

EFFECTO DEL MANEJO SECO Y HÚMEDO EN LA CALIDAD POSTCOSECHA DE TRES CULTIVARES DE *Rosa hybrida*

DRY AND WET MANAGEMENT EFFECTS ON THE POST-HARVEST QUALITY OF THREE *Rosa hybrida* CULTIVARS

Gumerciendo H. De La Cruz-Guzman¹, Ma. de Lourdes Arévalo-Galarza^{2*}, Cecilia B. Peña-Valdivia², M. Teresa Lao-Arenas³, Ana M. Castillo-Gonzalez⁴, M. Teresa Colinas-León⁴, Manuel Mandujano-Piña¹

¹Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Tlalnepantla, México. ²Colegio de Postgraduados. Recursos Genéticos y Productividad-Fisiología Vegetal, Campus Montecillo. Texcoco, México. (larevalo@colpos.mx). ³Departamento de Agronomía, Universidad de Almería, España. ⁴Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

RESUMEN

La escasez de agua es uno de los problemas principales en la agricultura y técnicas alternativas son necesarias para reducir el consumo. Durante el manejo postcosecha de flores de corte el uso excesivo de agua potable es común después de la cosecha, durante la selección-empaque y durante el transporte para evitar la deshidratación de los tallos florales. Los estudios de los beneficios de esta práctica de hidratación reiterada son escasos. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del manejo con agua (húmedo) y sin ella (seco) después de la cosecha (fase I) y durante el almacenamiento refrigerado (fase II) en la vida de florero de los cultivares de rosa (*Rosa hybrida*) Blush, Freedom y Topaz, con importancia comercial. La hipótesis fue que el efecto del manejo seco de los tallos de rosa modifica la vida en florero en dependencia del cultivar. En la fase I un lote de flores de corte se mantuvo en condición seca y otro se colocó en contenedores con agua potable. En la fase II (los tallos permanecieron a 1 ± 1 °C y HR 85 % por 7 d) cada lote se dividió en dos y se mantuvieron en condición seca y húmeda. Luego, la vida en florero se evaluó en los tallos a temperatura ambiente (20 ± 3 °C y 56 % HR). Las variables evaluadas fueron biomasa fresca del tallo floral, apertura floral, apertura del poro estomático, unidades formadoras de colonias (UFC; bacterias) e incidencia de *Botrytis* sp. El diseño experimental fue completamente al azar, con 12 tratamientos formados por tres cultivares y cuatro combinaciones de manejo; la unidad experimental fue un tallo floral y se incluyeron diez por tratamiento. El tipo de manejo durante la fase II tuvo efecto mayor que en la fase I. La reacción de los tres cultivares fue similar a ambos tipos de manejo durante la fase I, pero el

ABSTRACT

Water shortage is one of the main agricultural issues and alternative techniques are necessary to reduce its consumption. During the cut flowers post-harvest management, the excessive use of clean tap water is common after harvest, during the selection-packing process and during transportation to avoid dehydration of the flower stems. The studies about the benefits from this repeated hydration practice are scarce. The objective of this study was to evaluate the effect of the management with water (wet) and without it (dry) after harvest (phase I), during cold storage (phase II) and the vase life of rose cultivars (*Rosa hybrida*) Blush, Freedom and Topaz cultivars which have commercial importance. We hypothesized that the effects of the dry management of the rose stems modify the life in vase regard their cultivar. During phase I, a batch of cut flowers was kept in dry conditions and another placed in containers with clean tap water. At phase II (the stems remained at 1 ± 1 °C and 85 % RH for 7 d) each batch divided in two and kept in a dry and wet condition. Then, vase life was evaluated on the stems at room temperature (20 ± 3 °C and 56 % RH). The evaluated variables were the fresh biomass of the floral stem, floral opening, opening of the stomata pores, colony forming units (CFU, bacteria) and the incidence of *Botrytis* sp. The experimental design was completely randomized, with 12 treatments consisting of three cultivars and four management combinations each; the experimental unit was a floral stem from which ten were included per treatment. The management differences during phase II had a greater effect than in phase I. The three cultivars had similar reactions to both types of management during phase I, but dry handling during phase II significantly increased vase life. The effect of wet or dry management in phase I and II, in the vase life of rose stems, is partially dependent on the cultivar.

*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: junio, 2017. Aprobado: noviembre, 2017.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 52: 1137-1148. 2018.

Key words: *Botrytis* spp., floral opening, stomatal pore opening, colony forming units, rose stems, vase life.

manejo seco durante la fase II aumentó significativamente la vida en florero. El efecto del manejo húmedo o seco en la fase I y II, en la vida en florero de tallos de rosa, es parcialmente dependiente del cultivar.

Palabras clave: *Botrytis* sp., apertura floral, apertura del poro estomático, unidades formadoras de colonias, tallos de rosa, vida en florero.

INTRODUCCIÓN

Los floricultores utilizan soluciones hidratantes o agua potable para mantener la turgencia de las flores de corte durante el manejo postcosecha. En este proceso los tallos pueden permanecer hidratados (manejo húmedo) o sin hidratar (manejo seco) por algunos periodos, como durante el transporte al empaque o en el almacén (Rudnicki *et al.*, 1986; Arévalo-Galarza *et al.*, 2012). El agua limpia cada vez es más escasa y su costo ha aumentado, por lo que es necesario establecer técnicas que reduzcan su consumo durante el manejo postcosecha.

La rosa (*Rosa hybrida*) es una de las especies ornamentales con mayor superficie sembrada en México, con una producción de casi 7 millones de gruesas en el 2015 (SIAP, 2017). Tradicionalmente los productores de rosa colocan los tallos florales intermitentemente en contenedores con agua pura o en soluciones preservativas durante todo el manejo postcosecha, lo que implica un gasto excesivo de agua. El manejo seco durante el almacenamiento tiene ventajas, como uso de espacios eficiente porque se almacenan más tallos por unidad de área en la cámara frigorífica, disminución de los costos por la reducción de mano de obra y ahorro de agua (Macnish *et al.*, 2009; Mosqueda-Lazcares *et al.*, 2011).

Sin embargo, algunas especies no toleran el almacenamiento seco, como la dahlia (*Dahlia hybrida*), freesia (*Freesia hybrida*), gerbera (*Gerbera jamesonii*) y gypsophila (*Gypsophila elegans*) (Nowak y Rudnicki, 1990). Así, los tallos de lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) almacenados a 2 ± 1 °C, disminuyeron 42 % su vida en florero al mantenerlos con manejo húmedo, pero 54 % al almacenarlos en condición seca. El efecto de la combinación de la condición húmeda o seca antes del almacenamiento (fase I) y durante el almacenamiento (fase II) en la calidad de las flores de corte se desconoce.

INTRODUCTION

Flower growers use hydrating solutions or clean tap water to maintain the cut flowers turgor during their postharvest handling. In this process, the stems can remain hydrated (wet management) or without hydration (dry management) for some time, during transport for packaging or warehouse (Rudnicki *et al.*, 1986; Arévalo-Galarza *et al.*, 2012). Clean water is increasingly scarce, and its cost has increased. Therefore, it is necessary to establish techniques that reduce its consumption during cut flower postharvest handling.

The rose (*Rosa hybrida*) is one of the ornamental species with the largest planted surface in Mexico, its production amount almost 7 million gross in 2015 (SIAP, 2017). Traditionally, cut rose producers place the flower stems intermittently in containers with tap water or preservative solutions throughout the post-harvest handling, which implies an excessive water expenditure. Dry handling during storage has advantages, such as the efficient use of spaces is because more stems are stored per unit area in cold store, thus lower costs due to reduced labor and water savings (Macnish *et al.*, 2009; Mosqueda-Lazcares *et al.*, 2011).

However, some species are not tolerant to dry storage, such as dahlia (*Dahlia hybrida*), freesia (*Freesia hybrida*), gerbera (*Gerbera jamesonii*) and gypsophila (*Gypsophila elegans*) (Nowak and Rudnicki, 1990). This is the case of lisianthus stems (*Eustoma grandiflorum*) stored at 2 ± 1 °C, which decreased their vase life by 42 % when kept in humid management, but 54 % when stored in dry condition. The effect of the combination of the wet or dry condition before storage (phase I) and during storage (phase II) on the quality of the cut flowers is still unknown.

The objective of this research was to evaluate the effect of water management (wet) and without it (dry) during phase I and phase II with refrigeration on the vase life of Blush, Freedom and Topaz rose cultivars. These results could optimize postharvest handling and reduce water management. The hypothesis was that the effect of the dry management on rose stems modifies their life in vase, compared with the humid handling relative, which is dependent upon the cultivar.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del manejo con agua (húmedo) y sin ella (seco) en la fase I y la fase II con refrigeración en la vida en florero de los cultivares de rosa Blush, Freedom y Topaz. Los resultados podrían optimizar su manejo postcosecha y reducir el agua para su manejo. La hipótesis fue que el efecto del manejo seco de los tallos de rosa modifica la vida en florero, en comparación con el manejo húmedo, en dependencia del cultivar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y tratamientos

Cuarenta tallos florales de cada uno de los cultivares Blush, Freedom y Topaz de rosa, cultivados en un invernadero comercial, se cosecharon a las 07:00. La longitud promedio de los tallos fue 70 cm. De inmediato (fase I) los tallos de cada cultivar se separaron en dos lotes de 20 tallos cada uno. El primer lote se envolvió en papel kraft, se colocó en bolsas negras de polietileno y se mantuvieron en el invernadero por 4 h (S_{FI}); el segundo lote se colocó en contenedores con agua potable (pH 7.5; $CE\ 563\ \mu S\ cm^{-1}$), el agua cubrió 10 cm de la base del tallo y permanecieron 4 h en el invernadero (H_{FI}). Las condiciones promedio en el invernadero fueron: $22\pm 3\ ^\circ C$ y 77 % HR.

Después los dos lotes de los tres cultivares se transportaron al laboratorio, cada tallo se pesó y se recortaron 5 cm de su base. Cada lote se subdividió en dos y se almacenaron a $1\pm 1\ ^\circ C$ y 85 % de HR por 7 d (FII), uno de ellos en contenedores con agua potable (H_{FII}) y otro se envolvió en papel kraft y se guardó en bolsas negras de polietileno (S_{FII}). Como resultado hubo cuatro condiciones de manejo o tratamientos ($S_{FI}+S_{FII}$, $S_{FI}+H_{FII}$, $H_{FI}+S_{FII}$, $H_{FI}+H_{FII}$) por cultivar.

Al final del almacenamiento se separaron 5 cm de la base de los tallos para ayudar a reestablecer el flujo hídrico, se eliminó parcialmente el follaje dejando en cada tallo dos hojas trifoliadas y tres pentafoiliadas. Luego cada tallo floral se colocó en un contenedor con 200 mL de agua potable, y se distribuyeron al azar en un cuarto con fotoperíodo 12:12 h (iluminación de $10\ \mu moles\ m^{-2}\ s^{-1}$), a $20\pm 3\ ^\circ C$ y 56 % HR para su evaluación.

Vida en florero (VF) y apertura floral

En los tallos florales se evaluó la VF, que correspondió al número de días para presentarse alguno de estos síntomas de senescencia: puntos necróticos en la periferia de los pétalos, pérdida de turgencia, doblamiento del cuello, caída de pétalos y amarillamiento o abscisión de las hojas. También, desde el

MATERIALS AND METHODS

Plant material and treatments

Forty flower stems from each of the Blush, Freedom and Topaz rose cultivars grown in a commercial greenhouse were harvested at 7:00. The average stem length was 70 cm. Immediately (phase I) the stems of each cultivar were separated into two lots of 20 stems each. The first batch was wrapped in kraft paper, placed in black polyethylene bags and kept in a greenhouse for 4 h (S_{FI}), the second batch was placed in containers with tap water (pH 7.5, $EC\ 563\ \mu S\ cm^{-1}$); the water covered 10 cm of the base of the stem, and remained 4 h at the greenhouse (H_{FI}). The average environmental conditions in the greenhouse were: $22\pm 3\ ^\circ C$ and 77 % RH.

Afterwards, the two batches from the three cultivars were transported to a laboratory, each stem was weighed and had 5 cm from its base removed. Each batch was subdivided into two and stored at $1\pm 1\ ^\circ C$ and 85 % RH for 7 d (FII), one in containers with tap water (H_{FII}) and other, wrapped in kraft paper and stored in black polyethylene bags (S_{FII}). As a result, there were four management conditions or treatments ($S_{FI}+S_{FII}$, $S_{FI}+H_{FII}$, $H_{FI}+S_{FII}$, $H_{FI}+H_{FII}$) per cultivar.

At the end of the storage, 5 cm of the base of the stems were removed to help re-establish the water flow in the stems. The foliage was partially eliminated, leaving in each stem two trifoliolate leaves and three pentafoiliate. Subsequently, flower stems were individually placed in a 200 mL container with tap water, and randomly distributed in a room with a 12:12 h (illumination of $10\ \mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$) photoperiod, at $20\pm 3\ ^\circ C$ and 56 % RH to be evaluated.

Life in vase (VF) and floral opening

The flower stems VF was evaluated, which corresponded to the number of days it took for any of the following symptoms of senescence to appear: necrotic spots on the periphery of the petals, turgor loss, stem bending, falling petals and yellowing or abscission of the leaves. Also, from the third day on, the apical diameter of the flower buds, the relation between the floral opening and the maximum opening were evaluated, which, according to De La Cruz *et al.* (2015) are 67.2 mm for Freedom, 88.7 mm for Topaz and 90.3 mm for Blush cultivars.

Fresh biomass (BF), water absorption and evapotranspiration rate

Each floral stem was daily weighed, and their percentage biomass gain or loss of was calculated. The water in each

tercer día se evaluó el diámetro apical de los botones florales; la relación entre la apertura floral y la apertura máxima que, según De La Cruz *et al.* (2015) es 67.2 mm para el cultivar Freedom, 88.7 mm para Topaz y 90.3 mm para Blush.

Biomasa fresca (BF), absorción de agua y tasa evapotranspiratoria

Cada tallo floral se pesó diariamente y se calculó el porcentaje de ganancia o pérdida de biomasa. El agua de cada vaso se pesó y se determinó el agua absorbida ($\text{mL g}^{-1} \text{d}^{-1}$) (Rezvanypour y Osfoori, 2011). El peso total del tallo y la tasa de absorción de agua se utilizaron para calcular diariamente la tasa evapotranspiratoria (TE) con la siguiente ecuación:

$$TE = \frac{[(BF_n) - (BF_0) + [(PS_n - 1) - PS_n]]}{Bit}$$

donde *TE*: tasa evapotranspiratoria (g g^{-1}); *BF_n*: biomasa del tallo floral en el día 1, 2, 3, *n*; *BF₀*: biomasa del tallo en el día previo; *PS_{n-1}*: biomasa de la solución en el día previo; *PS_n*: peso de la solución en el día 1, 2, 3, *n*; *Bit*: biomasa inicial del tallo floral.

Unidades formadoras de colonia (UFC)

En el primero y cuarto día de vida en florero se cuantificaron las UFC en el agua del florero de cada tratamiento; el testigo fue el agua potable sin tallo floral. Esta evaluación se realizó por duplicado, por tratamiento en cada día de evaluación. Para ello, se colocó 1 mL de solución de florero en el centro de una placa para recuentos de aerobios totales (PetriFilm 3M™), se mantuvieron a temperatura ambiente por 72 h y se realizó el recuento de UFC.

Número de estomas y apertura del poro estomático

El número de estomas y la apertura del poro estomático se evaluaron el primero y cuarto día de vida en florero en impresiones epidérmicas de la segunda hoja pentafoliada. Para esto, entre las nervaduras se aplicó una capa de barniz cosmético transparente, se secó 30 min, se desprendió la capa y se montó sobre un portaobjetos, con el lado de la impresión hacia el microscopio. Las fotografías se tomaron con el objetivo 6.3X de un fotomicroscopio (III, Carl Zeiss) con cámara digital integrada para microscopía (PAXcam 3). El número de estomas se cuantificó por milímetro cuadrado y el área del poro estomático se midió en las fotografías tomadas con el objetivo 40 X del mismo microscopio. La segmentación de los poros se realizó con el

container was weighed and the water absorbed (mL g^{-1}) was assessed (Rezvanypour and Osfoori, 2011). The total weight of the stem and the water absorption rate were used to calculate the evapotranspiration rate (TE) daily with the following equation:

$$TE = \frac{[(BF_n) - (BF_0) + [(PS_n - 1) - PS_n]]}{Bit}$$

where *TE*: evapotranspiration rate (g g^{-1}); *BF_n*: biomass of the floral stem on day 1, 2, 3, *n*; *BF₀*: stem biomass on the previous day; *PS_{n-1}*: biomass of the solution on the previous day; *PS_n*: weight of the solution on day 1, 2, 3, *n*; *Bit*: initial biomass of the floral stem.

Colony forming units (CFU)

On the first and fourth day of VF, the CFUs were quantified at the vase water of each treatment; the control was the tap water without the floral stem. This evaluation was carried out by duplicate and by treatment on each evaluation day. For this, 1 mL vase solution was placed in the center of a plate for total aerobic counts (PetriFilm 3M™), kept at room temperature for 72 h and then the CFU was assessed.

Stomatal pore opening and number of stomata

The number of stomata and the opening of the stomatal pores was assessed on the first and fourth VF day on epidermal impressions of the second pentafoliate leaf. For this, a layer of transparent cosmetic varnish was applied between the ribs, allowed to dry for 30 min, the layer was detached and mounted on a slide, with the print side facing the microscope. Photographs were taken with a 6.3X objective in a photomicroscope (III, Carl Zeiss) with integrated digital camera for microscopy (PAXcam 3). The stomas number was quantified per square millimeter and the stomatal pore area was measured in the photographs taken with the 40X objective in the same microscope. Pores segmentation was done with the GIMP, 2.8.4 software, and the area was obtained with the Image tool (3.40) (Willcox *et al.*, 2002).

Botrytis sp. incidence

The incidence of *Botrytis* sp. by the seventh evaluation day in vase was determined *via* a visual scale that considered four damage levels: 0) absence of visible symptoms, 1) necrotic points on the petals (maximum three on one petal or five on several petals), 2) necrotic spots on maximum three petals, 3) brown

software libre GIMP, 2.8.4 y el área se obtuvo con Image tool (3.40) (Willcox *et al.*, 2002).

Incidencia de *Botrytis* sp.

La incidencia de *Botrytis* sp. se determinó el séptimo día de la vida en florero mediante una escala visual que consideró cuatro niveles de daño: 0) ausencia de síntomas visibles, 1) puntos necróticos en los pétalos (máximo tres en un pétalo o cinco en varios pétalos), 2) manchas necróticas sobre tres pétalos máximo, 3) manchas marrones en el ápice de los pétalos y pérdida de turgencia, 4) mancha marrón extendida en la mayor parte de la superficie, incluyendo el centro, marchitamiento y caída de pétalos (Figura 1). Cuando los tallos florales presentaban nivel 3 se consideraba concluida su vida en florero, aunque las hojas estuvieran turgentes. La identificación de *Botrytis* sp. se realizó a través del aislamiento, purificación e identificación del género con las claves de Barnett and Hunter (1998).

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial $3 \times 2 \times 2$ (tres variedades \times dos tratamientos en fase I \times dos tratamientos en fase II). La unidad experimental fue un tallo floral y diez de ellos se incluyeron como repeticiones. Las variables evaluadas fueron: vida en florero, biomasa fresca del tallo floral, apertura floral, tasa de evapotranspiración e incidencia de *Botrytis* sp. Además, el número de estomas se contabilizó y la apertura estomática se midió en el área central de cinco hojas y se analizaron 15 campos (tres por hoja). Las UFC se cuantificaron en la solución de dos floreros, por tratamiento, seleccionados aleatoriamente. Los datos se analizaron con ANDEVA y se determinaron las diferencias significativas con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); además, se obtuvieron las interacciones entre los factores.

spots at the apex of the petals and loss of turgor, 4) brown spots spread over most of the surface, including the center, wilting and falling petals (Figure 1). Floral stems turning level 3 were considered at the end of their VF, even if their leaves were turgid. The identification of *Botrytis* sp. was done through the isolation, purification and identification of the genus using the Barnett and Hunter (1998) keys.

Experimental design and statistical analysis

The experimental design was completely randomized with a $3 \times 2 \times 2$ factorial arrangement (three varieties \times two treatments in phase I \times two treatments in phase II). The experimental unit was a floral stem, and ten of them were included as repetitions. The evaluated variables were: life in vase, fresh biomass of the floral stem, floral opening, evapotranspiration rate and *Botrytis* sp. incidence. In addition, the number of stomata was counted and stomatal opening measured at the central area from five leaves, 15 fields were analyzed (three per sheet). The CFU were analyzed from a solution of two vases, by treatment, randomly selected. The data were analyzed with ANOVA and the significant differences were determined with the Tukey test ($p \leq 0.05$); besides, the interactions between the factors were obtained.

RESULTS AND DISCUSSION

Life in vase and floral opening

On average, the VF of Topaz cultivar was the highest (14 %, $p \leq 0.05$) amongst the three evaluated cultivars (Table 1). In both postharvest phases of the stems in dry handling, out of the three cultivars had VF at least 20 % higher than with their similar in wet management. The cultivar-phase relation was highly



Figura 1. Escala visual para calificar la incidencia de *Botrytis* sp. en rosa (*Rosa hybrida*).
Figure 1. Visual scale to qualify *Botrytis* sp. incidence in roses (*Rosa hybrida*).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Vida en florero y apertura floral

En promedio la VF del cultivar Topaz fue la mayor (14 %, $p \leq 0.05$) de los tres cultivares (Cuadro 1). En ambas fases de la postcosecha los tallos con manejo seco de los tres cultivares tuvieron VF al menos 20 % mayor que su similar en manejo húmedo. La relación cultivar-fase fue altamente significativa y mostró que especialmente en los cultivares Blush y Topaz la condición seca durante la fase II fue determinante para una VF mayor. El manejo húmedo en ambas fases redujo estadísticamente la VF del cultivar Freedom (Cuadro 1). El almacenamiento en la condición húmeda (H_{FII}) mantuvo hidratados los tallos y al mantener la actividad metabólica de los tejidos, la apertura floral continuó y restó tiempo a la vida en florero después del almacenamiento. Este fue el caso de los botones florales de lisianthus (*Eustoma russellianum*) almacenados en

significant and showed especially that in Blush and Topaz cultivars the dry condition during phase II was determinant for longer VF. Wet handling in both phases statistically reduced the VF of the Freedom cultivar (Table 1). Storage in humid condition (H_{FII}) kept the stems hydrated and maintained the metabolic activity of the tissues, the floral opening continued and reduced the VF after storage. This was the case of the flower buds of lisianthus (*E. russellianum*) stored in tap water, at 2 ± 1 °C, from 1 to 3 weeks, which continued growing; however, when placed in a vase exhibit a premature 25 % buds drop (2.8 buds per floral stem) compared to dry handling, which resulted in the opening of 3.7 buds per floral stem (Ahmad *et al.*, 2012).

The floral opening index from the Topaz cultivar was 10 and 20 % higher than that of the Freedom and Blush. The cultivar \times phase I relation had no effect on the floral opening; in contrast, the cultivar \times phase II relation was highly significant, showing that floral

**Cuadro 1. Vida en florero (días) de tres cultivares de rosa (*Rosa hybrida*) con manejo húmedo (H) o seco (S), antes del almacenamiento (Fase I, FI) o durante éste (Fase II, FII).
Table 1. Vase life (days) of three rose (*Rosa hybrida*) cultivars with wet (H) or dry (S) management, before (Phase I, FI) or during (Phase II, FII) storage.**

Factor e interacción	Cultivar [†]		
	Blush	Freedom	Topaz
Promedio	7.35±0.44 b	7.30±0.38 b	8.37±0.32 a
Cultivar en FI			
H	6.90±0.23 b	6.85±0.25 b	7.70±0.13 b
S	7.80±0.36 a	7.75±0.25 a	9.05±0.20 a
Cultivar×FI	NS	NS	NS
Cultivar en FII			
H	6.25±0.14 b	7.05±0.29 b	8.25±0.19 b
S	8.45±0.23 a	7.55±0.25 a	8.50±0.26 a
Cultivar×FII	**	**	**
Cultivar en FI y FII			
$H_{FI}+S_{FII}$	7.70±0.15 b	7.50±0.34 a	8.70±0.30 b
$H_{FI}+H_{FII}$	6.10±0.23 c	6.20±0.25 b	7.80±0.13 c
$S_{FI}+S_{FII}$	9.20±0.29 a	7.60±0.37 a	9.40±0.22 a
$S_{FI}+H_{FII}$	6.40±0.16 c	7.90±0.35 a	7.60±0.22 c
Cultivar×FI×FII	**	**	**

[†]Medias (\pm error estándar) en una columna dentro de la misma interacción de factores, con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$). H: húmedo; S: seco. Fase I: tiempo desde el corte hasta el almacenamiento (4 h); Fase II: tiempo de almacenamiento en cámara frigorífica (7 d). ** significativo ($p \leq 0.01$), NS: no significativo. † Mean values (\pm standard error) in a column within the same factor interaction, with different letters are statistically different (Tukey, $p \leq 0.05$). H: wet; S: dry. Phase I: time from cutting to storage (4 h); Phase II: time in cold storage (7 d), ** significant ($p \leq 0.01$); NS: not significant.

agua potable, a 2 ± 1 °C, de 1 a 3 semanas, que continuaron su crecimiento; pero, al colocarse en florero presentaron caída prematura de 25 % de botones (2.8 botones por tallo floral) comparado con el manejo seco, que propició la apertura de 3.7 botones por tallo floral (Ahmad *et al.*, 2012).

El índice de apertura floral del cultivar Topaz fue 10 y 20 % mayor que el de Freedom y Blush. La relación cultivar \times fase I no tuvo efecto en la apertura floral; en contraste, la relación cultivar \times fase II fue altamente significativa, mostrando que la apertura floral en los tallos de Freedom se favoreció por la condición húmeda, a diferencia de Topaz (Cuadro 2).

El índice de apertura se relaciona con la madurez del botón floral, las reservas de azúcares y la absorción de agua necesarios para la expansión de los pétalos (Ichimura y Shimizuko-Yumoto, 2007). Los tallos del cultivar Freedom tuvieron biomasa fresca (38.2 ± 0.94 g) y VF menor que los de Blush y Topaz; pero su absorción de agua fue intermedia ($0.38 \text{ mL g}^{-1} \text{ d}^{-1}$) entre esos dos. Lo anterior

opening in the Freedom stems was favored by the wet condition, unlike the Topaz cultivar (Table 2).

The opening index is related to the maturity of the flower bud, the sugars reserves and water absorption necessary for the expansion of the petals (Ichimura and Shimizuko-Yumoto, 2007). The stems from the Freedom cultivar had lower fresh biomass (38.2 ± 0.94 g) and VF than those from the Blush and Topaz cultivars; but its water absorption was intermediate (0.38 mL g^{-1}) between those two. This indirectly confirmed that the carbohydrates reserves in the stem and petals are important for flower opening (Evans and Reid, 1988).

Total fresh biomass, absorption rate and evapotranspiration

Flower stems from the three cultivars increased their total biomass (102 %) the first day in the vase, the highest increase occurred in the treatments from the Freedom cultivar (108 %) which included the

Cuadro 2. Índice de apertura floral de tres cultivares de rosa (*Rosa hybrida*) con manejo húmedo (H) o seco (S) antes (Fase I, FI) y durante el almacenamiento (Fase II, FII).
Table 2. Floral opening index of three rose (*Rosa hybrida*) cultivars in wet (H) or dry (S) management before (Phase I, FI) and during storage (Phase II, FII).

Factor e interacción	Cultivar [†]		
	Blush	Freedom	Topaz
Promedio	0.68 \pm 0.03 c	0.76 \pm 0.05 b	0.84 \pm 0.06 a
Cultivar en FI			
H	0.69 \pm 0.03 a	0.79 \pm 0.03 a	0.88 \pm 0.04 a
S	0.68 \pm 0.02 a	0.73 \pm 0.04 a	0.79 \pm 0.05 a
Cultivar \times FI	NS	NS	NS
Cultivar en FII			
H	0.70 \pm 0.02 a	0.84 \pm 0.02 a	0.67 \pm 0.03 b
S	0.67 \pm 0.03 a	0.67 \pm 0.03 b	1.00 \pm 0.02 a
Cultivar \times FII	**	**	**
Cultivar en FI y FII			
S _{FI} +S _{FII}	0.65 \pm 0.03 b	0.61 \pm 0.04 c	1.00 \pm 0.03 a
S _{FI} +H _{FII}	0.71 \pm 0.02 a	0.84 \pm 0.02 a	0.72 \pm 0.02 b
H _{FI} +S _{FII}	0.63 \pm 0.05 b	0.73 \pm 0.04 b	1.00 \pm 0.03 a
H _{FI} +H _{FII}	0.70 \pm 0.03 a	0.85 \pm 0.04 a	0.74 \pm 0.04 b
Cultivar \times FI \times FII	*	*	*

[†]Medias (\pm error estándar) en una columna dentro de la misma interacción de factores, con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey; $p \leq 0.05$). NS: no significativo, * significativo ($p \leq 0.05$), ** significativo ($p \leq 0.01$). [‡]Mean values (\pm standard error) in a column within the same factor interaction, with different letters are statistically different (Tukey; $p \leq 0.05$). NS: not significant; * significant ($p \leq 0.05$), ** significant ($p \leq 0.01$).

confirmó indirectamente que las reservas de carbohidratos en el tallo y los pétalos son importantes para la apertura de la flor (Evans y Reid, 1988).

Biomasa fresca o total, tasa de absorción y evapotranspiración

Los tallos florales de los tres cultivares aumentaron su biomasa total (102 %) el primer día en el florero, el incremento mayor fue en los tratamientos de Freedom (108 %) que incluyó las condiciones $S_{FI}-S_{FII}$ y en Topaz (109 %) en las condiciones $H_{FI}-S_{FII}$ y $S_{FI}-S_{FII}$. Desde el segundo día la biomasa total disminuyó continuamente en todos los tratamientos. Los tallos que en las dos fases se mantuvieron en condición seca, $S_{FI}-S_{FII}$, disminuyeron significativamente menos su biomasa húmeda con respecto a los manejados en condiciones húmedas, $H_{FI}-H_{FII}$. Estos resultados son explicables ya que durante el almacenamiento en agua los tallos se mantuvieron hidratados, pero los estomas tuvieron 20 % apertura mayor comparados con los tallos almacenados en condiciones secas. Los estomas abiertos mantienen el gradiente de transpiración que favorece la absorción de agua en la base de los tallos. En el día 7, la biomasa total de los cultivares Blush y Freedom estuvo entre 85 y 90 %, y en Topaz entre 92 y 95 %, por lo que éste último mostró mayor apertura floral y VF. En los tallos de los tres cultivares las pérdidas de peso fueron superiores a 15 % y se relacionó con marchitez evidente.

La tasa de absorción después del almacenamiento fue estadísticamente mayor ($0.37, 0.48$ y $0.65 \text{ mL g}^{-1} \text{ d}^{-1}$) en los tallos de los tratamientos que incluyeron la condición $S_{FI}-S_{FII}$ comparados con $H_{FI}-H_{FII}$ ($0.26, 0.29$ y $0.48 \text{ mL g}^{-1} \text{ d}^{-1}$) en Blush, Freedom y Topaz. La absorción mayor en $S_{FI}-S_{FII}$ probablemente se debió a que el estrés pudo generar un gradiente de potencial hídrico menor comparado con el generado con la hidratación previa en alguna de las dos fases. Siete días después de iniciar el periodo en florero los tallos florales del cultivar Topaz tuvieron 30 % más absorción de agua comparados con los de Blush y Freedom ($0.21 \text{ mL g}^{-1} \text{ d}^{-1}$), que además tuvieron vida menor en el florero. Cuando la tasa de absorción de agua es mayor que la de transpiración hay un balance hídrico positivo, la biomasa total se mantiene con cambios menores por más tiempo y la VF aumenta; en contraste, si la

$S_{FI}-S_{FII}$ conditions, and Topaz (109 %) at $H_{FI}-S_{FII}$ and $S_{FI}-S_{FII}$ conditions. From the second day on, the total biomass continuously decreased in all treatments. The stems in the two phases were maintained in dry condition, $S_{FI}-S_{FII}$ significantly decreased less their wet biomass relative to those handled in wet conditions, $H_{FI}-H_{FII}$. These results are explainable since during the water storage stems were kept hydrated, but the stomas had 20 % greater opening compared with the stems stored in dry conditions. The open stomata maintain the transpiration gradient that favors the absorption of water at the base of the stems. On day 7, the total biomass of the Blush and Freedom cultivars was between 85 and 90 %, and in the Topaz cultivar remained between 92 and 95 %; so the latter showed greater floral openings and VF. In the stems of the three cultivars, weight losses greater than 15 % was related to evident wilting.

The absorption rate after storage was statistically higher ($0.37, 0.48$ and 0.65 mL g^{-1}) in the stems of the treatments included the $S_{FI}-S_{FII}$ condition compared to $H_{FI}-H_{FII}$ ($0.26, 0.29$ and 0.48 mL g^{-1}) in the Blush, Freedom and Topaz cultivars. The higher absorption in $S_{FI}-S_{FII}$ was probably because the stress generated a lower water potential gradient compared to the one generated with the previous hydration in one of the two phases. Seven days after starting the vase period floral stems from the Topaz cultivar had 30 % more water absorption compared with Blush and Freedom (0.21 mL g^{-1}), which also had lower VF. When the water absorption rate is greater than that of transpiration, there is a positive water balance; the total biomass is maintained with minor changes for longer, and the VF increases. In contrast, if transpiration exceeds absorption, due to metabolic activity, vascular occlusion or both, there is a water deficit that, in turn, causes premature dulling or bending of the flower peduncle (neck bend) (Reddy and Singh, 1996; Macnish *et al.*, 2009; Hussen and Hassen, 2013).

Colony forming units (CFU)

The floral stems of the three cultivars in wet management in both phases on the first day of the VF had more CFU (136 to 189 CFU mL^{-1}), than those that had dry handling (63 to 134 CFU mL^{-1}). The same behavior was present in the evaluation on the fourth day, since it showed a significant increase

transpiración excede a la absorción, por actividad metabólica, oclusión vascular o ambas, se presenta déficit hídrico que, a la vez, causa marchitamiento o doblamiento prematuro de pedúnculo floral (bend neck) (Reddy y Singh, 1996; Macnish *et al.*, 2009; Hussen y Hassen, 2013).

Unidades formadoras de colonia (UFC)

Los tallos florales de los tres cultivares con manejo húmedo en ambas fases en el primer día de la vida en florero tuvieron más UFC (136 a 189 UFC mL⁻¹), que los que los que tuvieron manejo seco (63 a 134 UFC mL⁻¹). El mismo comportamiento se presentó en la evaluación al cuarto día, pues mostró incremento significativo en UFC, en los tallos que se mantuvieron húmedos en todas las fases (Figura 2).

El número de UFC en la solución del florero es un factor limitante en la absorción de agua en la base de los tallos. Al respecto, la rosa se identificó como una de las especies más susceptibles a la presencia de microorganismos que obstruyen la entrada de agua y reducen la VF (Bleeksma y van Doorn, 2003; Arévalo-Galarza *et al.*, 2012). Concentraciones de 10⁷ UFC mL⁻¹ disminuyeron la conductividad hídrica (Kh) y vida en florero de rosa ‘Sonia’, mientras que la oclusión del flujo hídrico ocurrió cuando en la sección basal del tallo floral el número de bacterias fue igual o superior que 10⁸ UFC mL⁻¹ (de Witte y van Doorn, 1988). En

en CFUs in the stems that remained wet in all the phases (Figure 2).

The number of CFU in the vase solution is a limiting factor in the water absorption at the base of the stems. In this regard, the rose has been identified as one of the most susceptible to microorganism species presence that obstructs water entry and reduces VF (Bleeksma and van Doorn, 2003, Arévalo-Galarza *et al.*, 2012). Concentrations of 10⁷ CFU mL⁻¹ decreased the water conductivity (Kh) and lifespan in ‘Sonia’ roses in vase, while the occlusion of water flow occurred when at the basal section of the flowers stem the number of bacteria was equal to or greater than 10⁸ UFC mL⁻¹ (de Witte and van Doorn, 1988). In the present study the vase solutions presented average values lower than 10⁷ CFU mL⁻¹; and confirmed the disadvantage of wet management, since, if the initial amount of bacteria at the base of the stems is significant and have poor hygiene during handling, bacteria occlusion risks is increased.

Number of stomata and opening of the stomatal pore

Topaz cultivar leaves showed 73.8 stomata mm⁻², this value was significantly higher than those of the Blush and Freedom cultivars (54 mm⁻² stomata). These values are close to those documented in the leaves of the Vega and Grand Gala of rose cultivars

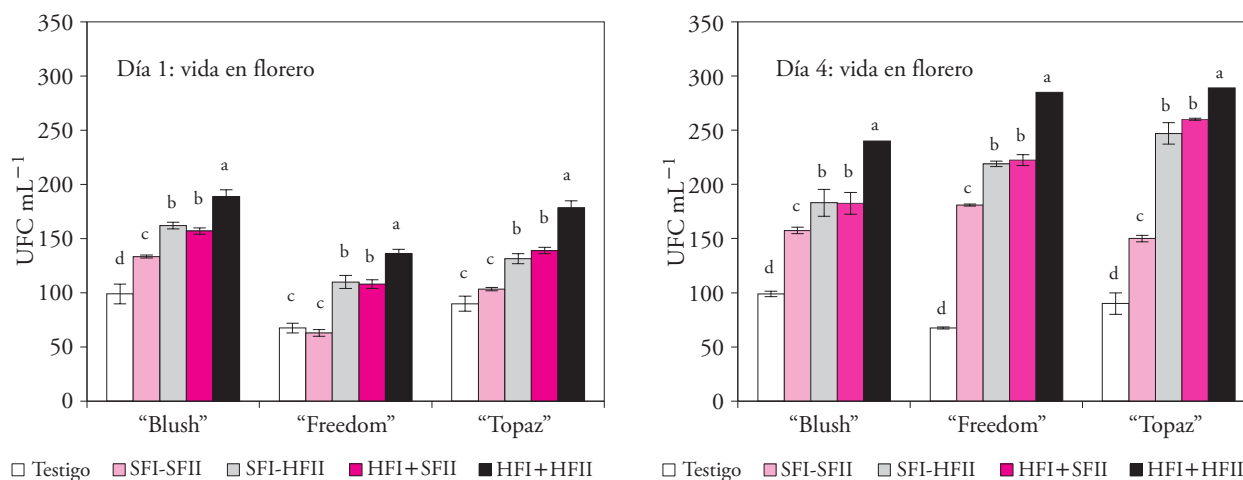


Figura 2. Unidades formadoras de colonia (UFC mL⁻¹ ± error estándar; n=2) en tres cultivares de rosas (*Rosa hybrida*) manejados en condición seca (S), húmeda (H) o combinadas antes (fase I: FI) y durante el almacenamiento (fase II: FII). Letras diferentes sobre las columnas indican diferencias estadísticas en cada cultivar (Tukey, p≤0.05).

Figure 2. Colony forming units (CFU mL⁻¹ ± standard error; n=2) in three roses (*Rosa hybrida*) cultivars handled dry and/or wet before (phase I) and during storage (phase II). Different letters on the columns indicate statistical differences in each cultivar (Tukey, p≤0.05).

nuestro estudio las soluciones de florero presentaron valores promedio menores a 10^7 UFC mL⁻¹, pero se confirmó la desventaja del manejo húmedo, ya que si la cantidad inicial de bacterias en la base de los tallos es significativa y la higiene deficiente durante el manejo, aumentan los riesgos de oclusión por bacterias.

Número de estomas y apertura del poro estomático

Las hojas del cultivar Topaz presentaron 73.8 estomas mm⁻², este valor fue significativamente mayor a las de Blush y Freedom (54 estomas mm⁻²). Estos valores son cercanos a los documentados en hojas de los cultivares Vega y Grand Gala (57.6 y 60.4 estomas mm⁻²) de rosa (Hernández-Hernández *et al.*, 2009). La densidad de estomas depende de las características genéticas de la especie, el cultivar y las condiciones de crecimiento; pero, el área de apertura del poro estomático puede variar rápido por efecto del tratamiento. El primer día en florero los cultivares con manejo seco en la primera fase (S_{FI}-S_{FII} y S_{FI}-H_{FII}) tuvieron apertura menor del poro estomático comparada con aquellos con manejo húmedo (H_{FI}-S_{FII} y H_{FI}-H_{FII}). Esto indicó que el manejo seco en la primera fase determinó la apertura estomática durante el periodo postcosecha y resultó en VF mayor. Así, la apertura estomática del cultivar Freedom fue la mayor (89 a 102 μm²), con lo que su VF fue la menor; en contraste el cultivar Topaz, que presentó la apertura estomática menor (22.7 a 32 μm²) tuvo la VF mayor (Figura 3). Estos resultados indican que el efecto del tipo de manejo modificó la apertura estomática durante la etapa postcosecha.

Incidencia de *Botrytis* sp.

La incidencia de *Botrytis* sp. en los pétalos de los tres cultivares fue menor cuando los tallos florales se manejaron en condiciones secas en ambas fases (S_{FI}-S_{FII}). El manejo húmedo durante la fase II (S_{FI}-H_{FII} o H_{FI}-H_{FII}) incrementó 50 % la incidencia del patógeno en Freedom y 75 % en Blush y Topaz. En contraste, cuando los tallos florales se manejan en condiciones húmedas durante la primera fase y secas durante la segunda (H_{FI}-S_{FII}) la incidencia de *Botrytis* sp. fue moderada (Figura 4).

Al respecto, la germinación de los conidios de *B. cinerea* depende del manejo y cambios de temperatura que provoca el agua condensada en la superficie

(57.6 and 60.4 stomata mm⁻²) (Hernández-Hernández *et al.*, 2009). Stomata density depends on genetic characteristics of species, their cultivar and the growth conditions; however, the opening area of the stomata pore can rapidly vary due to treatment effect. The first day in vase, cultivars with dry handling at the first phase (S_{FI}-S_{FII} and S_{FI}-H_{FII}) had smaller stomatal pore aperture compared with those in wet management (H_{FI}-S_{FII} and H_{FI}-H_{FII}). This indicates that dry handling in the first phase determined stomatal opening during the post-harvest period and resulted in a larger vase lifespan. Thus, stomatal opening of the Freedom cultivar was the largest (89 to 102 μm²), with which its life in vase was the shortest; in contrast, the Topaz cultivar, which showed the smallest stomatal opening (22.7 to 32 μm²), had the longest VF (Figure 3). These results indicate that the effect of the management type modified stomatal opening during the postharvest stage.

Incidence of *Botrytis* sp.

The incidence of *Botrytis* sp. in petals of the three cultivars was lower when the flower stems were handled in dry conditions in both phases (S_{FI}-S_{FII}). Wet handling during phase II (S_{FI}-H_{FII} or H_{FI}-H_{FII}) increased the pathogen incidence in the Freedom cultivar by 50 % and 75 % in the Blush and Topaz ones. In contrast, when the flower stems were handled in wet conditions during the first phase and dry during the second (H_{FI}-S_{FII}) *Botrytis* sp. incidence was moderate (Figure 4).

In this regard, *B. cinerea* conidia germination depends on the handling and temperature changes caused by condensed water on the petals surface and the cultivar (Harkema *et al.*, 2013). So, excess humidity and the refrigeration temperature in stage II in our study led to an increase in the condensed water on the petals and symptoms development thereon.

CONCLUSIONS

Management (wet or dry) during post-harvesting first phase has less effect on the life span of rose flower stems than storage. During storage at low temperatures, floral stems maintained, without water increase, their longevity and opening of flower buds, and maintain an attractive appearance due to decreased incidence of *Botrytis* sp. The storage of roses in dry

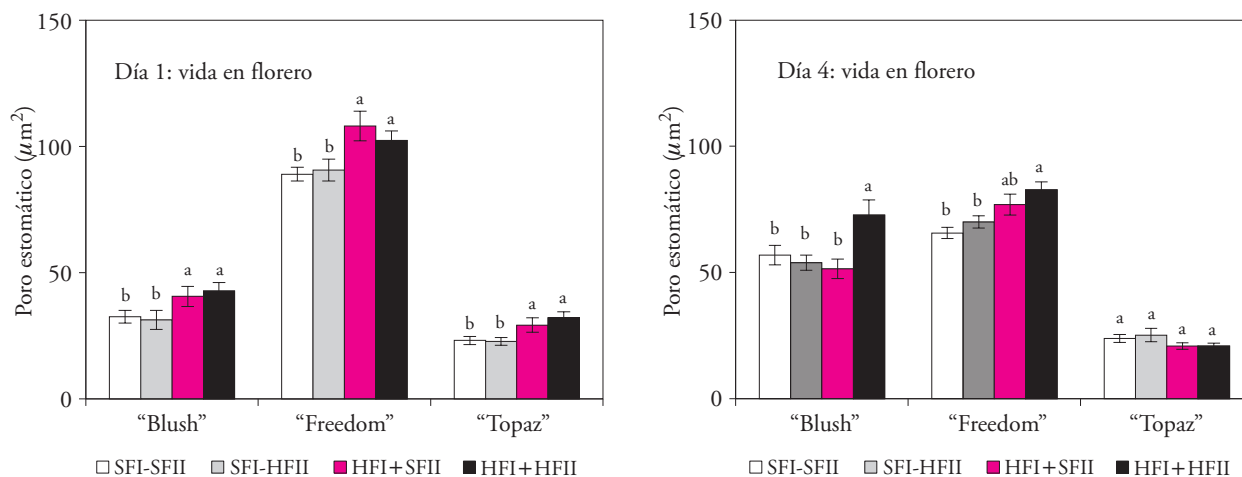


Figura 3. Apertura estomática (± error estándar; n=15) de tres cultivares de rosa (*Rosa hybrida*) manejados en condición seca, húmeda o ambas antes (fase I) y durante el almacenamiento (fase II). Letras diferentes sobre las columnas indican diferencias estadísticas en cada cultivar (Tukey, p≤0.05).

Figure 3. Stomatal opening (± standard error; n=15) of three roses (*Rosa hybrida*) cultivars handled dry and/or wet before (phase I) and during storage (phase II). Different letters on the columns indicate statistical differences in each cultivar (Tukey, p≤0.05).

de los pétalos y del cultivar (Harkema *et al.*, 2013). Así, el exceso de humedad y la temperatura de refrigeración en la etapa II en nuestro estudio propiciaron el aumento de agua condensada en los pétalos y el desarrollo de los síntomas.

CONCLUSIONES

El manejo (húmedo o seco) durante la primera fase de la postcosecha tiene menos efecto en la vida de los tallos florales de rosa que el almacenamiento. Durante el almacenamiento con temperatura baja, los tallos florales mantenidos sin agua incrementan su longevidad y apertura del botón floral, y mantienen una apariencia atractiva porque la incidencia de *Botrytis* sp. disminuye. El almacenamiento de rosa en condiciones secas parece buena opción para lugares donde la disponibilidad de agua potable es escasa.

La respuesta al manejo en condiciones húmedas o secas en la vida de florero de los tallos de rosa depende parcialmente del cultivar.

LITERATURA CITADA

Ahmad I., J. M. Dole, A. Amjad, and S. Ahmad. 2012. Dry storage effects on postharvest performance of selected cut flowers. *HorTechnology* 22: 463-469.

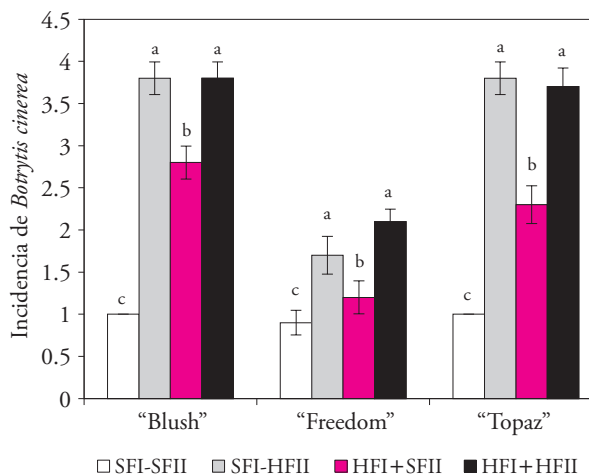


Figura 4. Incidencia de *Botrytis* sp. (± error estándar; n=10) en tres cultivares de rosa (*Rosa hybrida*) manejados en condición seca, húmeda antes o ambas antes (fase I) y durante el almacenamiento (fase II). Los valores se presentan como la media ± error estándar (n=10). Letras diferentes sobre las columnas indican diferencias estadísticas en cada cultivar (Tukey, p≤0.05).

Figure 4. *Botrytis* sp. incidence (± standard error; n=10) in three rose (*Rosa hybrida*) cultivars handled dry and/or wet before (phase I) and during storage (phase II). The values presented as the mean ± standard error (n=10). Different letters on the columns indicate statistical differences in each cultivar (Tukey, p≤0.05).

Arévalo-Galarza, L., C. García-Osorio, and G. H. Rosas-Saito. 2012. Factors affecting the vase life in cut flowers. *Agroproductividad* 5: 28-35.

Barnett, H. L. and Hunter, B. B. 1998. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Fourth edition. St. Paul, Minn., APS Press. 218 p.

Bleeksma, H. C., and W. G. Van Doorn. 2003. Embolism in rose stems as a result of vascular occlusion by bacteria. *Postharvest Biol. Technol.* 29: 334-340.

De La Cruz- Guzmán, G. H., M. L. Arévalo-Galarza, C. Peña-Valdivia, A. Castillo-González, M.T. Colinas-León, y M. Mandujano-Piña. 2015. Influencia del índice de cosecha en la vida de florero de siete cultivares de *Rosa hybrida*. *Agroproductividad* 8: 3-11.

De Witte, Y., and W. G. van Doorn. 1988. Identification of bacteria in the vase water of roses, and the effect of the isolated strains on water uptake. *Sci. Hort.* 35: 285-291.

Evans, R. Y., and M. S. Reid. 1988. Changes in carbohydrates and osmotic potential during rhythmic expansion of petals. *Am. Soc. Hort. Sci.* 113: 884-888.

Harkema, H., M. G., J. Mensink, D. P. M. Somhorst, R. P. Pedreschi, and E. H. Westra. 2013. Reduction of *Botrytis cinerea* incidence in cut roses (*Rosa hybrida* L.) during long term transport in dry conditions. *Posth. Biol. Technol.* 76: 135-138.

Hernández-Hernández, F., M. L. Arévalo-Galarza, M. T. Colinas-León, H. A. Zavaleta-Mancera, and J. Valdez-Carrasco. 2009. Anatomical differences and pulse solutions in two rose cultivars (*Rosa* sp.). *Rev. Chapingo Serie Hort.* 15: 11-16.

Hussen, S., and Y. H. Hassen. 2013. Review on the impact of different vase solutions on the postharvest life of rose flower. *Intern. J. Agric. Res. Review.* 1: 13-17.

Ichimura, K., and H. Shimizuko-Yumoto. 2007. Extension of the vase life of cut roses by treatment with sucrose before and during simulated transport. *Bull. Natl. Inst. Flor. Sci.* 7: 17-27.

Jarvis, W. R. 1977. *Botryotinia and Botrytis Species. Taxonomy, Physiology and Pathogenicity; a Guide Literature*. Department of Agriculture. Ottawa, Canada. pp: 77-78.

conditions seems a good option for areas where potable water availability is scarce.

The response to handling in wet or dry conditions in the vase lifespan of the rose stems partially depends on its cultivar.

—End of the English version—



Macnish, A. J., D. D. Theije, M. Reid, and C. Z. Jian. 2009. An alternative postharvest handling strategy for cut flowers dry handling after harvest. *Acta Hort.* 847: 215-222.

Mosqueda-Lazcares, G., M. L. Arévalo-Galarza, G. Valdovinos-Ponce, J. E. Rodríguez-Pérez, and M. T. Colinas-León. 2011. Harvest season and handling of eight cultivars in cut roses. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 3: 591-602.

Nowak, J., and R. M. Rudnicki. 1990. *Postharvest Handling and Storage of Cut Flowers, Florist Greens and Potted Plant*. Portland: Timber Press. 210 p.

Reddy, B. S., and K. Singh. 1996. Effects of selected chemicals on vase life of tuberose cut flowers. *J. Maharashtra Agric. Univ.* 21: 201-203.

Rezvanypour, S., and M. Osfoori. 2011. Effect of chemical treatments and sucrose on vase life of three cut rose cultivars. *J. Res. Agric. Sci.* 7: 133-139.

Rudnicki, R. M., D. Goszcynska, and J. Nowak. 1986. Storage of cut flowers. *Acta Hort.* 181: 285-296.

SIAP, 2017. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. (Consulta: julio 2017).

Willcox, D., B. Dove, D. McDavid, and D. Greer. 2002. *Image Tool for Windows ver. 3.0*. The University of Texas Health Science Center in San Antonio U.S.A. 275 p.