximum of 6.3 U_g⁻¹ of fresh weight (Figure 4A). The inflorescences stored in water for 5, 10 and 15 d significantly increased activity coming out of storage after reaching the maximum activity decreased (Figure 4A), inflorescences stored dry for five days showed a constant activity after out of storage (Figure 4A). Peroxidase activity in control inflorescences was constant, with values between 0.1 and 0.4 U_g⁻¹ for fresh weight (Figure 4B), whereas the other treatments inflorescences peroxidase activity was similar to that of catalase (Figure 4B).

Catalase is an enzyme that uses hydrogen peroxide as substrate, this molecule in plants for various oxidation reactions, leading to the generation of free radicals (Halliwell and Guttridge 1998). Peroxidase is yet another enzyme that is related to the generation and use of free radicals (Panavas and Rubinstein, 1998). Flower senescence is related to the production of reactive oxygen species, which cause severe damage to cells if increased at critical levels and are not eliminated by antioxidant systems (Foyer *et al.*, 1994). It has been observed that, the activity of catalase and peroxidase increases with flower senescence as Hemerocallis (Panavas and Rubinstein, 1998), Iris sp. (Bailly *et al.*, 2001), but a decrease in rose is reported (Sood *et al.*, 2006). The lower activity of catalase and peroxidase in lisianthus flowers stored dry, indicate increased production of free radicals and thus lower yield of their vase-life. While flowers water stored in the highest activity was associated with improved performance of these enzymes and prevents premature senescence of flowers.

Conclusions

Dry storage for 5 days at 3 °C and 80% RH of lisianthus 'ABC Blue Rim' is feasible, but should not exceed the storage period. The wet storage for 5, 10 and 15 days at 3 °C and

- Cevallos, J. C. and Reid, M. S. 2001. Effect of dry and wet storage at different temperatures on the base life of cut flowers. *HorTechnol.* 11:199-202.
- Cruz, C. E.; Arévalo, G. L.; Cano, M. R. and Gaytán, A. E. A. 2006. Soluciones pulso en la calidad poscosecha de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* Raf.) cv. 'Echo Blue'. *Agric. Téc. Méx.* 32:191-200.
- Chamani, E.; Arshad, M. and Pourbeyrami, Y. 2009. Response of various cut lisianthus cultivars to silver thiosulfate treatment. *J. Food Agric. Environ.* 7:746-748.
- Cho, M. S.; Celikel, F. G.; Dodge, L. and Reid, M. S. 2001. Sucrose enhances the postharvest quality of cut flowers of *Eustoma grandiflorum* (RAF.) SHINN. *Acta Hort.* 543:305-315.
- Clark, M. R. E.; Dole, J. M.; Carlson, A. S.; Moody, E. P.; McCall, I. F.; Fanelli, F. L. and Fonteno, W. C. 2010. Vase life of new cut flower cultivars. *HorTechnol.* 20:1016-1025.
- De la Riva, F.; Mazuela, P. C.; Álvaro, J. E. and Urrestarazu, M. 2009. Treatment with peracetic acid extends the base life of lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) flowers. *HortScience* 44:418-420.
- Dole, J. M. and Wilkins, H. F. 2005. *Floriculture. Principles and species.* Pearson Prentice Hall. 1021 p.
- Donald, A. H.; Lange, N. E. and Reid, M. S. 2004. Physiology of flower senescence. *In: plant cell death processes.* Noodén, L. D. (Ed.). Elsevier Academic Press. San Diego, California, USA. 307-318 pp.
- Farokhzad, A.; Khalighi, Y.; Mostofi, A. and Naderi, R. 2005. Role of ethanol in the vase life and ethylene production in cut lisianthus (*Eustoma grandiflorum* Mariachi. cv. Blue) flowers. *J. Agric. Social Sci.* 4:309-312.
- Field, R. J. 1990. Influence of chilling stress on ethylene production. *In: chilling injury of horticultural crops.* Wang, C. Y. (Ed.). CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. 235- 253 pp.
- Halliwell, B. and Gutteridge, J. M. C. 1989. *Free radicals in biology and medicine.* Clarendon Press, Oxford, UK.
- Harbaugh, K. B.; Bell, M. L. and Liang, R. 2000. Evaluation of forty-seven cultivars of lisianthus as cut flower. *HorTechnol.* 10:812-815.
- Hassanpour, M. and Karimi, M. 2010. Efficiency of benzyladenine reduced ethylene production -and extended base life of cut *Eustoma* flowers. *Plant Omics J.* 3:199-203.
- Hojjati, Y.; Khalighi, A. and Farokhzad, A. R. 2007. Chemical treatment of *Eustoma* cut flower cultivars for enhanced vase life. *J. Agric. Soc. Sci.* 3:75-78.
- Huang, K. L. and Chen, W. S. 2002. BA and sucrose increase vase life of cut *Eustoma* flowers. *HortSci.* 37:547-549.
- Huxley, A. M.; Griffiths, M. and Levy, M. 1992. *Eustoma.* *In: the new royal horticultural society dictionary of gardening.* V. 2. Stockton Press. New York. 271 p.
- Ichimura, K. 1998. Improvement of postharvest life in several cut flowers by addition of sucrose. *Japan Agric. Res. Quarterly* 32:275-280.
- Ichimura, K.; Shimamura, M. and Hisamatsu, T. 1998. Role of ethylene in senescence of cut *Eustoma* flowers. *Postharvest Biol. Technol.* 14:193-198.
- Islam, N.; Patil, G. G. and Gislrod, H. R. 2003. Effects of pre and postharvest conditions on vase life of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. *Eur. J. Hortic. Sci.* 68:272-278.
- 80% RH, increases their postharvest life on 9, 14 and 19 days respectively with good looks and an opening of three flowers. The water storage of lisianthus 'ABC Blue Rim' helps to keep for longer a better water balance. Changes in respiration and ethylene production indicate that lisianthus 'ABC Blue Rim' is a climacteric flower.

End of the English version



- Kazemi, M. and Aghdasi, S. 2012. Postharvest life of cut lisianthus flowers as affected by silicon, malic acid and acetylsalicylic acid. *Res. J. Soil Biol.* 4:15-20.
- Kazemi, M. and Shorki, K. 2011. Role of salicylic acid in decrease of membrane senescence in cut lisianthus flowers. *World Appl. Sci. J.* 13:142-146.
- Kazemi, M.; Ara, M. and Zamani, S. 2011. Extending the vase life of lisianthus (*Eustoma grandiflorum* mariachi. cv. Blue) with different preservatives. *Am. J. Plant Physiol.* 6:167-175.
- Kioamohammadi, M. and Hashemaabadi, D. 2011. The effects of different floral preservative solutions on vase life of lisianthus cut flowers. *J. Ornamental Hortic. Plants* 1:115-122.
- Kumar, N.; Srivastava, G. C. and Dixit, K. 2008. Flower bud opening and senescence in roses (*Rosa hybrida* L.). *Plant Growth Regulation.* 55:81-99.
- Liao, L. J.; Lin, Y. M.; Huang, K. L. and Chen, W. S. 2001. Vase life of *Eustoma grandiflorum* as affected by aluminum sulfate. *Bot. Bulletin Academia Sinica.* 42:35-38.
- Loyola, L. N. y Guzmán, C. S. 2009. Evaluación de lisianthus en poscosecha (*Eustoma grandiflorum*) cv. Heidi, destinado como flor de corte al mercado local. *IDESA.* 27:61-70.
- 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 Hort.* 847:215-222.
- Maxie, E. C.; Farnham, D. S.; Mitchel, F. G.; Sommer, N. F.; Parson, R. A.; Snyder, R. G. and Rael, H. L. 1973. Temperature an ethylene effects on cut flowers of carnations (*Dianthus caryophyllus*). *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 98:568-572.
- Mosqueda, L. G.; Arévalo, G. L.; Valdovinos, P. G.; Rodríguez, P. J. E. y Colinas, M. T. L. 2012. Manejo y almacenamiento en seco y húmedo de cuatro cultivares de rosa de corte. *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 18:317-323.
- Mosqueda, L.; Arévalo, G. L.; Valdovinos, P. G.; Rodríguez, P. J. E. y Colinas, L. M. T. 2011. Época de corte y manejo poscosecha de ocho cultivares de rosa de corte. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 3:591-602.
- Nell, T. A. y Reid, M. 2002. Poscosecha de las flores y plantas. Ediciones Horticultura. Bogotá, Colombia. 216 p.
- Panavas, T. y Rubinstein, B. 1998. Oxidative events during programmed cell death of daylily (*Heremerocallis* hybrid) petals. *Plant Sci.* 133:125-138.
- Paulin, A. 1997. Poscosecha de las flores cortadas bases fisiológicas. *HortiTecnica.* Santa Fe, Colombia. 142 p.
- Shimizu, Y. H. and Ichimura, K. 2010. Combination pulse treatment of 1-naphthaleneacetic acid and aminoethoxyvinylglycine greatly improves postharvest life in cut *Eustoma* flowers. *Pos. Biol. Technol.* 56:104-107.

- Saeed, T.; Hassan, I.; Akhtar, N. and Jilani, G. 2014. Effect of gibberellic acid on the vase life and oxidative activities in senescing cut gladiolous flowers. *Plant Growth Reg.* 72:89-95.
- Sood, S.; Vyas, D. and Nagar, P. K. 2006. Physiological and biochemical studies during flower development in two rose species. *Scientia Hort.* 108:390-396.
- Van Doorn, W. G. 2012. Water relations of cut flowers: an update. *Hortic. Rev.* 40:55-106.
- Wills, R.; MacGlasson, B.; Graham, D. and Joyce, D. 2007. *Postharvest. An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals.* CABI. Everbest, China. 227 p.