



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**FISIOLOGÍA VEGETAL**

**“RESPUESTA FISIOLÓGICA Y BIOQUÍMICA AL MANEJO SECO EN SIETE  
CULTIVARES DE *Rosa hybrida* L.”**

**GUMERCINDO HONORATO DE LA CRUZ GUZMÁN**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**DOCTOR EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO**

**2015**

La presente tesis, titulada: **“RESPUESTA FISIOLÓGICA Y BIOQUÍMICA AL MANEJO SECO EN SIETE CULTIVARES DE *Rosa hybrida* L.”**, realizada por el alumno: Gumercindo Honorato de la Cruz Guzmán, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
FISIOLOGÍA VEGETAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA

  
DRA. MA. DE LOURDES C. ARÉVALO GALARZA

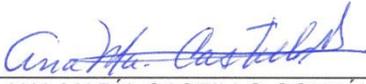
ASESORA

  
DRA. MA. TERESA B. COLINAS LEÓN

ASESORA

  
DRA. CECILIA BEATRIZ PEÑA VALDIVIA

ASESORA

  
DRA. ANA MARÍA CASTILLO GONZÁLEZ

ASESOR

  
DR. MANUEL MANDUJANO PIÑA

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Julio de 2015

RESPUESTA FISIOLÓGICA Y BIOQUÍMICA AL MANEJO SECO EN SIETE  
CULTIVARES DE *Rosa hybrida* L.  
Gumerindo H. de la Cruz Guzmán, Dr.  
Colegio de Postgraduados, 2015

**RESUMEN**

El manejo postcosecha tradicional de rosa (*Rosa hybrida* L.) consiste en cosechar los tallos florales, e introducirlos en contenedores con agua o soluciones hidratantes, transportarlos a la empacadora, donde se seleccionan y empaquetan para almacenarlos a temperaturas bajas (0 a 2 °C) en cubetas con agua. A esta técnica se le conoce como manejo húmedo y requiere espacio para colocar los contenedores y la compra de productos químicos para preparar la solución hidratante. En los últimos años el manejo seco se ha planteado como una alternativa de manejo postcosecha. Éste consiste en cosechar, seleccionar, empaquetar y almacenar los tallos florales sin que hayan sido previamente hidratados; lo que reduce los costos y ahorra espacio. El objetivo de esta investigación fue evaluar las respuestas fisiológicas y bioquímicas que se estimulan por el manejo seco o húmedo de rosa en las fases I (corte, selección y empaque) y II (almacenamiento) de la postcosecha. Los resultados mostraron que cada cultivar responde diferente al manejo postcosecha, pero en general el manejo seco redundó en mayor vida de florero y apertura floral, con una reducción considerable en la incidencia de *Botrytis*. La evidencia indica la posibilidad de que la concentración de compuestos fenólicos y su naturaleza afecten la conductividad hídrica, la absorción de agua y, por tanto, la vida en florero. Por lo anterior se concluye que el manejo seco es una opción viable para los productores, siempre que se evite la deshidratación de las hojas y el botón floral.

**Palabras clave:** Apertura floral, fenoles totales, incidencia de *Botrytis*, estomas, crecimiento bacteriano, manejo postcosecha.

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL RESPONSES TO DRY HANDLING IN SEVEN  
CULTIVARS of *Rosa hybrida* L.

Gumercindo H. de la Cruz Guzmán, Dr.  
Colegio de Postgraduados, 2015

**ABSTRACT**

The traditional postharvest handling of rose (*Rosa hybrida* L. ) consist in harvest the floral stems, and placed them in containers with water or hydration solutions and transported to the packing house where are selected and packaged for storage at low temperatures (0-2 °C) in buckets with water. This technique is known as wet handling and requires space to place the containers and the purchase of chemicals to prepare the hydrating solutions. In recent years the dry handling has been raised as an alternative of postharvest management. This consists in harvesting, select, package and store the floral stems without been previously hydrated, by reducing the cost and space savings. The goal of this research was to evaluate the physiological and biochemical responses that are stimulated by the dry handling or wet in the phase I (cut, selection and packing) and II (storage) of the postharvest. The results showed that each cultivar responds differently to the postharvest handling, but in general the dry handling leads to more vase life and flower opening, with a significant reduction in the incidence of *Botrytis*. This raises the possibility that the concentration of phenolic compounds and their nature affect the water conductivity, the water absorption and therefore the vase life. By the foregoing it is concluded that the dry handling is a viable option for producers, always to avoid the dehydration of the leaves and floral button.

**Keywords:** Flower opening, total phenols, *Botrytis* incidence, stomata, bacteria growing, postharvest handling.

## **Agradecimientos**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgar los recursos para la realización de mis estudios de Doctorado.

A la empresa Flores Selectas de Tequexquinahuac, S. de P.R. de R.L., ubicada en Tequexquinahuac, Texcoco, Estado de México, por las facilidades brindadas para realizar la investigación.

A los miembros de mi comité particular:

Mi consejera y directora de tesis:

Dra. Ma. De Lourdes Arévalo Galarza. Por su talento para guiarme durante mis estudios de Doctorado.

Mis Asesores:

Dra. Maria Teresa B. Colinas León.

Dra. Cecilia B. Peña Valdivia.

Dra. Ana Ma. Castillo González.

Dr. Manuel Mandujano Piña.

Por compartir su experiencia y conocimientos para realizar esta investigación.

Gracias!

## **Dedicatorias**

A mis hijas:

Silvia Monserrat De La Cruz Pérez  
Cinthia Sadunashi De La Cruz Pérez

A mis padres:

Trinidad De La Cruz A. (†)  
Jovita Guzmán R.

A mis hermanos:

Jaime, Yolanda, Elidia, Leodegario y Marilú.

A May

A Dios

Gracias por estar conmigo!

## CONTENIDO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1 OBJETIVOS .....	3
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
2.1 Descripción e importancia de la rosa ( <i>Rosa hybrida</i> L.) como flor de corte ...	5
2.2 El cultivo de la rosa en México .....	6
2.3 Comercialización .....	7
2.4 Demanda y fluctuaciones en los precios .....	8
2.5 Cosecha .....	9
2.6 Postcosecha y vida de florero .....	11
2.7 Influencia del cultivar y las condiciones de crecimiento en la vida de florero de rosa ( <i>Rosa hybrida</i> ).....	11
2.8 El Índice de cosecha y la vida de florero .....	13
2.9 Manejo postcosecha .....	14
2.10 Relaciones hídricas .....	15
2.11 Estructura del xilema: interconexiones de los elementos de vaso .....	17
2.12 Embolismo.....	18
2.13 Oclusión por microorganismos .....	19
2.14 Respuestas enzimáticas activadas por daño mecánico .....	19
2.15 Temperatura de almacenamiento.....	20
2.16 Preservantes florales.....	21
2.17 Patógenos .....	24
2.18 LITERATURA CITADA.....	24
CAPITULO III. INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE COSECHA EN LA VIDA DE FLORERO DE SIETE CULTIVARES DE <i>Rosa hybrida</i> .....	33
3.1 RESUMEN .....	33
3.2 ABSTRACT .....	34
3.3 INTRODUCCIÓN .....	35
3.4 MATERIALES Y MÉTODOS .....	36
3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39

3.6 CONCLUSIONES.....	45
3.7 LITERATURA CITADA.....	46
CAPÍTULO IV. ALMACENAMIENTO SECO A TEMPERATURA AMBIENTE DE SIETE CULTIVARES DE ROSA ( <i>Rosa hybrida</i> L.).....	50
4.1 RESUMEN .....	50
4.2 ABSTRACT .....	51
4.3 INTRODUCCIÓN .....	52
4.4 MATERIAL Y MÉTODOS .....	54
4.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56
4.6 CONCLUSIONES.....	60
4.7 LITERATURA CITADA.....	61
CAPÍTULO V. MANEJO SECO Y HÚMEDO SOBRE LA CALIDAD POSTCOSECHA DE TRES CULTIVARES DE ROSA ( <i>Rosa hybrida</i> L.).....	63
5.1 RESUMEN .....	63
5.2 ABSTRACT .....	64
5.3 INTRODUCCIÓN .....	66
5.4 MATERIALES Y MÉTODOS .....	67
5.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	71
5.6 CONCLUSIONES.....	79
5.7 LITERATURA CITADA.....	80
CAPÍTULO VI. CARACTERÍSTICAS MORFO-ANATÓMICAS Y CONDICIONES DE MANEJO QUE INFLUYEN EN LA VIDA DE FLORERO EN CUATRO CULTIVARES DE <i>Rosa hybrida</i> .....	84
6.1 RESUMEN .....	84
6.2 ABSTRACT .....	85
6.3 INTRODUCCIÓN .....	86
6.4 MATERIALES Y MÉTODOS .....	88
6.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	92
6.6 CONCLUSIONES.....	101
6.7 LITERATURA CITADA.....	101

CAPÍTULO VII. CONTENIDO DE COMPUESTOS FENOLICOS EN EL TALLO Y SU INFLUENCIA EN LA HIDRATACIÓN Y VIDA DE FLORERO DE ROSA ‘POLAR STAR’ Y ‘SAMURAI’ .....	106
7.1 RESUMEN .....	106
7.2 ABSTRACT .....	107
7.3 INTRODUCCIÓN .....	108
7.4 MATERIALES Y MÉTODOS .....	110
7.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	114
7.6 CONCLUSIONES.....	128
7.7 LITERATURA CITADA.....	128
CAPITULO VIII.CONCLUSIONES GENERALES.....	133
ANEXO I. PUBLICACIONES.....	134

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 2. 1 Superficie sembrada (Has) de la producción de ornamentales de 1993 a 2003.....	6
Cuadro 2. 2 Periodos, durante el año, de mayor venta de rosas de invernadero en México.....	8
Cuadro 3. 1 Apertura floral máxima, durante la vida de florero en agua o Chrysal clear® en solución acuosa, de cultivares de <i>Rosa hybrida</i> cosechados según tres índices de cosecha. En el bloque de la derecha se compara con la máxima apertura de cada cultivar.....	40
Cuadro 3. 2 Tasa de absorción de agua, peso fresco y vida de florero (VF) de siete cultivares de rosa ( <i>Rosa hybrida</i> ), cosechados en tres puntos de corte y solución comercial Chrysal clear®.....	44
Cuadro 4. 1 Tasa de recuperación de los tallos florales de 7 cultivares de <i>Rosa hybrida</i> , almacenados en seco por 24 h a $20 \pm 3$ °C. Valores promedios de 5 repeticiones.....	57
Cuadro 5. 1 Vida de florero en <i>Rosa hybrida</i> cvs. Blush, Freedom y Topaz con manejo seco y húmedo antes (fase I) y durante el almacenamiento (fase II).....	72
Cuadro 5. 2 Índice de apertura floral (IA) de <i>Rosa hybrida</i> cvs. Blush, Freedom y Topaz con manejo seco y húmedo antes (fase I) y durante el almacenamiento (fase II). .....	74
Cuadro 6. 1 Vasos del xilema, de cuatro cultivares de <i>Rosa hybrida</i> , analizados en corte transversal. Cada dato es el promedio de 45 repeticiones. ....	92
Cuadro 6. 2 Vida de florero en <i>Rosa hybrida</i> cvs. Highlander, Samurai, Polar Star y Engagement con manejo seco y húmedo antes (fase I) y durante el almacenamiento (fase II).....	100

Cuadro 7. 1 Vida de florero en <i>Rosa hybrida</i> cvs. Polar Star y Samurai con manejo seco y húmedo antes (fase I) y durante el almacenamiento (fase II). .....	115
Cuadro 7. 2 Características de los vasos, en la base de tallos florales de <i>Rosa hybrida</i> cvs. Polar Star y Samuuri analizados en corte transversal. Cada dato es el promedio de 45 repeticiones.....	121

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2. 1 Volumen de la producción de rosas de 1993 a 2003 (en el eje vertical, miles de gruesas por año). Plan rector nacional ornamentales, 2012.....	7
Figura 2. 2 Fluctuaciones de precios en rosas de invernadero producidas en Morelos y comercializadas en la Central de Abastos, D. F. Cada dato es el promedio de 5 años (enero de 2008 a noviembre de 2012). Datos tomados del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados, 2012. <a href="http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/">http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/</a> .....	9
Figura 2. 3 Tallos florales de <i>Rosa hybrida</i> colocados en contenedores con agua o soluciones química preservantes.....	10
Figura 2. 4 El agua fluye del sitio donde el potencial hídrico es mayor (solución del florero) a la zona de menor potencial hídrico (atmósfera).....	16
Figura 3. 1 Índices de cosecha y dimensiones de la apertura floral (mm) de siete cultivares de <i>Rosa hybrida</i> .....	37
Figura 3. 2 Apertura máxima de los botones florales de siete cultivares de <i>Rosa hybrida</i> cosechados con el índice 3 de cosecha. Cada valor es el promedio de 16 repeticiones ± la desviación estándar. ....	41
Figura 3. 3 Apertura de los botones florales, por índice de cosecha, de los cultivares Engagement y Blush. El tercero y quinto día en postcosecha cada cultivar alcanzó su diámetro mayor. ....	42
Figura 3. 4 Efecto de la solución comercial Chrysal clear® en la apariencia y vida de florero de rosa ‘Topaz’. ....	43

Figura 3. 5 Aspecto de los cultivares Polar Star, Highlander y Samurai durante la vida de florero.....	46
Figura 4. 1 Índice de cosecha de los cultivares de rosa ‘Polar Star’ (A); ‘Engagement’ (B); ‘Topaz’ (C); ‘Blush’ D; ‘Hihglander’ (E); ‘Samurái’ (F); ‘Freedom’ (G).....	54
Figura 4. 2 Estados de apertura floral de siete cultivares de rosa con la medida del diámetro del botón floral (mm). .....	55
Figura 4. 3 Peso fresco (PF) de los tallos florales de <i>Rosa hibryda</i> con manejo húmedo (T <sub>1</sub> ) y seco (T <sub>2</sub> ). Cada punto en las gráficas representa el promedio de 5 repeticiones ± el error estándar. Letras diferentes en cada tiempo de evaluación indican diferencias significativas (Tukey, 0.05). .....	59
Figura 5. 1 Escala visual con niveles de incidencia de de <i>Botrytis</i> en rosa ‘Topaz’.	70
Figura 5. 2 Unidades formadoras de colonia (UFC mL <sup>-1</sup> ) en tres cultivares de <i>Rosa hybrida</i> con manejo húmedo y seco durante las fases I y II de la postcosecha. Cada dato es el promedio de 2 repeticiones ± error estándar. Letras diferentes en cada cultivar indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).....	76
Figura 5. 3 Apertura del poro estomático en tres cultivares de <i>Rosa hybrida</i> con manejo húmedo y seco en dos fases de la postcosecha. Cada dato es el promedio de 15 repeticiones ± error estándar. Letras diferentes en cada cultivar indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).....	78
Figura 5. 4 Índice de <i>Botrytis</i> , en tres cultivares de <i>Rosa hybrida</i> con manejo húmedo y seco en dos fases de la postcosecha. Cada dato es el promedio de 10 repeticiones ± error estándar. Letras diferentes en cada cultivar indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).....	79
Figura 6. 1 Escala visual con niveles de incidencia de de <i>Botrytis</i> en rosa ‘Polar Star’ y ‘Samurai’.....	91
Figura 6. 2 Apertura del poro estomático en los días 1 y 4 de vida de florero (VF) en cuatro cultivares de <i>Rosa hybrida</i> . S, manejo seco; H, manejo húmedo. Cada dato	

es el promedio de 15 repeticiones $\pm$ error estándar. Letras diferentes en cada cultivar indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).....	94
Figura 6. 3 Unidades formadoras de colonia en los días 1 y 4 de vida de florero (VF) en cuatro cultivares de <i>Rosa hybrida</i> . S, manejo seco; H, manejo húmedo. Cada dato es el promedio de 2 repeticiones $\pm$ error estándar. Letras diferentes en cada cultivar indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).....	95
Figura 6. 4 Peso fresco (PF) en cuatro cultivares de <i>Rosa hybrida</i> con manejo seco (S) y húmedo (H) en las fases I y II de la postcosecha. Cada dato es el promedio de 10 repeticiones $\pm$ error estándar. Letras diferentes en cada tiempo de evaluación indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).....	96
Figura 6. 5 Incidencia de <i>Botrytis</i> , en tres cultivares de <i>Rosa hybrida</i> con manejo seco (S) y húmedo (H) en dos fases de la postcosecha. Cada dato es el promedio de 10 repeticiones $\pm$ error estándar. Letras diferentes en cada cultivar indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).....	98
Figura 7. 1 Escala visual con niveles de incidencia de de <i>Botrytis</i> en rosa ‘Polar Star’ y ‘Samurai’.....	111
Figura 7. 2 Incidencia de <i>Botrytis</i> en los tallos florales de <i>Rosa hybrida</i> con manejo seco (S) y húmedo (H) en dos fases de la postcosecha. Cada barra representa el promedio de 10 repeticiones $\pm$ error estándar. Letras diferentes en cada cultivar y tiempo de evaluación indican diferencias significativas (Tukey, 0.05). .....	116
Figura 7. 3 Peso fresco y absorción de agua de <i>Rosa hybrida cvs.</i> Polar Star y Samurai con manejo seco (S) y húmedo (H) en dos fases de la postcosecha. Cada dato es el promedio de 10 repeticiones $\pm$ error estándar. Letras diferentes en cada tiempo de evaluación indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).....	117
Figura 7. 4 Apertura del poro estomático en tallos florales de dos cultivares de <i>Rosa hybrida</i> con manejo seco (S) y húmedo (H) en dos fases de la postcosecha. Cada barra representa el promedio de 15 repeticiones $\pm$ error estándar. Letras diferentes en cada cultivar y tiempo de evaluación indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).....	119

**Figura 7. 5** Unidades formadoras de colonia en la solución de tallos florales de *Rosa hybrida* con manejo seco (S) y húmedo (H) en dos fases de la postcosecha. Cada barra representa el promedio de 2 repeticiones  $\pm$  error estándar. Letras diferentes en cada cultivar y tiempo de evaluación indican diferencias significativas (Tukey, 0.05)..... 120

Figura 7. 6 Concentración de fenoles totales en tallos florales de dos cultivares de *Rosa hybrida* con manejo seco (S) y húmedo (H) en dos fases de la postcosecha. Cada barra representa el promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar. Letras diferentes en cada cultivar y tiempo de evaluación indican diferencias significativas (Tukey, 0.05)..... 123

Figura 7. 7 Concentración de ácidos fenólicos, al día 1 de vida en florero, en *Rosa hybrida*. Gál, gálico; Clo, clorogénico; Sir, siríngico; Vai, Vainillinico; phd, p-hidroxibenzoico; Fer, ferrúlico; Cum, Cumárico; otr, otros; S, manejo seco; H, húmedo..... 125

Figura 7. 8 Concentración de ácidos fenólicos, al día 4 de vida en florero, en *Rosa hybrida*. Gál, gálico; Clo, clorogénico; Sir, siríngico; Vai, Vainillinico; phd, p-hidroxibenzoico; Fer, ferrúlico; Cum, Cumárico; otr, otros; S, manejo seco; H, húmedo..... 127

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

En México la producción de plantas ornamentales se concentra en el Estado de México, Morelos, Puebla y Guerrero. El productor principal de ornamentales es el Estado de México, con 38 % dedicado al cultivo de las rosas (Becerra, 2010; Gómez, 2010), que junto con las gladiolas y crisantemos generan 3,600 millones de pesos anuales (ASERCA, 2006). Sin embargo, los ingresos pueden disminuir por pérdidas debido a condiciones de manejo no apropiadas. En el proceso de la postcosecha (corte, selección, empaque, almacenamiento, transporte y venta) se pierde del 10 al 30 % de los tallos florales que se cosechan (Hussen y Yassin, 2013) y los remanentes se venden con menos calidad por problemas fisiológicos y patológicos durante el manejo, esto deja insatisfechos a los consumidores, ya que las flores mantienen su calidad por poco tiempo. Las técnicas de manejo y el uso de soluciones preservantes incrementan la calidad de las flores de corte (Zamani *et al.*, 2011; Gebremedhin *et al.*, 2013).

Los floricultores manejan los tallos en condiciones húmedas o secas para reducir las pérdidas y mantener la calidad (Rudnicki *et al.*, 1986; Arévalo *et al.*, 2012). El manejo húmedo consiste en colocar los tallos florales, en contenedores con agua o en soluciones acuosas hidratantes o preservantes. En el manejo seco los tallos florales se cosechan, se seleccionan, se empaquetan y se almacenan entre 0 y 2 °C sin aplicar tratamientos de hidratación (Reid, 2009; Mosqueda *et al.*, 2012; De La Cruz *et al.*, 2014).

El manejo húmedo se prefiere cuando el periodo entre la cosecha y la venta será corto, con esta técnica se utiliza más espacio en las cámaras frigoríficas, la apertura de los botones florales continúa durante el almacenamiento y la conductividad hídrica de los tallos disminuye por la proliferación de microorganismos en la solución del florero (Reid, 2009; Ahmad *et al.*, 2012). El manejo seco se utiliza para periodos prolongados porque permite almacenar más

tallos por unidad de área, con lo que se optimiza el uso del espacio, los costos se reducen, y se ahorra agua. En esta condición la conductividad hídrica en el sistema vascular se restablece rápido cuando los tallos florales se colocan en el florero con agua, la apertura floral se reduce durante el almacenamiento y el crecimiento de bacterias en la base de los tallos es menor (Macnish *et al.*, 2009; Mosqueda *et al.*, 2011; Ahmad *et al.*, 2012).

Los tallos de rosa responden favorablemente al manejo seco. En el caso de los tallos de los cultivares Kardinal, Angelique, Royalty, Sena, Vendela, Peckoubo, Freedom, Polar Star, Engagement y Topaz tienen similar o mayor vida en florero (tiempo desde que los tallos se colocan en la solución del florero hasta la pérdida visible de su valor ornamental) cuando el manejo es seco que cuando es húmedo (Mosqueda *et al.*, 2011; De La Cruz *et al.*, 2014). Sin embargo, el gran número de cultivares de rosa generados en los últimos años presenta una gama amplia de características morfológicas en los tallos florales, desde los delgados y cortos como rosa “Samurai” hasta los de porte mayor como “Topaz” o “Polar Star” (De La Cruz *et al.*, 2014). Estas diferencias permiten sugerir que cada cultivar podría requerir condiciones específicas después del corte que se relacionan con una vida postcosecha mayor o que responden de diferente a la aplicación de tratamientos hidratantes y al manejo en las fases de la postcosecha.

Entre los retos para los productores e investigadores están: disminuir las pérdidas en la calidad floral y el número de tallos durante la postcosecha, determinar el índice de cosecha (estado de desarrollo del botón floral al momento del corte) que se relacione con mayor vida en florero, estandarizar técnicas de manejo postcosecha que mantengan la calidad de la flor y explicar los eventos fisiológicos y bioquímicos que ocurren durante la postcosecha de tallos florales de rosa. Por lo anterior, se plantearon los siguientes objetivos.

## 1.1 OBJETIVOS E HIPÓTESIS

### OBJETIVOS

- a) Evaluar el efecto del índice de cosecha y la aplicación de un producto comercial en la calidad de los tallos florales de de *Rosa hybrida* L.
- b) Comparar la respuesta al manejo seco y húmedo, por 24 h a temperatura ambiente ( $20 \pm 3$  °C), de siete cultivares de *Rosa hybrida*, con la finalidad de proponer un manejo alternativo a los productores.
- c) Evaluar la influencia del manejo seco y húmedo, en dos fases de la postcosecha, sobre la calidad de los tallos florales de rosa “Blush”, “Freedom” y “Topaz” almacenados por 7 d a  $1 \pm 1$  °C.
- d) Analizar las características anatómicas del tallo floral y su influencia en la hidratación y vida en florero de cuatro cultivares de rosa almacenados por 7 d a  $1 \pm 1$  °C.
- e) Analizar las respuestas fisiológicas y bioquímicas en dos fases de la postcosecha, de tallos florales de los cultivares Polar Star y Samurai de *Rosa hybrida*, almacenados por 7 d a  $1 \pm 1$  °C.

## HIPÓTESIS

- a) Para cada cultivar de rosa existe un índice de cosecha que se relaciona con una vida en florero mayor.
- b) Los tallos de rosa pueden almacenarse en seco, a temperatura ambiente o en refrigeración, y recuperarse cuando se colocan en el florero si se evita la deshidratación de las hojas y del botón floral.
- c) El manejo seco o húmedo en las fases I o II de la postcosecha afectan de forma diferencial la vida en florero de los cultivares “Blush”, “Freedom” y “Topaz”.
- d) La absorción de agua por los tallos florales de rosa “Highlander”, “Samurai”, “Polar Star” y “Engagement” está relacionada directamente con las características anatómicas del tallo floral, como el número, área y diámetro de los elementos de los vasos.
- e) El contenido de compuestos fenólicos en la base del tallo floral afecta negativamente la absorción de agua en rosa “Polar Star” y “Samurai”.

## CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Descripción e importancia de la rosa (*Rosa hybrida* L.) como flor de corte

Los rosales son arbustos leñosos, erectos o trepadores con tallos espinosos, hojas pentafoliadas y flores blancas o con colores llamativos de tonalidades amarillas y rojas, pertenecen a la familia de las Rosáceas, que incluye de 95 a 100 géneros, con 2,830 a 3,100 especies y más de 20 mil cultivares comerciales provenientes de ocho especies silvestres (Kim *et al.*, 2003; Dahal, 2013).

Las especies hibridan fácilmente, por lo que en el siglo XIX, se desarrolló el híbrido de Té, producto de la cruce entre las especies *Rosa chinensis* Jacq (rosa Té) y *Rosa gallica* L. (rosa de castilla). Los rosales híbridos de Té (*Rosa hybrida* L.) heredaron de sus progenitores las dos cualidades más sobresalientes, la capacidad de repetir la floración y follaje coriáceo de *R. chinensis* y los tallos vigorosos y resistentes a las heladas de *R. gallica*. También adquirieron la capacidad de producir un número mayor de pétalos y gama de colores más amplios que las especies hibridadas (Adumitresei y Stanescu, 2009).

Los tallos florales de los híbridos de té son los más comercializados como flor de corte, su demanda destaca por su fragancia y variedad amplia de tonos y colores que le dan una gran plasticidad para satisfacer los gustos más exigentes del público consumidor (Yong, 2004; Dahal, 2013). En regiones templadas ocupan el tercer lugar entre las plantas con importancia económica para los humanos, junto con el clavel y el crisantemo, tienen un lugar destacado en el comercio internacional de las flores de corte (Esselink *et al.*, 2003).

## 2.2 El cultivo de la rosa en México

Por sus condiciones climáticas y gran diversidad de suelos, México tiene un gran potencial para el cultivo de productos florícolas. Sin embargo, la superficie cultivada con flores (hasta 2004) era de 8,813.41 ha de la producción nacional, en el Estado de México se obtuvo 38 %, en Puebla 25.5 % y en Morelos 8.6 %. Entre los estados que producen menos del 1 % se encuentran Querétaro, Durango, Nayarit, Hidalgo, Sonora, Tlaxcala, Yucatán, Guanajuato, Chihuahua, BCS y Coahuila (ASERCA, 2006). El 75 % de los productores la obtienen en campo de cultivo, 5 % en túneles y el 20 % en viveros o invernaderos tecnificados. El cultivo de la rosa se ha consolidado en la zona centro en los estados de México, Puebla y Morelos (SAGARPA, 2012).

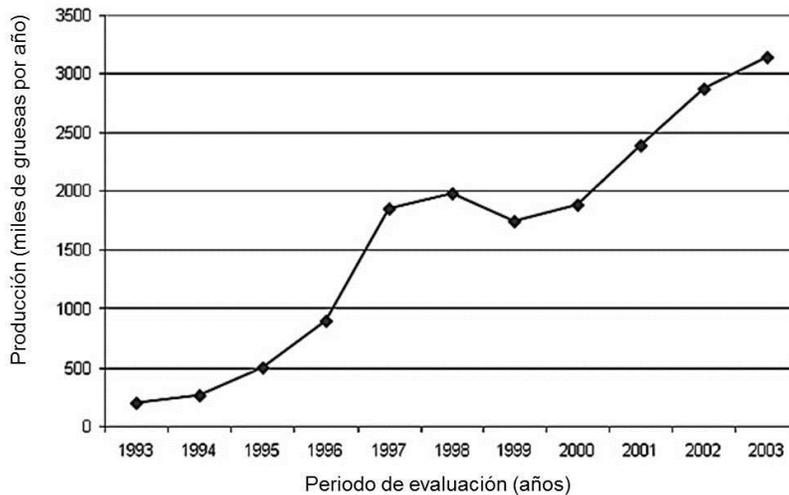
Los productores han modernizados sus métodos de cultivo para satisfacer las demandas de los consumidores cada vez más exigente, por ello están obligados a producir variedades que garanticen vida en florero mayor y calidad mejor (ASERCA, 2006). Sin embargo, el área dedicadas al cultivo de las rosas no se ha incrementado significativamente desde 1993 (Cuadro 2.1).

**Cuadro 2. 1** Superficie sembrada (ha) de la producción de ornamentales de 1993 a 2003.

Cultivo	1993	1995	1997	1999	2001	2003
<b>Rosa</b> (corte y maceta)	60	55	27	27	27	27
Geranio	10	14	13	12	12	12
Nochebuena	15	15	13	13	13	13
Planta de maceta	7	28	24	30.3	41.3	44.3
TOTAL	92	112	77	82.3	93.3	96.3

<http://www.amsda.com.mx/PREstatales/Estatales/MORELOS/PREornamentales.pdf>. Modificado, 2013.

Las mejoras en las técnicas de producción han incrementado el rendimiento por unidad de área de 1999 a 2003 (Figura 2.1).



**Figura 2. 1** Volumen de la producción de rosas de 1993 a 2003. Modificado de SAGARPA, 2012.

### 2.3 Comercialización

La rosa es la ornamental principal que se cultiva en invernaderos, en el Estado de México, el municipio de Villa Guerrero aporta 56 % de la producción estatal. Sin embargo; Texcoco, Ixtapaluca, Coatepec Harinas y Atlautla, también producen rosas en invernaderos. La comercialización se hace a través de intermediarios o directamente a consumidores locales, floristerías o tiendas de autoservicio. En México el consumidor mayor de rosas es la central de abastos en el Distrito Federal; ahí se venden por gruesas, con 144 tallos florales, o bonches, con 25 tallos (SAGARPA, 2012).

Las cualidades deseadas en las rosas para corte, según los gustos y exigencias del mercado en cada momento son: a) tallos largos y rígidos (50-70 cm) según las zonas de cultivo, b) follaje verde brillante, c) flores con apertura lenta y conservación larga en el florero, d) resistencia a las enfermedades.

La calidad se califica según la longitud del tallo (SAGARPA, 2012) en:

- a) Extra con 80 a 90 cm
- b) Primera con 70 a 80 cm
- c) Segunda con 60 a 70 cm
- d) Tercera con 50 a 60 cm
- e) Tallos cortos con 40-50 cm.

## 2.4 Demanda y fluctuaciones en los precios

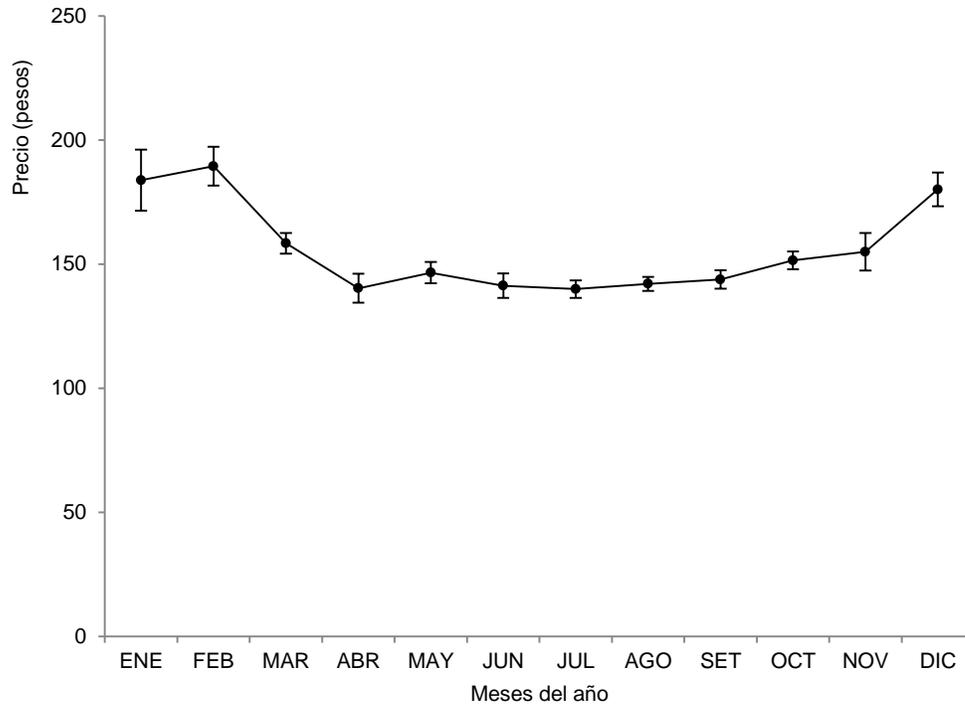
Aunque las rosas se comercializan durante todo el año, existen fechas en las cuales tienen mayor demanda (Cuadro 2.2).

**Cuadro 2.2** Periodos, durante el año, de venta mayor de rosas de invernadero en México.

Periodo	Fiestas	Fecha
Primavera-Verano <sup>z</sup>	Semana santa	Marzo-abril
	Día de las madres	10 de mayo
	Graduaciones escolares	Junio-julio
Otoño-Invierno	Día de muertos	1 y 2 de noviembre
	Virgen de Guadalupe	12 de diciembre
	Navidad	25 de diciembre
	San Valentín	14 de Febrero

<sup>z</sup>Prensa escrita.

Los precios de los bonches, con 25 tallos florales, durante el año fluctúan entre \$139.94 y \$ 189.41, el mayor costo corresponde al mes de febrero y el menor al mes de julio. En la figura 2.2, se observa la fluctuación de precios promedio en cinco años, de rosas de invernadero provenientes del estado de Morelos y compradas en la Central de Abastos, D. F.



**Figura 2. 2** Fluctuaciones del precio de rosas de invernadero producidas en Morelos y comercializadas en la Central de Abastos, D. F. Cada dato es el promedio de 5 años (enero de 2008 a noviembre de 2012). (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados, 2012. <http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/>).

## 2.5 Cosecha

La cosecha inicia a las 7:00 h y se realiza diariamente o cada tercer día dependiendo de la extensión de la parcela. Los cosechadores recortan a lo largo de los surcos los tallos florales con el índice de cosecha (estado de apertura del botón floral) que consideren pertinente, los separan por color, los sujetan con mallas y los colocan en contenedores con agua o con soluciones químicas antes de llevarlos al sitio de selección y empaque (Figura 2.3).



**Figura 2.3** Tallos florales de rosa colocados en contenedores con agua o soluciones química preservantes.

Para evitar fallas en la apertura floral y prolongar la vida en florero, los productores deben conocer el índice de cosecha de cada cultivar. Generalmente las rosas se cosechan cuando los sépalos se separan en ápice, se procura que el tallo sea lo más largo posible.

Los cultivares con más de 120 pétalos se cortan cuando éstos se separan del botón floral, los de menor número de pétalos se cosechan en fases más temprana (botón cerrado). Por tonalidad, los rojos y rosas se cortan cuando el cáliz se dobla en una posición más abajo que la horizontal o al momento en que los dos primeros pétalos empiezan abrir. El punto de corte de los amarillos es cuando los sépalos se separan en el ápice, mientras que los blancos pueden cortarse aún si tres o más pétalos están separados del botón floral (Xotla y Ruiz, 2012; De La Cruz *et al*, 2014).

## **2.6 Postcosecha y vida en florero**

En las flores de corte, el manejo postcosecha se refiere a las actividades que se realizan con los tallos florales desde que son cortados hasta que se colocan en el florero. En rosas puede dividirse en cuatro fases: I) cosecha, selección y empaque, II) almacenamiento, III) distribución y venta y IV) vida en florero. Durante estas fases, los retos principales de los productores e investigadores han sido mantener la calidad y prolongar la vida en florero. Esta se define como el tiempo que los tallos florales se mantienen sin cambios aparentes, desde que se colocan en la solución del florero hasta la pérdida visible de su valor ornamental (Halevy y Mayak, 1981). Los criterios que se consideran para terminar la vida en florero son principalmente síntomas por estrés de déficit hídrico (van Doorn, 2012), infección por *Botrytis cinerea* (van Meeteren, 2007; Macnish *et al.*, 2010a) o sensibilidad al etileno, que ocurre cuando el botón floral está totalmente abierto (Woltering y Van Doorn, 1988; Muller *et al.*, 1998). El tiempo de vida en florero puede variar por las condiciones de cultivo, época de cosecha, características de los cultivares o punto de corte.

## **2.7 Influencia del cultivar y las condiciones de crecimiento en la vida en florero de rosa (*Rosa hybrida*)**

La duración de las flores de corte depende de las relaciones hídricas que se establecen en el florero. Sin embargo, las condiciones de crecimiento influyen en un 30 a 70 % (Halevy, 1979) ya que los caracteres que no se establecen durante la precosecha, longitud, grosor y firmeza de los tallos o color de los órganos florales no se pueden recuperar durante la postcosecha (Zaky, 2013).

Los tallos florales, vigorosos y gruesos, de rosa “Polar Star” tiene 28 % (10.5 d) mayor vida en florero comparado con los delgados y cortos de “Samurai” (6.5 d) (De La Cruz *et al.*, 2014).

Además, los rasgos anatómicos y fisiológicos que regulan las relaciones hídricas en el florero se forman durante el crecimiento y desarrollo del cultivo como resultado de interacciones complejas entre el genotipo y el ambiente (van Doorn, 1997; Fanourakis *et al.*, 2012). Tallos de rosa “First Red” cultivada por 35 productores diferentes recibieron el mismo manejo postcosecha y se mantuvieron en condiciones similares durante su vida en florero. Sin embargo, las diferencias en la duración y calidad de los tallos florales fueron superiores a 70 % debido a las condiciones de crecimiento establecidas por cada productor (Marissen y Benninga, 2001).

Con respecto a la humedad relativa (HR), rosas de corte crecidas con HR alta ( $\geq 85$  %), con frecuencia tienen vida en florero corta (Mortensen y Fjeld, 1998). Así que, las variaciones de duración en el florero dependen del cultivar, por ejemplo en *Rosa hybrida* cvs. Dream, Frisco y Kardinal, la variación es de 15 %, mientras que en “Amadeus” las diferencias de vida en florero son del 75 % (Mortensen y Gislerod, 1999). Fanourakis *et al.* (2012) evaluaron la vida en florero de tres cultivares de rosa crecidos con HR baja (60 %) y alta (95 %). Con HR alta los botones florales de rosa “Prophyta” no abrieron, mientras que la apertura floral de “Frisco” y “Dream” no se afectó. Sin embargo, la vida en florero disminuyó 80, 15 y 9 % en “Prophyta”, “Dream” y “Frisco” cultivadas con HR alta comparada con las crecidas con HR de 60 %. La vida en florero corta y la apertura floral reducida en los cultivares crecidos con alta HR se deben a una tasa alta de transpiración por fallas en síntesis de ácido abscísico que regula el cierre del poro estomático.

La nutrición durante el desarrollo del cultivo, particularmente la aplicación de fósforo incrementa el potencial de turgencia en las hojas y en los pétalos, y prolonga la vida en florero de rosa “Classy” (Juarez *et al.*, 2011). La deficiencia de calcio, potasio y boro disminuye la longevidad en tallos florales de clavel, mientras que los niveles de nitrógeno por debajo del óptimo no tienen efecto sobre la vida en florero (Kulwiek, 1968).

La época del año en que se cosechen las flores es otro factor que influye en la vida en florero. Cultivares de rosa Royalty, Red alfa, Sena, Vendela y Peckubo tienen 13 % mayor vida en florero cuando se cultivan en verano comparada con las tienen durante el invierno (Mosqueda *et al.*, 2011). Una de las explicaciones a esta respuesta es que durante el verano la radiación fotosintéticamente activa es mayor que en invierno lo cual sugiere acumulación mayor de azúcares, que sirven como reserva energética para la expansión de los pétalos y apertura del botón floral (Halevy y Mayak, 1981; Evans y Reid, 1988; Taiz y Zeiger, 2010).

## **2.8 Índice de cosecha y vida en florero**

El índice de cosecha se refiere al estado de desarrollo en el cual se cortan los tallos florales, es específico para cada cultivar y se relaciona con la acumulación de sustratos respirables para la apertura de la flor. Para el mercado local, los botones florales se cosechan con mayor apertura comparada con aquellos trasladados a distancias largas (Reid, 2009). Si el corte se realiza con el índice de cosecha adecuado se mejora la calidad en el mercado, de lo contrario, pueden ocurrir fallas en la apertura durante la vida en florero (Gamboa, 1991; Nell y Leonard, 2005).

En *Gerbera jamesonii*, *Narcissus tazetta*, *Alstroemeria aurantiaca* y *Dianthus caryophyllus*, el índice de cosecha está definido por sus características morfológicas (Gamboa, 1991; Jowkar y Kafi, 2005; Reid y Dodge, 2014). Sin embargo, en rosa los productores tienen que experimentar cosechando los botones florales en diferentes estados de desarrollo, lo que conlleva a pérdidas en la postcosecha, ya que si los botones están cerrados, serán más susceptibles al “cabeceo”, causado por la oclusión vascular (Mayak *et al.*, 1974), o tendrán fallas de apertura debido a la concentración baja de sustratos almacenados en las hojas y los tallos (Borochoy *et al.*, 1989).

Cultivares como 'Bridal Pink' y 'Black Tea' abren rápidamente mientras que otros como 'Grand Gala' y 'Jerfalrei' llegan a la senescencia sin abrir completamente (Ichimura *et al.*, 2002). Para mejorar esta condición, el índice de cosecha de cada cultivar es un factor clave, ya que permitirá preservar la calidad y prolongar la vida en florero (Dole y Wilkins, 1999).

## **2.9 Manejo postcosecha**

Cuando los tallos se desprenden de la planta se interrumpen los procesos fisiológicos y la senescencia se acelera (Taiz y Zeiger, 2010). En tal situación, las técnicas de manejo postcosecha y los tratamientos químicos resultan cruciales para mantener el balance hídrico, retrasar el envejecimiento e incrementar la vida en los tallos florales (Arévalo *et al.*, 2012).

Los productores utilizan la técnica de manejo húmedo que consiste en colocar los tallos florales en contenedores con agua o soluciones químicas después del corte, durante el almacenamiento y en el centro de distribución. Esta técnica reduce la desecación. Sin embargo, el supuesto de que incrementa la vida en florero no está totalmente probado ya que con esta práctica se incrementa la concentración de bacterias que provocan oclusión y marchitamiento prematuro del tallo floral (de Witte y van Doorn, 1988). Además, los costos altos para la infraestructura, mano de obra y recursos utilizados estimulan la búsqueda de alternativas con eficiencia similar o mayor que el manejo húmedo. En este aspecto, el manejo seco que consiste en cosechar, seleccionar y empacar los tallos florales sin que se introduzcan en soluciones hidratantes es una opción alternativa para los productores, ya que se ahorran recursos, disminuye la mano de obra y en la cámara frigorífica se almacenan más tallos por unidad de área (Mosqueda *et al.*, 2011). Tallos de *Rosa hybrida* 'Vendela' y 'Black Magic' continúan su apertura floral si se almacenan en condición húmeda, mientras que en seca la apertura se detiene y ocurre hasta que los tallos se colocan en el florero. Además, rosa 'Black Magic' tiene 3.4 d más de vida en florero con manejo seco que húmedo (Macnish

*et al.*, 2009). Lo anterior indica que la respuesta al manejo postcosecha varía entre los cultivares.

## 2.10 Relaciones hídricas

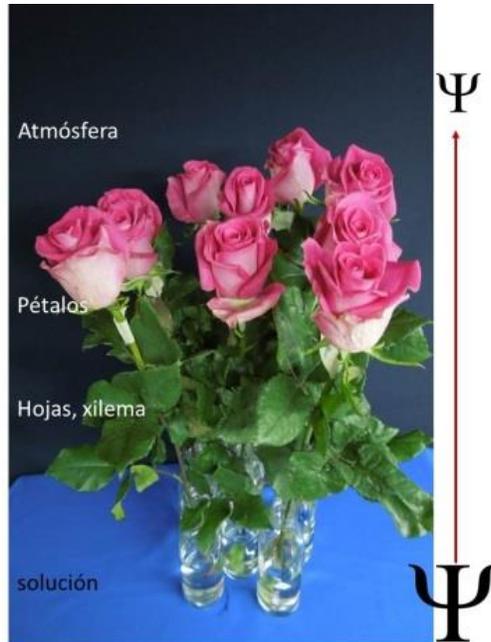
En las flores de maceta la absorción de agua ocurre por los pelos radicales y se mueve vía apoplástica o simplástica desde la epidermis hasta el córtex. En la endodermis, donde ocurren la selección de iones y otros compuestos a nivel de membrana celular, el agua solo fluye por vía simpática hacia el sistema vascular de la raíz que se interconecta con el del tallo y el de la hoja. Finalmente, el agua es expulsada hacia la atmósfera a través del poro estomático (Taiz y Zeiger, 2010).

En las flores de corte no hay un sistema que seleccione la entrada de iones, ya que los compuestos se agregan directamente a la solución del florero. El movimiento del agua a través del tallo floral ocurre por diferencias de potencial hídrico ( $\Psi$ ) (Figura 2.4).

Al respecto, van Meeteren (1978) propuso una ecuación para calcular la resistencia al flujo del agua en flor de corte:

$$R_{\text{tallo}} = \Psi_{\text{solución}} - \Psi_{\text{pétalo}} / \text{abs}$$

Dónde:  $R_{\text{tallo}}$  = resistencia del tallo tallo al flujo de agua,  $\Psi_{\text{solución}}$  = potencial hídrico de la solución,  $\Psi_{\text{pétalo}}$  = potencial hídrico del pétalo, abs = tasa de absorción de la solución (g/tallo floral/h).



**Figura 2. 4** El agua fluye del sitio donde el potencial hídrico es mayor (solución del florero) a la zona de potencial de agua ( $\psi$ ) menor (atmósfera).

En las flores de corte, las relaciones hídricas son importantes ya que un balance positivo entre la absorción y el agua que se pierde por evapotranspiración mantiene hidratados los tejidos y favorece la vida en florero (Reid y Dodge, 2014).

En primera instancia, el movimiento de agua en los tallos florales parece un fenómeno sencillo ya que la solución tiene acceso directo al xilema. Sin embargo, en la práctica la absorción es obstruida por: a) la estructura del xilema: interconexiones de los elementos de vaso; b) el embolismo que ocurre cuando la columna de agua se rompe; c) la oclusión por microorganismos o por taponamientos fisiológicos como tilosos y metabolitos sintetizados como producto del corte; d) respuestas enzimáticas activadas por daño mecánico (van Ieperen *et al.*, 2000; Loepfe *et al.*, 2007; Kitin *et al.*, 2010).

## 2.11 Estructura del xilema: interconexiones de los elementos de vaso

Las diferencias en conductividad hídrica ( $K_h$ ) entre especies y entre cultivares de la misma especie dependen de la estructura del xilema (Schulte *et al.*, 1987; van Doorn y Reid, 1995).

Desde el punto de vista anatómico, la conductividad hídrica del tallo floral puede disminuir por la formación y colisión de pequeñas burbujas o por la expansión de los hidrogeles de pectina en las punteaduras de membrana (Zimmerman, 1978; Espino y Schenk, 2011). Para probar esta hipótesis, a segmentos de tallo se les perfundió una solución que evita la expansión de los hidrogeles (0.5 mM  $MgSO_4$ , 10 mM KCl, o 10 mM  $CaCl_2$ ) y la formación y coalescencia de burbujas [agua desgasificada y 50 mM  $MgSO_4$ , 100 mM  $CaCl_2$ , 300 mM KCl, o 100 mM  $(NH_4)_2SO_4$ ]. Los resultados no apoyaron la hipótesis de la expansión de los hidrogeles pero sí a la teoría de la coalescencia ya que la conductividad hídrica mejoró con las concentraciones más altas de Ca, K y Mg y con el agua deionizada desgasificada. La interpretación es que en el fluido del xilema se forman pequeñas burbujas que colisionan en las punteaduras de membrana e inhiben el flujo de agua (van Doorn, 2012). La colisión de burbujas es el factor responsable de la disminución de la conductividad hídrica en los primeros días de vida en florero y también sería la causa de que los tallos florales de rosa caviten cuando se colocan en agua después de la cosecha (Espino y Schenk, 2011; Hendriks *et al.*, 2005).

Los iones  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$  mejoran el flujo hídrico, Zimmermann, (1978) observó un decremento en la  $K_h$  de segmentos de tallo perfundidos con agua destilada, y un incremento de la misma cuando se usó agua de la llave (0.7 mM  $CaCl_2$ ; 1.5 mM  $NaHCO_3$ ; 0.005mM  $CuSO_4$ ) concluyendo que el efecto se debió a la presencia de los iones monovalentes y divalentes en el agua y que se podría explicar por las expansión y contracción de los hidrogeles de pectina en los vasos del xilema.

Por otro lado, van Ieperen *et al.* (2000) y Zwieniecki *et al.* (2001) confirmaron que en tallos de crisantemo los iones monovalentes y divalentes incrementan el flujo de agua de manera similar. Este efecto podría ser análogo al que causa la savia del xilema en plantas intactas con acción limitada porque las concentraciones de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  son mayores en agua de la llave. De cualquier forma, el agua con sales incrementa el flujo hídrico mientras los niveles de bacterias no taponen los conductos en la base del tallo.

Los valores de pH también favorecen vida en florero, la explicación es que en soluciones con pH ácido (3.5) inhiben el crecimiento bacteriano, mejoran la Kh y posiblemente los  $\text{H}^+$  reemplacen a los cationes que están enlazados en los grupos carboxilos de las punteaduras de membrana, lo que causaría contracción de los hidrogeles de pectina y un incremento en la Kh.

La hipótesis del flujo de agua y los hidrogeles de pectina no está totalmente explicada, sobretodo porque existen especies que no contienen pectina en las punteaduras de membrana, en este caso el efecto se atribuye a eventos electrostáticos que por diferencias o similitudes de cargas tendrían un efecto en la Kh a nivel de punteaduras de membrana (van Doorn, 2012).

## **2.12 Embolismo**

Es la formación de pequeñas burbujas de aire (émbolos) que se forman en los vasos del xilema al momento en que se cortan los tallos florales. Su presencia evita o disminuye el flujo de agua hacia los pétalos. El embolismo se elimina haciendo un recorte de 3 cm la base del tallo floral y sumergirlos brevemente (de 1 a 10 min) en agua caliente (40 °C) o fría (4 °C) una solución débil (0.02 %) de detergente líquido (Reid, 2009; Arévalo, 2012). El agua caliente disminuye su densidad y aumenta su conductividad hídrica, mientras que el agua fría disuelve las burbujas de aire (Taiz y Zeiger, 2010). También puede reabsorberse por el influjo de agua en las células vivas de alrededor del xilema, las 'gotitas'

provocarían presión sobre la burbuja de aire obligándola a disolverse (Brodersen *et al.*, 2010).

### **2.13 Oclusión por microorganismos**

Cuando los tallos se colocan en la solución del florero, la concentración de oxígeno disminuye convirtiéndose en un medio de crecimiento apropiado para los microorganismos que se benefician de los contenidos celulares (proteínas, aminoácidos, azúcares) que se liberan al momento del corte. La oclusión por microorganismos y polisacáridos extracelulares es la causa más común que altera las relaciones hídricas en las flores de corte. El uso de bactericidas como  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  y la reducción del pH de la solución con ácido cítrico disminuyen el crecimiento bacteriano, mejoran la conductividad hídrica e incrementan la vida en florero de *Rosa hybrida* (Singh *et al.*, 2004; Macnish *et al.*, 2008; Singh *et al.*, 2008; Reid y Dodge, 2014; Reid y Jiang, 2012).

Las células de los tallos florales exudan compuestos químicos en el sitio del corte. Estos compuestos contienen azúcares que son alimento para los microorganismos que taponan los vasos del xilema, la aplicación de ácido cítrico, sales de 8-hidroxiquinolina y sulfato de aluminio inhiben el crecimiento de microorganismos al disminuir el pH de la solución entre 3.0 y 3.5 (Reid y Kofranek, 1980).

### **2.14 Respuestas enzimáticas activadas por daño mecánico**

El daño mecánico activa enzimas de pared celular, peroxidadas, catecoloxidasas, polifenoloxidasas y fenilalanina amonioliasas (PAL) relacionadas con la formación de compuestos fenólicos y suberinas que obstruyen el flujo de agua en los vasos del xilema (van Doorn y Cruz, 2000; van Doorn y Vaslier, 2002).

Inhibidores de la PAL evitan la formación de lignina, favorecen el flujo hídrico e incrementan la vida en florero. La aplicación de 0.32 y 0.64 mM de S-carvone

incrementan el peso fresco y la absorción de agua en *Chamelaucium uncinatum* y *Chrysanthemum* sp. Este compuesto no tiene efecto sobre la concentración de bacterias en la solución, lo cual indica que el incremento en la conductividad hídrica se debe al efecto de estos inhibidores en la actividad enzimática (van Meeteren *et al.*, 2006; Damunupola *et al.*, 2010; He *et al.*, 2010).

Cuando a la solución del florero se aplican inhibidores de peroxidasas y catecol oxidadas, en los tallos florales de *Bouvardia* “van Zilverden” y de *Chrysanthemum* sp. se incrementa el flujo hídrico, se retrasa su marchitamiento y aumenta su vida en florero; lo que indica que la oclusión del tallo se debe principalmente a procesos fisiológicos que requieren la actividad de estas enzimas (van Doorn y Vaslier 2002; Vaslier y van Doorn, 2003).

El agua fría o la remoción de la corteza del tallo evitan la transferencia de resinas o gomas sobre la superficie del corte e inhiben la actividad enzimática como respuesta al daño mecánico (Vaslier y van Doorn, 2003).

## **2.15 Temperatura de almacenamiento**

Los tallos florales no tropicales pueden almacenarse a  $1 \pm 1$  °C sin detrimento en su calidad o vida en florero y si la temperatura aumenta la tasa de respiración también se incrementa. Lo cual indica que la senescencia en las flores de corte está fuertemente influenciada por la temperatura de almacenamiento; por ejemplo, tallos florales de claveles y rosas almacenados a 20 o 30 °C tienen una tasa respiratoria 25 o 45 veces mayor comparada con los almacenados entre 0 y 2 °C. Es decir, la respiración tiene una relación logarítmica con la temperatura de almacenamiento (Reid y Kofranek, 1980; Reid, 2009; Reid y Dodge, 2014).

La respiración de rosa “First Red” se incrementa exponencialmente con el aumento en la temperatura de 0 a 20 °C. El almacenamiento húmedo o seco a 0

°C no tiene efecto en la vida en florero, Sin embargo, a 15 °C los tallos con manejo húmedo duran 3 d más que los de manejo seco (Celikel y Reid, 2005).

## **2.16 Composición de los preservantes florales**

### **a) Sacarosa**

Aunque la vida en florero varía en cada cultivar de rosa, los preservantes químicos pueden prolongar la vida en florero y ofrecer un producto superior a los consumidores (Moody *et al.*, 2014). Los preservantes florales tienen como componente principal a la sacarosa, azúcar que es hidrolizada a glucosa y fructuosa por las invertasas de los pétalos (Reid, 2009). La glucosa es el sustrato que las mitocondrias utilizan en proceso respiratorio para la formación de energía (ATP) (Taiz y Zeiger, 2010). Las mitocondrias son los últimos organelos que se desintegran en el proceso de senescencia, sin embargo, disminuyen su capacidad para utilizar el sustrato respiratorio. Con la adición de azúcar en la solución del florero les permite mantener su estructura y funcionalidad por más tiempo, al parecer por un efecto protector en su integridad de membrana (Kaltaler y Steponkus, 1976). De esta manera, las mitocondrias aportan la energía se utiliza para la expansión de los pétalos y la apertura del botón floral (Doi y Reid, 1995; Reid, 2012).

El azúcar que se coloca en la solución del florero, se transporta por el tallo vía floema y llega a las hojas donde entra al simplasto y por el floema se transporta a los pétalos donde incrementa el potencial osmótico que contribuye en la absorción de agua, mantiene la turgencia celular, mejora la apertura e incrementan la vida en florero (Halevy y Mayak, 1981; Särkkä, 2005).

En general, los pétalos contienen la mayor concentración de azúcares solubles seguidos por las hojas y los tallos, la sacarosa es la forma principal en que los azúcares se transportan a los botones florales (Singh *et al.*, 2004).

Cultivares crecidos con intensidad luminosa baja (invierno) tienen menor apertura y vida en florero más corta comparados con los que se cultivan en cuando la intensidad luminosa es mayor (verano). La aplicación de sacarosa a la solución del florero, mejora la apertura e incrementa la vida en florero indicando que la radiación baja limita la acumulación de azúcares que generan energía para la apertura de la flor (Halevy y Mayak, 1981; Mosqueda *et al.*, 2011). La aplicación de sacarosa ( $25 \text{ g L}^{-1}$ ) y nitrato de plata (150 ppm) a la solución del florero, incrementa 3.5 d la vida en florero comparada con la del control, en agua destilada (Butt, 2005).

En resumen, la aplicación de sacarosa en la solución incrementa la longevidad de las flores de corte, ya que al concentrarse en los pétalos disminuye el potencial hídrico, favorece el flujo de agua, mejora la turgencia y aporta el sustrato respiratorio para la obtención de energía (Hussen y Yassin, 2013).

## **b) Compuestos inhibidores de etileno**

El daño mecánico y los cambios de temperatura provocan estrés a los tallos florales y se induce la síntesis de etileno (Faragher *et al.*, 1987; Mor *et al.*, 1989) que provoca amarillamiento de las hojas, caída de pétalos, apertura irregular o muerte prematura durante la vida en florero (Nowak y Rudnicki, 1990). La respuesta al etileno ocurre hasta que el botón floral está totalmente abierto y la sensibilidad depende del cultivar. *Rosa hybrida* 'First Red', 'Happy hour' y 'Victory Parade' presentan un pico pronunciado de etileno y el tratamiento exógeno con  $100 \mu\text{L L}^{-1}$  reducen su vida en florero (Woltering y Van Doorn, 1988; Serek *et al.*, 1994; Muller *et al.*, 1998; Chamani *et al.*, 2005; Hassan y Ali, 2014).

Compuestos preservantes e inhibidores de etileno como nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ), tiosulfato de plata (STS), derivados de hidroxiquinoleína (HQC o HQS), 1-MCP y etanol evitan el bloqueo vascular, disminuyen la actividad del etileno e incrementa

la vida en las flores de corte y de rosa 'Avalanche' (Imani, 2013). El uso de soluciones con STS,  $\text{AgNO}_3$  y sacarosa combinadas con bactericidas tiene mejor efecto sobre la vida en florero ya que se controla el crecimiento bacteriano de la solución, se mejora el potencial osmótico del tallo floral y se boquea la acción del etileno (Hussen y Yassin, 2013).

El tiosulfato de plata (STS) es el compuesto que más se utiliza como solución de pulso para inhibir el enlace del etileno a nivel de membrana. Tallos florales de rosa 'Happy hour' y 'First Red' pulsados por 6 h con 0.3 mM de STS o  $1 \mu\text{L L}^{-1}$  de 1-MCP mantienen por más tiempo el peso fresco, retardan la degradación de carbohidratos, reducen el cabeceo de los botones florales e incrementan por 3 d su vida en florero comparado con el control (Torre y Fjeld, 2001; Chamani *et al.*, 2005; Dole *et al.*, 2005; Sexton *et al.*, 2005; Hassan y Ali, 2014).

### **c) Hormonas**

Compuestos que contienen citocininas se utilizan para retardar la senescencia de *Alstroemeria* e *Iris*. Aplicaciones únicas, conocidas como pulsos, de  $5 \mu\text{M}$  de tiadiazuron (TDZ), citocinina no metabolizable, previenen el amarillamiento en tallos florales de *Alstroemeria cv. Diamond* (Ferrante *et al.*, 2001). Los tallos florales de iris almacenados en frío por dos semanas requirieron concentraciones de 200 a  $500 \mu\text{M}$  para mejorar significativamente la longevidad y apertura de las flores apicales y axilares comparados con los que no recibieron la aplicación (Macnish *et al.* 2010b). La aplicación de TDZ reduce la sensibilidad al etileno en especies sensibles y podría utilizarse en un número grande de flores de corte (Reid, 2009).

La aplicación ácido giberélico ya sea como solución de pulso (1 mM) o tratamiento continuo (0.1 mM) incrementa la vida en tallos florales de narcisos y sandersonia (Saks y van Staden, 1993; Eason, 2002).

## 2.17 Patógenos

Los cambios de temperatura y HR alta (> 90 %) favorecen la condensación del agua en los tallos florales. Esta condición es propicia para la germinación de esporas de *Botrytis cinerea*, patógeno que con mayor frecuencia ataca a los tallos de rosa. La infección inicia con el depósito de los conidios durante el desarrollo de la flor, y los síntomas de la enfermedad se observan en los pétalos como pequeñas lesiones quiescentes. Si las condiciones son favorables (HR  $\geq$  93 % y temperatura de 20 °C), las lesiones se hacen necróticas y se extienden en los pétalos (Kerssies *et al.*, 1995; Latorre y Rioja, 2002; Williamson *et al.*, 2007).

El desarrollo de *Botrytis* se reduce en rosa 'Avalanche' y 'Aqua' si se transportan en seco y con alta humedad relativa (> 90 %) comparado con el manejo húmedo. La aplicación de 200 a 400 mM de metiljasmonato (MJ) protege de la infección por *Botrytis* ya que inhibe la germinación de conidios y no causa pérdidas de la calidad o longevidad floral. Los botones florales de rosa 'Gold Strike' reducen significativamente la incidencia de *Botrytis cinerea* cuando se sumergen en una solución con 100  $\mu\text{L L}^{-1}$  de hipoclorito de sodio (Clorox<sup>®</sup> comercial) (Macnish *et al.*, 2010). Las atmósferas saturadas de CO<sub>2</sub> también disminuyen el daño por *Botrytis* y mejoran la calidad en el florero de rosa 'Red Calipso' (Phillips *et al.*, 1985; Hammer *et al.*, 1990; Harkema *et al.*, 2013; Reid, 2012).

La idea generalizada de que los tallos florales requieren transportarse en agua podría ser reconsiderada, en particular para especies sensibles a *Botrytis* como rosa 'Red Naomi' (Harkema *et al.*, 2013).

## 2.18 LITERATURA CITADA

Adumitresei L., Stanescu I. 2009. Theoretical considerations upon the origin and Nomenclature of the present rose cultivars. Plant Develop. 16:103-108.

- Ahmad I., Dole J.M., Amjad A., Ahmad S. 2012. Dry Storage Effects on Postharvest Performance of Selected Cut Flowers. *HorTechnology* 22:463-469.
- Arévalo G.L., García O.C., Rosas S.G.H. 2012. Factores que afectan la vida de florero en flores de corte. *Agroproductividad* 5(3):28-35.
- Aserca. 2006. La floricultura Mexicana, el gigante que está despertando. *Claridades agropecuarias* Junio: 3-38.
- Becerra M.D. 2010. Manejo postcosecha de la rosa. *Tecno Agro, Avances tecnológicos y agrícolas* 61 en: <http://tecnoagro.com.mx/no-61/manejo-postcosecha-de-la-rosa> (abril, 2014).
- Borochoy A., Woodson W.R. 1989. Physiology and biochemistry of flower petal senescence. *Hortic. Rev.* 11:15-43.
- Brodersen C.R., McElrone A.J., Choat B., Matthews M.A., Shackel K.A. 2010. The dynamics of embolism repair in xylem: In vivo visualizations using high-resolution computed tomography. *Plant Physiol.* 154:1088-1095.
- Butt S.J. 2005. Extending the vase life of roses (*Rosa hybrida*) with different preservatives. *Int. J. Agri. Biol.* 7(1):97-99.
- Celikel F.G., Reid M.S. 2005. Temperature and Postharvest Performance of Rose (*Rosa hybrida* L. 'First Red') and Gypsophila (*Gypsophila paniculata* L. 'Bristol Fairy') Flowers. *Acta Hort.* 682:1789-1794.
- Chamani E., Khalighi A., Joyce D.C., Irving D.E., Zamani Z.A., Mostofi Y., Kafi M. 2005. Ethylene and anti-ethylene treatment effects on cut 'First Red' rose. *Journal of Applied Horticulture* 7(1):3-7.
- Dahal S. 2013. Postharvest handling of cut flower rose. Department of Horticulture, Institute of Agriculture and Animal Sciences (IAAS), Rampur, Chitwan, Nepal. 24 p.
- Damunupola J. W., Ratnayake K., Joyce D. C., Irving D. E. 2011. Characterisation of xylem conduits and their possible role in limiting the vase life of cut *Acacia holosericea* (Mimosaceae) foliage stems. *Functional Plant Biology* 38(7):614-623.

- De La Cruz G.G., Arévalo G.L., Lao A.T. 2014. Almacenamiento seco a temperatura ambiente de siete cultivares de *Rosa hybrida*. VI Jornadas Ibéricas de Horticultura Ornamental 68:157-164.
- De Witte Y., van Doorn W.G. 1988. Identification of bacteria in the vase water of roses, and the effect of the isolated strains on water uptake. *Scientia Hort.* 35:285-291.
- Doi M., Reid M.S. 1995. Sucrose improves the postharvest life of cut flowers of a hybrid *Limonium*. *HortScience* 30:1058–1060.
- Dole J.M., Fonteno W.C., Blankenship S.L. 2005. Comparison of silver thiosulfate with 1-methylcyclopropene on 19 cut flower taxa. *Acta Horticulturae* 682(2): 949-956.
- Dole J.M., Wikins H.F. 1999. *Floriculture principles and species*. Prentice Hall, New Jersey pp.123-137.
- Eason J.R. 2002. *Sandersonia aurantiaca*: an evaluation of postharvest pulsing solutions to maximise cut flower quality. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 30:273-279.
- Espino S., Schenk H.J. 2011. Mind the bubbles: Achieving stable measurements of maximum hydraulic conductivity through woody plant samples. *J. Expt. Bot.* 62:1119-1132.
- Esselink G.D., Smulders M.J.M., Vosman B. 2003. Identification of cut rose (*Rosa hybrida*) and rootstock varieties using robust sequence tagged microsatellite site markers. *Theor Appl Genet* 106:277-286.
- Evans R.Y., Reid M.S. 1988. Changes in carbohydrates and osmotic potential during rhythmic expansion of petals. *Amer. Soc. Hort. Sci.* 113(6):884-888.
- Fanourakis D., Carvalho S., Almeida D., van Kootena O., van Doorn W.G. Heuvelinka E. 2012. Postharvest water relations in cut rose cultivars with contrasting sensitivity to high relative air humidity during growth. *Postharvest Biology and Technology* 64:64-73.
- Faragher J.D., Mor Y., Johnson F. 1987. Role of 1-aminocyclopropene-1-carboxylic acid (ACC) in control of ethylene production in fresh and cold stored rose flowers. *J. Exp. Bot.* 38: 1839-1847.

- Ferrante A., Hunter D. Hackett W., Reid M.S. 2001. TDZ: A novel tool for preventing leaf yellowing in *Alstroemeria* flowers. *HortScience* 36:599.
- Gamboa Z.L. 1991. Cultivo de gerbera. Costa Rica: Ed. Universidad estatal a distancia, UNED. 71 pp.
- Gebremedhin H., Tesfaye B., Mohammed A., Tsegay D. 2013. Influence of preservative solutions on vase life and postharvest characteristics of rose (*Rosa hybrida*) cut flowers. *Int. J. Biotechnol. Mol. Biol. Res.* 4(8):111-118.
- Gómez G.A.A. 2010. La situación de las flores de corte Mexicanas dentro de la política comercial internacional de México. *Revista Electrónica de Ciencias Sociales* 2(9):1-30.
- Halevy A. H. 1979. Senescence and postharvest physiology of cut flowers, part 1. *Hort. Rev.* 1:204-236.
- Halevy A.H., Mayak S. 1981. Senescence and postharvest physiology of cut flowers: part 2. *Hortic. Rev.* 3:59-143.
- Hammer P.E., Yang S.F., Reid M.S., Marois J.J. 1990. Postharvest control of *Botrytis cinerea* infections on cut roses using fungistatic storage atmospheres. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 115:102-107.
- Harkema H., Mensink M.G.J., Somhorst D.P.M., Pedreschi R.P., Westra E.H. 2013. Reduction of *Botrytis cinerea* incidence in cut roses (*Rosa hybrida* L.) during long term transport in dry conditions. *Postharvest Biology and Technology* 76:135-138.
- Hassan F., Ali E. 2014. Longevity and postharvest quality of *Rosa hybrida* L. cv. "Happy Hour" cut flowers as affected by silver thiosulphate (STS) treatment. *Scientia Agriculturae* 5 (3): 85-91.
- He S., Joyce D.C., Irving D.E., Faragher J.D. 2006. Stem end blockage in cut *Grevillea* 'Crimson Yul-lo' inflorescences. *Postharvest Biology and Technology* 41(1):78-84.
- Hendriks L., Spinarova S., Bormann M. 2005. Acoustic emission profiles of cut roses as a prognosis component for vase life. *Acta Hort.* 669:35-41.

- Hussen S., Yassin H. 2013. Review on the impact of different vase solutions on the postharvest life of rose flower. *International Journal of Agricultural Research and Review* 1(2): 13-17.
- Ichimura K, Kawabata Y, Kishimoto M, Goto R., Yamada K. 2002. Variation with cultivar in the vase life of cut rose flowers. *Bull. Natl. Inst. Flor. Sci.* 2:9-20.
- Imani M.H., Hashemabadi D., Kaviani B., Zarchini M. 2013. Improving water relations and postharvest quality of cut rose (*Rosa hybrida* L. cv. 'Avalanche') by Ethanol sugars. *Annals of Biological Research* 4(1):256-259.
- Jowkar M. M., Kafi M. 2005. Effects of Harvesting Stages, 8-Hydroxyquinoline Citrate, Silver Thiosulphate, Silver Nitrate on the Postharvest Life of Cut *Narcissus tazetta*. *Acta Hort.* 669:405-410.
- Kaltaler R.E.L., Steponkus P.L. 1976. Uptake and metabolism of sucrose in cut rose. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99:490-493.
- Kerssies A., Bosker-van Z., A.I., Frinking H.D. 1995. Influence of environmental conditions in a glasshouse on conidia of *Botrytis cinerea* and on post-harvest infection of rose flowers. *European Journal of Plant Pathology* 101: 201-216.
- Kim C.K., Chung J.D., Jee S.O., Oh J.Y. 2003. Somatic embryogenesis from *in vitro* grown leaf explants of *Rosa hybrida* L. *J. Plant Biotech.* 5(3):169-172.
- Kitin P, Voelker S.L., Meinzer F.C., Beeckman H., Strauss S.H., Lachenbruch B. 2010. Tyloses and phenolic deposits in xylem vessels impede water transport in low-lignin transgenic poplars: A Study by cryo-fluorescence microscopy. *Plant Physiology* 154:887–898.
- Kulwiek Z. J. 1968. Effects of preharvest nutritional treatment on vase life of cut carnations. *Annu. Rpt. GCRI. Littlehamton U.K.*1967:116.
- Latorre B.A., Rioja M.E. 2002. Efecto de la temperatura y de la humedad relativa sobre la germinación de conidios de *Botrytis cinerea*. *Ciencia e investigación agraria* 29(2):67-71.
- Loepfe L, Martienez V.J., Piñol J., Mencuccini M. 2007. The relevance of xylem network structure for plant hydraulic efficiency and safety. *Journal of Theoretical Biology* 247:788–803.

- Macnish A., Jiang C.-Z., Reid M.S. 2010b. Treatment with thidiazuron improves opening and vase life of iris flowers. *Postharvest Biol. Technol.* 56:77-84.
- Macnish A.J., de Theije A., Reid M.S., Jiang C.Z. 2009. An Alternative Postharvest Handling Strategy for Cut Flowers Dry Handling after Harvest. *Acta Hort.* 847:215-222.
- Macnish A.J., Leonard R.T., Nell T.A. 2008. Treatment with chlorine dioxide extends the vase life of selected cut flowers. *Postharvest Biol. Technol.* 50:197-207.
- Macnish A.J., Morris K.L., de Theije A., Mensink M.G.J., Boerrigter H.A.M., Reid M.S., Jiang C. Z., Woltering E.J., 2010a. Sodium hypochlorite: a promising agent for reducing *Botrytis cinerea* infection on rose flowers. *Postharvest Biol. Technol.* 58:262–267.
- Marissen N., Benninga J. 2001. A nursery comparison on the vase life of the rose 'First Red': effects of growth circumstances. *Acta Hort.* 543, 285-291.
- Moody E.P., Dole J.M., Barnes J. 2014. Refining postharvest handling procedures increased cut rose vase life. *HortTechnology* 24(6):676-685.
- Mor Y., Johnson F., Faragher J.D. 1989. Preserving the quality of cold stored rose flowers with ethylene antagonists. *HortScience* 24:436-440.
- Mortensen L.M., Fjeld T. 1998. Effects of air humidity, lighting period and lamp type on growth and vase life in roses. *Sci. Hortic.* 73:229-237.
- Mortensen L.M., Gislerod H.R. 1999. Influence of air humidity and lighting period on growth, vase life and water relations of 14 rose cultivars. *Sci. Hortic.* 82:289-298.
- Mosqueda L., Arévalo G.L., Valdovinos P.G., Rodríguez P.E. Colinas L.T. 2012. Manejo y almacenamiento en seco y húmedo de cuatro cultivares de rosa de corte. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18(3):317-323.
- Mosqueda L.G., Arévalo G.L., Valdovinos P.G., Rodríguez P.J., Colinas L.T. 2011. Época de corte y manejo de ocho cultivares de rosa de corte. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3:591-602.
- Muller R., Andersen A.S., Serek M. 1998. Differences in display life of miniature potted roses (*Rosa hybrida* L.). *Scientia Horticulturae* 76:59-71.

- Nell T., Leonard R. 2005. The effect of storage temperatures on Colombian grown cut rose varieties. *Acta Hort.* 669:337-342.
- Nowak J., Rudnicki R.M. 1990. Postharvest handling and storage of cut flowers, florist, greens and potted plants. Timber Press, Inc. 39-43.
- Phillips D. J., Margosan D. A., Fouse D.C. 1985. Postharvest control of *Botrytis* rot of roses with carbon dioxide. The American Phytopathological society. *Plant Disease* 69:789-790.
- Reid M. S. 2009. Postcosecha y Manejo de las Flores de Corte. Ediciones HortiTecnia Ltda, Bogotá, Colombia. 38 p.
- Reid M.S., Dodge L. 2014. Postcosecha. Sobre los indicadores básicos. Department of Plant Sciences University of California, Davis, CA. En: <http://postharvest.ucdavis.edu/Ornamentales/Rosas/>
- Reid M.S., Jiang C.Z. 2012. Postharvest biology and technology of cut flowers and potted plants. *Horticultural Reviews* 40:1-53.
- Reid M.S., Kofranek A.M. 1980. Postharvest physiology of cut flowers. *Chronica Horticulturae* 20(2):25-27.
- Rudnicki R. M., Goszcynska D., Noeak J. 1986. Storage of cut flowers. *Acta Horticulturae* 181:285-296.
- SAGARPA, Tecnológico de Monterrey. 2012. Plan rector sistema nacional ornamentales. Estado de México, México, 28 p.
- Saks Y., van Staden J. 1993. Evidence for the involvement of gibberelins in developmental phenomena associated with carnation flowers senescence. *Plant Growth Regul.* 12:105-110.
- Schulte P.J., Gibson A.C., Nobel P.S. 1987. Xylem anatomy and hydraulic conductance of *Psilotum nudum*. *American Journal of Botany* 74:1438-1445.
- Serek M., Sisler E. C., Reid M. S. 1994. 1-Methylcyclopropene, a novel gaseous inhibitor of ethylene action, improves the life of fruits, cut flowers and potted plants. *Acta Horticulturae* 394: 337-345.
- Sexton R., Stopford A., Moodie W., Porter A. 2005. Aroma production from cut sweet pea flowers (*Lathyrus odoratus*): the role of ethylene. *Physiol Plantarum* 124(3):381-389.

- Singh K., Singh R., Kumar R. 2004. Effect of some chemicals on keeping quality of cut rose. *Adv. Hort. Sci.* 18:161-167.
- Singh K., Singh R., Kumar R. 2008. Studies on wet storage of cut rose stems in relations to post-storage treatments. *The Asian Journal of Horticulture* 3(2):400-402.
- Taiz L., Zeiger E. 2010. *Plant Physiology*. Second edition. Sinauer associates, inc, publishers. Sunderland Massachusetts, U.S.A. 792 p.
- Torre S., Fjeld T. 2001. Water loss and postharvest characteristics of cut roses grown at high or moderate relative air humidity. *Scientia Horticulturae*, 89: 217-226.
- van Doorn W G., Vaslier N. 2002. Wounding-induced xylem occlusion in stems of cut chrysanthemum flowers: roles of peroxidase and catechol oxidase. *Postharvest Biol. Technol.* 26:275-284.
- van Doorn W.G. 1997. Water relations of cut flowers. *Hortic. Rev.* 18:1-85.
- van Doorn W.G. 2012. Water relations of cut flowers: An update. *Horticultural Reviews* 40:55-106.
- van Doorn W.G., Cruz P. 2000. Evidence for a wounding-induced xylem occlusion in stems of cut chrysanthemum flowers. *Postharvest Biology and Technology* 19:73-83.
- van Doorn W.G., Reid M.S. 1995. Vascular occlusion in stems of cut rose flowers exposed to air: Role of xylem anatomy and rates of transpiration. *Physiol. Plantarum* 93:624-629.
- van Ieperen W., van Meeteren U., van Gelder H. 2000. Fluid ionic composition influences hydraulic conductance of xylem conduits. *J. Expt. Bot.* 51:769-776.
- van Meeteren U. 1978. Water relations and keeping-quality of cut gerbera Flowers. II. Water balance of ageing flowers. *Scientia Horticulturae* 9:189-197.
- van Meeteren U. 2007. Why do we treat flowers the way we do? A system approach of the cut flower postharvest chain. *Acta Hort.* 755:61-73.
- van Meeteren U., Arévalo G.L., van Doorn W. G. 2006. Inhibition of water uptake after dry storage of cut flowers: Role of aspired air and wound-induced

- processes in *Chrysanthemum*. *Postharvest Biology and Technology* 41(1):70-77.
- Vaslier N, van Doorn W.G. 2003. Xylem occlusion in bouvardia flowers: evidence for a role of peroxidase and catechol oxidase. *Postharvest Biology and Technology* 28:231–237.
- Williamson B., Tudzynski B., Tudzynski P., van Kan J. 2007. *Botrytis cinerea*: The cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology* 8:561-580.
- Woltering E.J., Van Doorn W.G. 1988. Role of ethylene in senescence of petals. Morphological and taxonomical relationship. *J. Exp. Bot.* 39:1605-1616.
- Xotla Z. M. P., Ruiz C. R. 2012. Producción y comercialización de rosas de corte en el rancho “Los Morales” de Tenancingo, Edo. de México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, Campus Xalapa, Veracruz, México. 54 p.
- Yong A. 2004. El cultivo del rosal y su propagación. *Cultivos tropicales* 25(2):53-67.
- Zaky A. A. 2013. Effect of pre and postharvest treatments on flower longevity of cut rose cv. ‘grand prix’. *Egypt. J. Agric. Res.* 91(3):1009-1020.
- Zamani S., Kazemi M., Aran M. 2011. Postharvest life of cut rose flowers as affected by salicylic acid and glutamin. *World Appl. Sci. J.* 12(9):1621-1624.
- Zimmermann M. H. 1978. Hydraulic architecture of some diffuse-porous trees. *Can. J. Bot.* 56:2286–2295.
- Zwieniecki M. A., Melcher P.J., Holbrook. N.M. 2001. Hydrogel control of xylem hydraulic resistance in plants. *Science* 291:1059-1062.

## CAPITULO III. INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE COSECHA EN LA VIDA DE FLORERO DE SIETE CULTIVARES DE *Rosa hybrida*

### 3.1 RESUMEN

Uno de los principales problemas en la comercialización de flor cortada es la falta de apertura floral debido a que se desconoce el estado de madurez adecuado para la cosecha. El objetivo de este estudio fue determinar el índice de cosecha óptimo para mejorar la apertura y vida en florero de tallos florales de siete cultivares de rosa (*Rosa hybrida* L.) mantenidos en agua o en solución Chrysal clear®. Por lo anterior se cosecharon 16 tallos florales con tres índices de cosecha para análisis en laboratorio separándolas en dos grupos; uno se colocó en agua de la llave (T1) y otro en solución Chrysal clear® (T2). La unidad experimental fueron dos tallos florales colocados en un florero con 270 mL de agua o solución. Los floreros se distribuyeron al azar en una habitación con iluminación de  $10 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , fotoperiodo de 12 h y temperatura de  $23 \pm 3$  °C. Los tallos se recortaron al cuarto día, al grupo T1 se le cambió el agua, el grupo T2 se conservó sin cambio de solución. Se evaluó el diámetro inicial y final de la flor, tasa de absorción de agua; peso seco y vida en florero. Los tallos del cv. Polar Star presentaron la apertura floral mayor y los botones de 'Samurai' y 'Freedom' tuvieron la apertura menor. Los tallos de 'Engagement' y 'Topaz' en los tres índices de corte presentaron apertura floral superior a 70%. Los demás cultivares deben cosecharse en el índice dos como mínimo. 'Polar Star' tuvo la mayor vida en florero (12.4 d) y la menor se registró en 'Freedom' y 'Samurai' (7.3 d). La solución de Chrysal clear® no modificó la apertura floral, sin embargo, incrementó el peso fresco, vida en florero, y mejoró la apariencia. El punto de corte de todos los cultivares que se relaciona con el peso fresco mayor y mejor vida en florero es el índice de cosecha dos.

**Palabras clave:** Apertura floral, peso fresco, punto de corte, solución hidratante, vida postcosecha.

### 3.2 ABSTRACT

One of the main problems in marketing of cut flowers is the lack of floral opening because the appropriate state of maturity for harvesting is unknown. The objective of this study was to determine the optimal harvest index in order to enhance the opening and vase life of floral stems of seven *Rosa hybrida* cultivars kept in water or Chrystal Clear® solution. Sixteen floral stems were harvested with three harvest indexes for their analysis in the laboratory, and they were separated into two groups; one was placed in tap water (T1) and another in Chrystal Clear® solution (T2). The experimental unit was two floral stems placed in a vase with 270 mL of water or solution. The vases were distributed randomly in a room with illumination of  $10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , photoperiod of 12 h and temperature of  $23 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ . The stems were cut on the fourth day, the water in group T1 was changed, and group T2 was kept without changing the solution. The initial and final diameter of the flower was evaluated, as well as the water absorption rate, live weight and vase life. The stems of cv. Polar Star presented the greatest floral opening, and the buds of 'Samurai' and 'Freedom' had the smallest opening. The 'Engagement' and 'Topaz' stems in the three harvest indexes presented floral opening above 70 %. The other cultivars should be harvested with an index of at least two. 'Polar Star' had the longest vase life (12.4 d) and the shortest was found in 'Freedom' and 'Samurai' (7.3 d). The Chrystal Clear® solution did not modify the floral opening; however, it did increase the fresh weight, vase life and improved the appearance. The harvest index to obtain the higher fresh weight and better performance in vase life is index two.

**Keywords:** Floral opening, fresh weight, hydrating solution, post-harvest life.

**Publicado en:** Revista Agroproductividad, Marzo-Abril, 2015. 8(2):3-11

### 3.3 INTRODUCCION

La rosa (*Rosa* L.) (Rosaceae) es uno de los cultivos más apreciados como flor de corte, su demanda destaca por su fragancia y variedad de tonos y colores que satisface los gustos más exigentes de los consumidores (Yong, 2004; Dahal, 2013). En las últimas tres décadas la rosa ha tenido un lugar preponderante en la producción florícola de México y un máximo histórico de 4'345,000 de gruesas (144 tallos florales) fue registrado en 2004 (Tejeda-Santorius y Arévalo-Galarza, 2012). Uno de los problemas más frecuentes durante la comercialización y vida en florero de las rosas es la falla en la apertura floral, que está influenciada por las condiciones ambientales, humedad del suelo, fertilización e índice de cosecha. Éste último se relaciona con la madurez del botón floral y con la acumulación de los sustratos para la apertura de la flor. El índice de cosecha puede influir negativamente en la vida postcosecha si el corte se realiza cuando no se hayan acumulado los azúcares suficientes que garanticen la apertura del botón floral (Wills *et al.*, 1998; Reid, 2009).

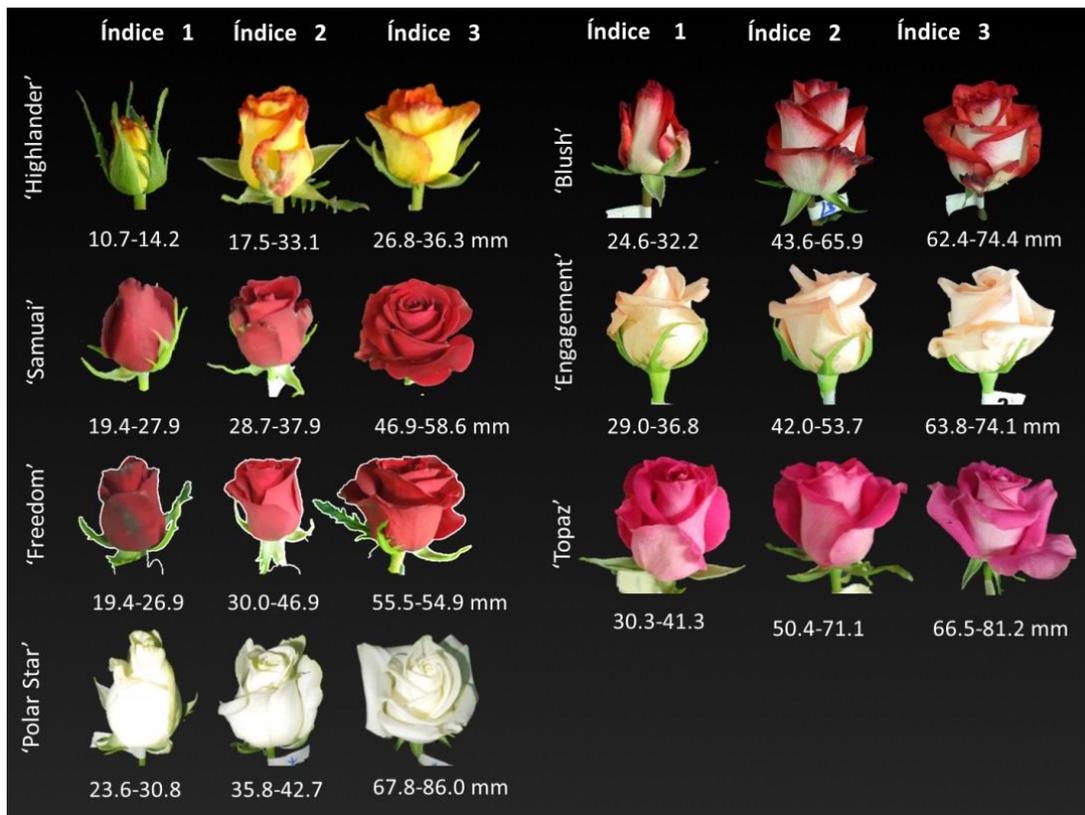
Entre los cultivares de rosa existen amplia variación en la apertura del capullo y vida en florero (Ichimura *et al.*, 2002). Además, la diversidad de cultivares de rosa generados en los últimos años y el desconocimiento de su fisiología dificultan reconocer los puntos de corte óptimos para cada uno.

Cada cultivar de rosa tiene un índice de cosecha propio; algunos se cortan cuando los bordes superiores de dos o tres sépalos se curvan hacia fuera; los cultivares con pétalos numerosos, se cosechan más abiertos que aquellos que tienen menos pétalos y capullos menos densos; la mayoría de los cultivares de tonalidades rosa y rojos se cortan cuando el cáliz se dobla en una posición inferior que la horizontal (mayor que 90°) y cuando los dos primeros pétalos comienzan a separarse del botón floral; los tallos de las variedades amarillas se cosechan en un punto más cerrado y las blancas en uno posterior comparado con los tallos de rosas rojas y rosas (Xotla y Ruiz, 2012). Sin embargo, los tallos florales de los cultivares

blancos y amarillos deben cosecharse en una fase anterior para ser trasladados a distancias largas (Reid, 2014). En *Gerbera jamesonii*, *Narcissus tazetta*, *Alstroemeria aurantiaca* y *Dianthus caryophyllus*, el índice de cosecha está definido por sus características morfológicas (Gamboa, 1991; Mahdi y Kafi, 2005; Reid y Dodge, 2014), en los cultivares de rosa no es así, en este caso los productores tienen que experimentar cosechando los botones florales en diferentes estadios de desarrollo, lo que genera pérdidas en la postcosecha, ya que si los botones están muy cerrados, serán más susceptibles al “cabeceo” causado por la poca lignificación del pedúnculo floral (Mayak *et al.*, 1974) o tendrán fallas de apertura debido a la concentración baja de sustratos almacenados en las hojas y los tallos (Borochoy *et al.*, 1989). En algunos casos es posible garantizar la apertura de los botones poco desarrollados con aplicación de soluciones con concentraciones variadas de azúcar. Específicamente, la aplicación del producto comercial Chrysal clear® (10 g L<sup>-1</sup>) al agua del florero mejoró la apertura floral de rosas de los cultivares Freedom, Opera, Red alfa y Red Vicer (Mosqueda *et al.*, 2011). Por el contrario, los botones florales muy abiertos tienen vida en florero corta, debido a la mayor sensibilidad a etileno (Haserk, 1980). Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue determinar el índice de corte óptimo para la cosecha de siete cultivares de *Rosa hybrida* y el efecto de un producto comercial en la calidad de los tallos florales.

### 3.4 MATERIALES Y MÉTODOS

Los tallos se cosecharon en el invernadero comercial de la empresa Flores Selectas de Tequexquahuac, S. de P. R. de R. L., ubicado en Tequexquahuac, Texcoco, Estado de México. Los tallos evaluados fueron de los cultivares Highlander, Samurai, Freedom, Polar Star, Blush, Engagement' y Topaz' provenientes de plantas de seis años de edad. La Figura 3.1 ilustra los tres índices de cosecha (1, 2 y 3) seleccionados para este estudio.



**Figura 3. 1** Índices de cosecha y dimensiones de la apertura floral (mm) de siete cultivares de *Rosa hybrida*.

En el índice 1, los sépalos pueden estar unidos o separados del botón floral en dependencia del cultivar, pero todos los pétalos estarán generalmente cerrados o ligeramente abiertos en su ápice. El índice 2, es el que los productores toman como óptimo para el corte, en éste, los sépalos se encuentran separados del botón floral y los pétalos, aunque compactos, están abiertos en el ápice. En el índice 3, los sépalos están separados del botón floral y los pétalos completamente abiertos en la región apical.

Se cosecharon 16 tallos florales de cada cultivar e índice de cosecha, a las 7 am. Los tallos se transportaron en condición seca al laboratorio; ahí, inmediatamente se realizó un corte transversal en la base de cada tallo, para estandarizar la longitud entre 55 y 60 cm, con tres hojas trifoliadas y cuatro pentafoliadas. Los ejemplares de cada cultivar y cada índice de corte se separaron en dos grupos,

uno se colocó en agua de la llave (doméstica) ( $\text{pH} = 7.51 \pm 0.13$  y  $\text{CE} = 56.3 \pm 1.2 \mu\text{S cm}^{-1}$ ) y el otro en una solución de Chrysal clear®  $10 \text{ g L}^{-1}$  ( $\text{pH} = 4.55 \pm 0.05$  y  $\text{CE} = 59.7 \pm 1.2 \mu\text{S cm}^{-1}$ ). La unidad experimental consistió de dos tallos florales en un florero con 270 mL agua o solución Chrysal clear®; los floreros fueron distribuidos al azar en una habitación con iluminación de  $10 \mu\text{moles m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , fotoperiodo de 12 h y temperatura promedio de  $23 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ . Al cuarto día en el florero, los tallos se recortaron en su base 3 cm; además, a los tratamientos en agua de llave se les renovó el agua.

## Variables

**Apertura de los botones florales.** El diámetro de los botones florales se registró con un calibrador electrónico digital (Truper®, con precisión de 0.01 mm) al inicio y cuando alcanzaron la apertura mayor en el florero. El promedio del diámetro floral de la apertura máxima de cada cultivar en el índice 3 se utilizó como referencia de apertura en el florero para cada cultivar.

**Peso fresco del tallo floral.** Los tallos se pesaron individualmente en una balanza digital (Setra SI-20005, con 0.01 g de precisión). El peso relativo se obtuvo con la ecuación:

$$PF = \frac{PF_n}{PF_0} \times 100$$

Dónde: PF = Peso fresco (%),  $PF_n$  = peso fresco del tallo floral en el día 1, 2, 3, n;  $PF_0$  = peso fresco del tallo floral en el día cero.

**Tasa de absorción de los tallos florales.** Diariamente se registró el peso del agua o de la solución en el florero en una balanza digital.

**Vida de florero.** La aparición de alguno de los siguientes síntomas se registró a partir del inicio del estudio: cabeceo del botón floral, flacidez o caída de pétalos, amarillamiento o caída de las hojas. Los tratamientos fueron la combinación de siete cultivares, tres índices de corte y dos soluciones de florero, con cuatro repe-

ticiones (dos tallos por repetición). Se realizó análisis de varianza y pruebas de comparaciones de medias (Tukey, 0.05) mediante el paquete SAS<sup>®</sup> 9.0 para Windows. Para su análisis, los datos en porcentaje, se transformaron a ArcoSeno y después los promedios se convirtieron nuevamente a porcentajes.

### 3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### **Apertura floral: diámetro inicial por índice de cosecha**

Los botones florales de 'Highlander' tuvieron menor diámetro en los tres índices de cosecha, mientras que 'Topaz' y 'Engagement' mostraron la mayor apertura (Cuadro 3.1).

Xotla y Ruiz (2012) mencionan que algunas variedades de rosa se cortan cuando los bordes superiores de dos o tres sépalos están curvos hacia fuera, pero las variedades color amarillo deben cosecharse antes de que el cáliz se separe completamente del botón floral y antes de que los pétalos empiecen a abrir, sin embargo, esto no se observó en 'Highlander' cosechado en el índice 1, pues no alcanzó la apertura floral adecuada en agua ni en la solución de Chrysal clear<sup>®</sup>. Dole y Wilkins (1999) refieren que las variedades rojas deben cortarse cuando el cáliz esté totalmente desprendido del capullo y que al menos un pétalo se haya desprendido del botón floral; este criterio coincidió con el índice 2 de 'Samurai' y 3 de 'Freedom' (Figura 1). Las variedades blancas se cosechan cuando los sépalos se han desplegado completamente y cuando más de dos pétalos se han separado del botón floral (Xotla y Ruiz, 2012), esto coincide con las características de 'Polar Star' con índice 2.

**Cuadro 3. 1** Apertura floral máxima, durante la vida de florero en agua o Chrysal clear® en solución acuosa, de cultivares de *Rosa hybrida* cosechados según tres índices de cosecha. En el bloque de la derecha se compara con la máxima apertura de cada cultivar.

Cultivares	Solución Hidratante	Apertura floral (mm)			Apertura floral relativa, respecto a la máxima por cultivar (%)		
		1	2	3	1	2	3
Highlander	Agua	17.73a <sup>z</sup>	47.56 a	56.8 a	25.6	68.6	81.9
	Chrysal®	14.86 a	36.96 a	66.14 a	21.4	53.3	95.4
	DMS	2.94	14.20	16.98			
Samurai	Agua	46.42 a	56.16 a	65.08 a	71.3	86.3	100.0
	Chrysal®	31.28 a	54.57 a	64.30 a	48.1	83.9	98.8
	DMS	9.02	7.82	9.15			
Freedom	Agua	39.57 a	48.45 a	67.22 a	58.9	72.1	100.0
	Chrysal®	32.5 b	47.79 a	62.51 a	48.3	71.1	93.0
	DMS	4.84	9.69	6.17			
Polar Star	Agua	70.21 a	84.52 a	110.56a	63.5	76.4	100.0
	Chrysal®	57.16 a	80.49 a	109.96a	51.7	72.8	99.5
	DMS	18.65	18.85	13.212			
Blush	Agua	51.85 a	81.17 a	90.28 a	57.4	89.9	100.0
	Chrysal®	59.62 a	72.08 a	81.30 b	66.0	79.8	90.1
	DMS	11.06	10.59	8.80			
Engagement	Agua	58.99 a	64.65 a	79.09 a	74.6	81.7	100.0
	Chrysal®	58.33 a	63.54 a	80.52 a	73.8	80.3	101.8
	DMS	7.62	7.01	9.92			
Topaz	Agua	70.73 a	84.25 a	88.72 a	79.7	95.0	100.0
	Chrysal®	63.68 a	82.50 a	77.53 b	71.8	93.0	87.4
	DMS	18.52	7.22	9.45			

<sup>z</sup> Valores seguidos con letras iguales en cada columna dentro de cada cultivar no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05).

### Diámetro floral máximo de cada cultivar

El diámetro floral máximo de 'Polar Star' fue de 110.6 mm y de 'Blush' fue 90.3 mm, y lo alcanzaron 5 y 6 días después de la cosecha. 'Highlander', 'Engagement', 'Topaz', 'Samurai' y 'Freedom' alcanzaron el máximo diámetro floral entre el tercer y cuarto día en el florero (Figura 3.2). Kuiper *et al.* (1996) mencionan que la apertura máxima del botón floral ocurre cuando los pétalos internos y externos se extienden completamente y dejan expuestas las anteras; pero en las condiciones del hogar del consumidor difícilmente ocurre este evento, ya que los floreros se colocan en sitios con baja intensidad de luz y la senescencia ocurre antes de que el botón floral llegue a su apertura máxima.

Cultivar	Diámetro (mm)	Cultivar	Diámetro (mm)
Highlander	69.3 ± 9.4	Polar Star	110.6 ± 16.3
Samurai	65.1 ± 7.3	Blush	90.3 ± 10.6
Freedom	67.2 ± 4.8	Engagement	79.1 ± 12.1
		Topaz	88.7 ± 7.4

Figura 3. 2 Apertura máxima de los botones florales de siete cultivares de *Rosa hybrida* cosechados con el índice 3 de cosecha. Cada valor es el promedio de 16 repeticiones ± la desviación estándar.

## Apertura por índices de cosecha y tratamientos

Sin importar los índices de cosecha, la solución de Chrysal clear® no incrementó el diámetro de apertura de los botones florales de ninguno de los cultivares (Cuadro 3.1). Los resultados difieren de los obtenidos por Juárez *et al.* (2008); quienes mencionan que la aplicación de 2 mL L<sup>-1</sup> de Crysal RVB® al agua del florero incrementó la apertura floral de rosa 'Black Magic'. La diferencia entre los resultados pudo deberse al hecho de que la solución hidratante utilizada por estos autores tendría mayor contenido de azúcares.

Debido a que 70% de la apertura, respecto a la máxima en cada cultivar, representa una apariencia estética aceptable para el consumidor, los cultivares de Engagement y Topaz pueden cosecharse considerando cualquiera de los tres índices como adecuado, ya que su apertura fue superior a 70% (Figura 3.3); en contraste, los tallos de los cultivares Blush, Highlander, Samurai, Freedom y Polar Star solo deberían cosecharse con el índice 2.

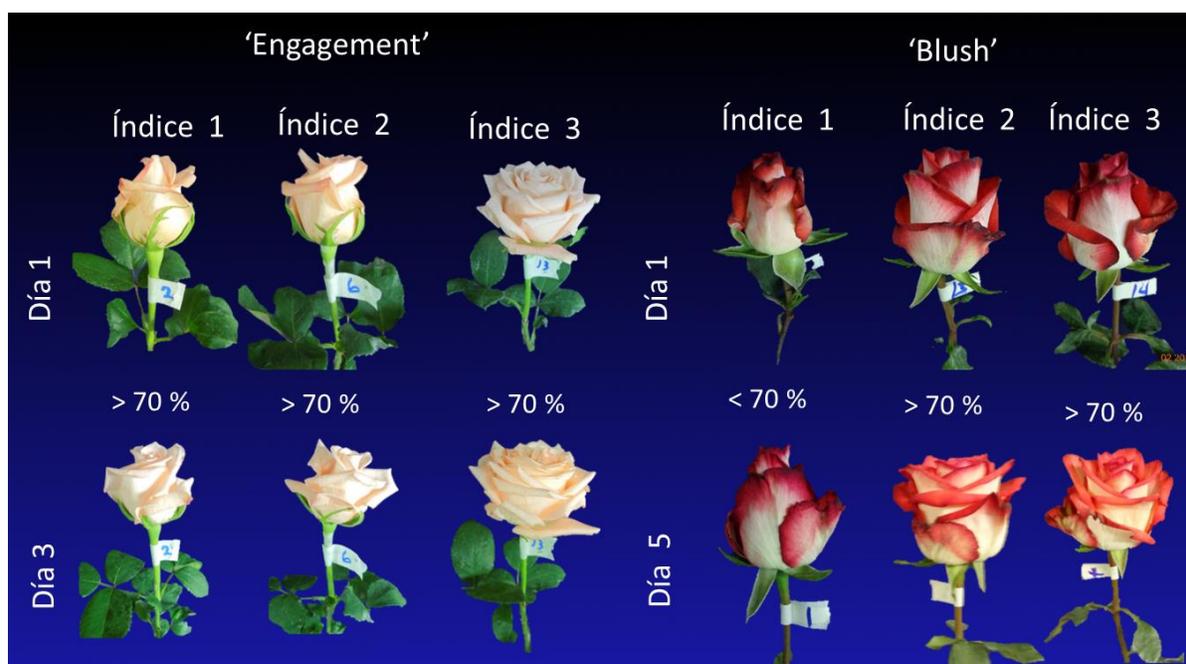


Figura 3. 3 Apertura de los botones florales, por índice de cosecha, de los cultivares Engagement y Blush. El tercero y quinto día en postcosecha cada cultivar alcanzó su diámetro mayor.

Aunque la adición de Chrysal clear® no contribuyó a mejorar la apertura floral, si ayudó a mejorar el color, apariencia de los botones e incrementó la vida de florero de todos los cultivares (Halevy y Mayak, 1981; Kuiper *et al.*, 1996) (Figura 3.4).



Figura 3. 4 Efecto de la solución comercial Chrysal clear® en la apariencia y vida de florero de rosa 'Topaz'.

### **Tasa de absorción y peso fresco**

Al cuarto día después de la cosecha los tallos de 'Samurai' presentaron consumo mayor de agua y los de 'Blush' el menor (Cuadro 3.2). Todos los cultivares presentaron mayor consumo de agua el cuarto día en comparación con el séptimo día. La disminución del consumo de agua puede atribuirse al taponamiento de los vasos en la base del tallo como consecuencia de la proliferación de bacterias, síntesis de metabolitos en reacción al corte, o ambos (Arévalo *et al.*, 2012; van Doorn, 2012). Las características de los tallos, vigorosos y de buena calidad, también retrasan los eventos de cavitación y mantienen por más tiempo el consumo de agua (Fanourakis *et al.*, 2012; Spinarova y Hendriks, 2005). Este

hecho coincide con los resultados de esta investigación, ya que los tallos de ‘Freedom’ y ‘Samurái’ son los menos vigorosos y fueron los que consumieron menos agua al séptimo día. En general, los tallos cosechados con el índice 3 consumieron 11% más agua que los cosechados con el índice 2, pero la vida en florero fue mayor en los últimos (Cuadro 3.2).

**Cuadro 3. 2** Tasa de absorción de agua, peso fresco y vida de florero (VF) de siete cultivares de *Rosa hybrida*, cosechados en tres puntos de corte y solución comercial Chrysal clear®.

Cultivares	Tasa de absorción		Peso fresco		VF
	(%)		(%)		(días)
	Día 4	Día 7	Día 4	Día 7	
Highlander	29.4 bc	19.9 b	94.0 a	96.68 ab	8.0 cd
Samurái	60.3 a	14.8 c	92.3 ab	95.2 cd	7.3 d
Freedom	28.4 bc	9.2 d	91.8 b	96.6 ab	7.6 d
Polar Star	35.6 b <sup>z</sup>	20.1 b	94.1 a	97.5 a	12.4 a
Blush	21.1 d	20.8 b	91.8 b	94.5 d	9.5 b
Engagement	35.8 b	35.4 a	93.1 a	96.3 bc	8.9 bc
Topaz	26.3 cd	18.2 b	92.4 ab	92.3 e	8.2 cd
DMS	07.22	2.95	2.01	1.15	1.07
Pts. de corte					
Índice 1	34.5 a	20.4 a	92.5 a	96.8 a	8.1 b
Índice 2	33.7 a	18.2 b	93.1 a	96.0 b	9.7 a
Índice 3	32.9 a	20.9 a	92.9 a	94.2 c	8.7 b
DMS	3.7	1.53	1.04	0.69	0.563
Solución					
Agua	34.4 a	19.6 a	92.8 a	94.9 b	8.3 b
Chrysal®	33.2 a	19.9 a	92.7 a	96.4 a	9.3 a
DMS	2.52	1.04	0.71	0.53	0.38

<sup>z</sup> Valores seguidos con letras iguales en cada columna, por cultivar, puntos de corte y solución no son significativamente diferentes. (Tukey, 0.05; para peso fresco y VF, n=8; para tasa de absorción n=4).

'Polar Star' tuvo el mayor peso fresco y vida de florero más larga (12.4 d) contrastando con 'Samurai' que tuvo el menor peso fresco y vida en florero (Cuadro 3.2). Las flores de corte incrementan su peso fresco y luego lo disminuyen de forma significativa pocos días después de la cosecha cuando permanecen en agua (Lu *et al.*, 2010; Alaei *et al.*, 2011); sin embargo, aquellas que lo mantienen por más tiempo, lograrán una vida mayor en florero (Ichimura y Shimizu-Yumoto, 2007); además, los procesos metabólicos que aportan energía a los pétalos se desarrollan mejor cuando la hidratación es mayor (van Meeteren *et al.*, 1999; Taiz y Zeiger, 2010). van Meeteren *et al.* (2006) y Arévalo *et al.* (2012) señalan que la pérdida de peso prematura en las flores de corte puede deberse a diversas causas, destacando entre ellas, procesos fisiológicos que reducen la conductividad hídrica o el crecimiento de bacterias que obstruyen físicamente los haces vasculares.

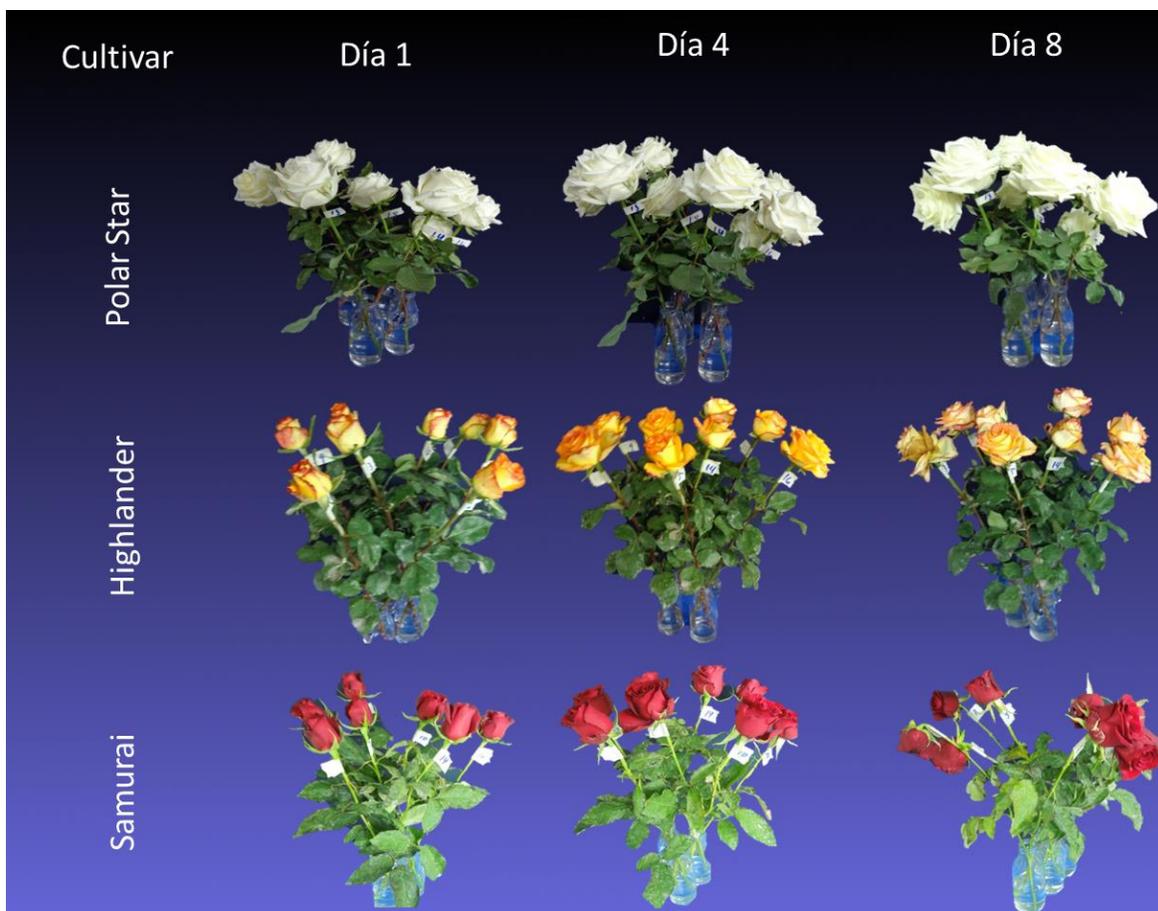
### **Vida de florero**

Los tallos de 'Polar Star' tuvieron la vida mayor en florero (12.4 d) de todos los cultivares, seguidos por los de 'Blush' (9.5 d) y 'Engagement' (8.9 d). Los tallos de 'Freedom' y 'Samurái' tuvieron la menor vida en florero (7.6 y 7.3 d) del grupo estudiado y representó 40% menos que la de 'Polar Star' (Cuadro 3.2, Figura 3.5).

## **3.6 CONCLUSIONES**

El índice de cosecha 2 es el óptimo para los cultivares Polar Star, Blush, Highlander, Samurái y Freedom; el corte con otros índices conducirá a fallas en la apertura floral y disminuirá la vida en florero. En contraste, el índice de cosecha no modifica la vida en florero de los cultivares Engagement y Topaz, y sus botones florales alcanzan apertura mayor a 70% independientemente del índice citado. La

solución comercial de Chrysal clear® mejora el aspecto y vida de florero en los siete cultivares, pero no tiene efecto en la apertura de los botones florales.



**Figura 3. 5** Aspecto de los cultivares Polar Star, Highlander y Samurai durante la vida de florero.

### 3.7 LITERATURA CITADA

Alaey M., Babalar M., Naderi R., Kafi M. 2011. Effect of pre and postharvest salicylic acid treatment on physio-chemical attributes in relation to vase-life of rose cut flowers. *Postharvest Biology and Technology* 61:91-94.

Arévalo G.L., García O.C., Rosas S.G.H. 2012. Factores que afectan la vida de florero en flores de corte. *Agroproductividad* 5(3):28-35.

- Borochoy A., Woodson W.R. 1989. Physiology and biochemistry of flower petal senescence. *Hortic. Rev.* 11: 15-43.
- Dahal S. 2013. Postharvest handling of cut flower rose. Department of Horticulture, Institute of Agriculture and Animal Sciences (IAAS), Rampur, Chitwan, Nepal. 24 pp. En: [http://www.academia.edu/3276681/POST\\_HARVEST\\_HANDLING\\_OF\\_CUT\\_FLOWER\\_ROSE](http://www.academia.edu/3276681/POST_HARVEST_HANDLING_OF_CUT_FLOWER_ROSE), abril, 2014.
- Dole J.M., Wikins H.F. 1999. Floriculture principles and species. Prentice Hall, New Jersey pp.123-137.
- Fanourakis D., Carvalho S.M.P., Almeida D.P.F., van Kooten O., van Doorn W.G., Heuvelink E. 2012. Postharvest water relations in cut rose cultivars with contrasting sensitivity to high relative air humidity during growth. *Postharv. Biol. Technol.* 64: 64–73.
- Gamboa Z.L. 1991. Cultivo de gerbera. Costa Rica: Ed. Universidad estatal a distancia, UNED. 71 pp.
- Halevy A.H., Mayak S. 1981. Senescence and postharvest physiology of cut flowers, part 2. *Hort. Rev.* 3: 59-143.
- Haserk R. 1980. Introducción a la Floricultura. San Diego, Academic Press. pp 102-104.
- Ichimura K., Kawabata Y., Kishimoto M., Goto R., Yamada K. 2002. Variation with cultivar in the vase life of cut rose flowers. *Bull. Natl. Inst. Flor. Sci.* 2: 9-20.
- Ichimura K., Shimizuko-Yumoto H. 2007. Extension of the vase life of cut roses by treatment with sucrose before and during simulated transport. *Bull. Natl. Inst. Flor. Sci.* 7:17-27.
- Juárez H.P., Colina L.T., Valdez A.L.A., Espinosa F.A., Castro B.R., Cano G.G.B. 2008. Soluciones y refrigeración para alargar la vida postcosecha de rosa cv. 'Black Magic'. *Fitotecnia Mexicana* 31(3): 73-77.
- Kuiper D., van Reenen H.S., Ribot S.A. 1996. Characterisation of flower bud opening in roses; a comparison of Madelon and Sonia roses. *Postharv. Biol. Technol.* 9: 75-86.

- Lu P., Cao J., He S., Liu J., Li H., Cheng G., Ding Y., Joyced D.C. 2010. Nano-silver pulse treatments improve water relations of cut rose cv. 'Movie' Star flowers. *Postharv. Biol. Technol.* 57: 196-202.
- Mahdi J.M., Kafi M. 2005. Effects of harvesting stages, 8-hydroxyquinoline citrate, silver thiosulphate, silver nitrate on the postharvest life of cut *Narcissus tazetta*. *Acta Hort.* 669:405-410.
- Mayak S., Halevy A.H., Sagie S., Bar-yoseph A., Bravdo B.1974. The water balance of cut rose flowers. *Physiol. Plant* 3: 15-22.
- Mosqueda L.G., Arévalo G.L., Valdovinos P.G., Rodríguez P.J. y Colinas L.T. 2011. Época de corte y manejo postcosecha de ocho cultivares de rosa de corte. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3:591-602.
- Reid M.S. 2009. *Postcosecha y Manejo de las Flores de Corte*. Ediciones HortiTecnia Ltda, Bogotá, Colombia. 38 p.
- Reid M.S., Dodge L. 2014. *Postcosecha. Sobre los indicadores básicos*. Department of Plant Sciences University of California, Davis, CA 95616. En: <http://postharvest.ucdavis.edu/Ornamentales/Rosas/>
- Spinarova S., Hendriks L. 2005. Factors influencing acoustic emission profiles of cut roses. *Acta Horticulture* 669: 63-69,
- Taiz L., Zeiger E. 2010. *Plant Physiology*. Fifth edition. Sinauer associates, inc, publishers, Sunderland, Massachusetts. 782 pp.
- Tejeda S.O., Arévalo G.L. 2012. La floricultura, una opción económica rentable para el minifundio Mexicano. *Agroproductividad* 5(3): 11-19.
- van Doorn W.G. 2012. Water relations of cut Flowers: An Update. *Horticultural Reviews* 40: 55-106.
- van Meeteren U., van Gelder H., van Ieperen W. 1999. Reconsideration of the use of deionized water as vase water in post-harvest experiments on cut flowers. *Postharv. Biol. Technol.* 17:175-187.
- van Meeteren U.; Arévalo G.L., van Doorn W.G. 2006. Inhibition of water uptake alters harvesting cut flowers role of air emboli and wound-induced processes in chrysanthemum. *Postharv. Biol. Tech.* 41: 70-77

- Wills R., McGlasson B., Graham D., Joyce D. 1998. Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. UNSW Press, Australia 262 p.
- Xotla Z.M.P., Ruiz C.R. 2012. Producción y comercialización de rosas de corte en el rancho “Los Morales” de Tenancingo, Edo. de México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, Campus Xalapa, Veracruz, México.
- Yong A. 2004. El cultivo del rosal y su propagación. *Cultivos Tropicales* 25(2): 53-67.

## CAPÍTULO IV. ALMACENAMIENTO SECO A TEMPERATURA AMBIENTE DE SIETE CULTIVARES DE ROSA (*Rosa hybrida* L.)

### 4.1 RESUMEN

El almacenamiento de flores cortadas a temperatura ambiente representa un riesgo pues implica un efecto combinado de privación de agua y temperatura. Sin embargo, si se evita la deshidratación de las hojas y se mantiene una alta humedad relativa dentro del empaque, los tallos florales podrán recuperar el flujo hídrico y por lo tanto su vida en florero, índice de calidad comercial fundamental. En este trabajo se comparó la respuesta de siete cultivares de *Rosa hybrida* (“Polar Star”, “Engagement”, “Topaz”, “Blush”, “Highlander”, “Samurái” y “Freedom”) al almacenamiento en seco, como alternativa para los productores, mediante un ensayo unifactorial (formas de manejo) con cinco repeticiones (tallo floral). Diez tallos florales se transportaron al laboratorio y se registró su peso inicial. Se colocaron en contenedores con agua (T1) o se envolvieron con papel kraft y bolsas negras de polietileno (T2) en ambos casos a temperatura ambiente ( $20 \pm 3$  °C) durante 24 h. Posteriormente se colocaron en floreros con 200 mL de agua. Las variables evaluadas fueron: apertura floral, peso fresco, consumo de agua y vida de florero. Los resultados indicaron que el almacenamiento en seco a temperatura ambiente estimula la apertura floral de los cultivares “Topaz”, “Blush” y “Freedom” y favorece la recuperación del flujo hídrico en “Highlander” y “Blush”. Al comparar la ganancia de peso fresco en ambos tratamientos, excepto ‘Blush’, todos los cultivares respondieron mejor al manejo en seco, aunque sin diferencias en el consumo de agua. El cultivar “Polar star” tuvo 10,5 días de vida de florero y “Samurái” 6,5 días sin diferencias entre tratamientos, es importante mencionar que el cultivar “Samurái” (rojo), tiene menor porte y mayor susceptibilidad al manejo postcosecha; mientras que el grosor y porte de los tallos de “Polar star” (blanco) es mayor, lo cual contribuye a una mayor vida de florero. Los cultivares “Engagement”, “Blush” y “Topaz” tuvieron 9,3, 8,5 y 8,3 d de vida de florero respectivamente. A pesar del estrés provocado al mantener los tallos sin agua a

temperatura ambiente, no hubo diferencias en el consumo de agua y vida de florero con respecto al manejo húmedo, por lo que esta técnica puede considerarse como una opción real para el ahorro de agua, siempre y cuando se evite la deshidratación de los tallos con un empaque hermético.

**Palabras clave:** Manejo seco, deshidratación de las hojas, humedad relativa, flujo hídrico, vida de florero.

#### 4.2 ABSTRACT

Storage of cut flowers at room temperature is very risky due the combined effect of water stress and warm temperature. However, if the leaves drying is avoided and a high relative humidity within the package is maintained, the flower stems can recover the water flow and her vase life, the main commercial quality index. In this study the response of seven *Rosa hybrida* cultivars ("Polar Star", "Engagement", "Topaz", "Blush", "Highlander", "Samurai" and "Freedom") to dry storage was compared with wet handling, as an alternative for producers, using an univariate test (ways of handling) with five replications (flower stalks) per treatment and cultivar. Ten flower stalks were transported to the laboratory and initial fresh weight was recorded. The cut stems of each cultivar were placed in containers with water (T1) or wrapped with kraft paper and black polyethylene bags (T2), in both cases environmental conditions were room temperature  $20 \pm 3$  °C for 24 h. Subsequently, the floral stems were placed in vases with 200 mL of water. The variables evaluated were: floral opening, fresh weight, water consumption and vase life. The results showed that dry storage at room temperature improved the floral opening in "Topaz", "Blush" and "Freedom" cultivars and enhance the water flow in "Highlander" and "Blush". The gain of fresh weight in both treatments in all cultivars, except in 'Blush', responded better to dry handling, and without significant differences in water consumption. The stems of "Polar star" had 10.5 d of vase life and "Samurai" 6.5 d with no differences between treatments, it is important to mention that the cultivar "Samurai" (red color), has smaller size and greater susceptibility to postharvest handling; while the stems of "Polar Star" (white color)

are thickness and longer than 'Samurai' this characteristics improve the vase life in "Polar Star". The cultivars "Engagement", "Blush" and "Topaz" had 9.3, 8.5 and 8.3 d of vase life respectively. Despite the water stress caused by the storage at room temperature, there was no difference in water consumption and vase life compared to wet handling, so this technique can be considered as a real option for saving water as long as is avoided the dehydration of the stems with a hermetic packaging.

**Keywords:** Dry handling, drying of leaves, relative humidity, water flow, vase life.

Publicado en: VI Jornadas Ibéricas de Horticultura Ornamental, Valencia 1-3  
Octubre 2014  
"Las Buenas Prácticas en la Horticultura Ornamental" **Actas de Horticultura nº 68**  
ISBN 978846173029-9

### 4.3 INTRODUCCIÓN

Para conservar el valor ornamental de las flores de corte, generalmente después de la cosecha se utilizan soluciones hidratantes por lo menos en tres ocasiones, después del corte, posterior al empaque y en el centro de distribución (Reid, 2002). Sin embargo, en algunos cultivares de *Rosa hybrida* el proceso desde la cosecha, selección, empaque y almacenamiento de los tallos florales sin que

hayan sido tenido contacto con agua ha mostrado una vida de florero similar o mayor que el manejo húmedo o tradicional (Mosqueda *et al.*, 2011; Ahmad *et al.*, 2012).

Con el manejo húmedo se utiliza más espacio en las cámaras frigoríficas, la apertura floral continúa y se reduce la conductividad hídrica por la proliferación de microorganismos en la base del tallo (Ahmad *et al.*, 2012). Con el manejo seco, los costos se reducen porque disminuye la manipulación y se evita el uso de soluciones preservantes, la conductividad hídrica se restablece más rápido debido al menor crecimiento bacteriano en la base del tallo y a la disminución del potencial hídrico derivado del estrés que se provoca en el sistema vascular (Faragher *et al.*, 1984; Cevallos y Reid, 2001; Macnish *et al.*, 2009).

Cuando los tallos florales se empaquetan, a temperatura ambiente, con papel suave y bolsas de polietileno selladas herméticamente, la atmósfera en el interior del contenedor se modifica. La transpiración inicial contribuye a que la humedad relativa (HR) aumente entre el 90 y 95 %, el papel absorbe el agua y evita la dispersión de las esporas de *Botrytis*, como resultado de una baja pero constante tasa de respiración la concentración de O<sub>2</sub> disminuye y los niveles de CO<sub>2</sub> se incrementan. La mayor concentración de CO<sub>2</sub> en el interior del contenedor disminuye el déficit de presión de vapor, baja la tasa transpiratoria y el metabolismo celular y previene la acción del etileno (Goszczyńska y Rudnicki, 1983; Rudnicki *et al.*, 1986; Fanourakis *et al.*, 2013).

El almacenamiento de flores cortadas a temperatura ambiente representa un riesgo pues implica un efecto combinado de privación de agua y temperatura. Sin embargo, si se evita la deshidratación de las hojas y se mantiene una alta humedad relativa dentro del empaque, los tallos florales podrán recuperar el flujo hídrico. El objetivo de este trabajo es comparar la respuesta de siete cultivares de *Rosa hybrida* al almacenamiento en seco, a temperatura ambiente (20 ± 3 °C) por

24 h, en relación al manejo en húmedo, con la finalidad de proponer un manejo alternativo a los productores.

#### 4.4 MATERIAL Y MÉTODOS

En un invernadero comercial del estado de México (México) se cosecharon, diez tallos florales de siete cultivares de *Rosa hybrida* “Polar star”; “Engagement”; “Topaz”; “Blush”; “Highlander”; “Samurai” y “Freedom” (Figura 4.1).



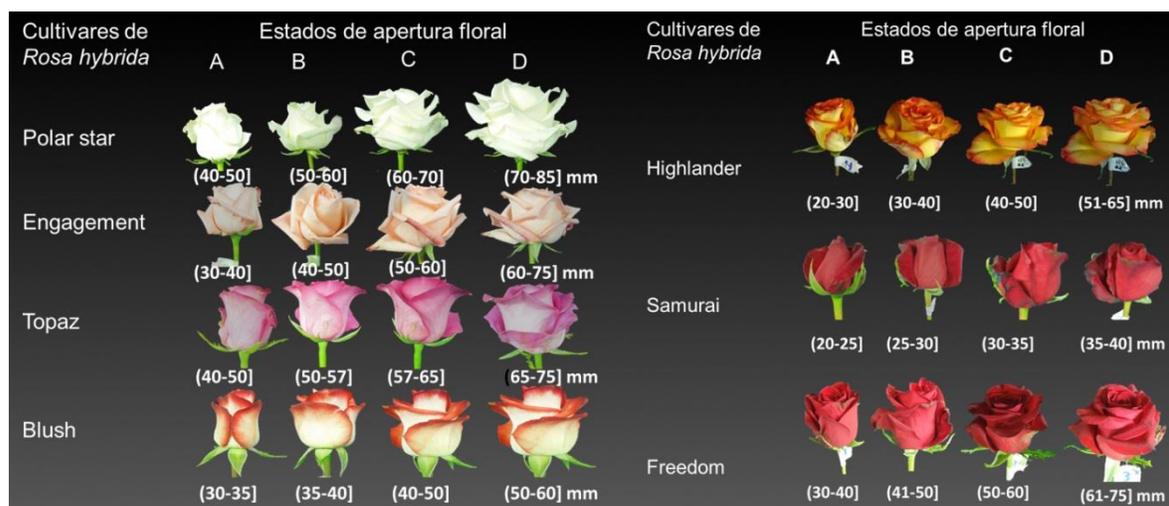
**Figura 4. 1** Índice de cosecha de los cultivares de rosa ‘Polar Star’ (A); ‘Engagement’ (B); ‘Topaz’ (C); ‘Blush’ D; ‘Highlander’ (E); ‘Samurái’ (F); ‘Freedom’ (G).

Se transportaron al laboratorio donde se colocaron en contenedores con agua (T1) o se envolvieron con papel kraft y bolsas negras de polietileno selladas herméticamente con cinta adhesiva (T2) en ambos casos a temperatura ambiente fue de  $20 \pm 3$  °C durante un periodo de 24 h. Transcurrido ese tiempo, se realizó un recorte de 5 cm de la parte basal de cada tallo, quedando una longitud de los tallos de 55 cm, se eliminó el follaje inferior hasta dejar dos hojas trifoliadas y tres pentafoliadas y se registró el peso inicial. Para las evaluaciones de postcosecha, los tallos se colocaron en floreros con 200 mL de agua y se distribuyeron en una habitación con un fotoperiodo de 12 h, temperatura de  $20 \pm 3$  °C e irradiancia de  $50 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Para cada cultivar, el diseño experimental fue unifactorial (formas de manejo) completamente al azar, y 5 repeticiones, donde la unidad experimental estuvo representada por un florero con 200 mL de agua y un tallo floral. Para determinar el efecto de las variables, en ambos tipos de manejo, se

realizó análisis de varianza y pruebas de comparación de medias (Tukey, 0.05) con el paquete estadístico SAS® 9.0.

### Estados de apertura floral

Para comparar el efecto de los tratamientos en la apertura floral, se definieron cuatro estados, donde A, corresponde a la apertura al momento del corte y D, a la máxima que se alcanza en el florero (Figura 4.2).



**Figura 4. 2** Estados de apertura floral de siete cultivares de rosa con la medida del diámetro del botón floral (mm).

### Recuperación del flujo hídrico en los tallos con manejo seco a temperatura ambiente

Los tallos se colocaron en el florero y se pesaron durante 5 h a intervalos de 60 min para calcular el incremento de peso fresco (%).

### **Peso fresco, manejo húmedo vs seco a temperatura ambiente**

Para registrar el peso de cada tallo se utilizó una balanza digital (Setra SI-20005) de 0.01 g de precisión y se calculó el peso fresco.

### **Consumo de agua por tallo floral**

En cada unidad experimental, se registró el peso inicial y final de la solución (sin el tallo) y se obtuvo en porcentaje el consumo total de agua por tallo floral.

### **Vida de florero**

Se determinó el fin de la vida de florero al observar al menos uno de los siguientes síntomas: amarillamiento y caída de hojas; flacidez, puntos necróticos, cambios de color y enrollamiento en la periferia de los pétalos, doblado de cuello.

## **4.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Estados de apertura floral**

Los tallos florales del cultivar “Highlander” tuvieron la apertura más rápida, al tercer día llegaron al estado D sin importar el tratamiento. Para “Polar Star”, “Engagement” y “Samurai”, en los primeros 3 d, su apertura fue más rápida en húmedo que en seco, pero al cuarto día coincidieron con el estado C. Para el día 5 todos los cultivares alcanzaron la máxima apertura floral (estado D), excepto “Topaz”, “Blush” y “Freedom” que con tratamiento húmedo solo abrieron hasta el estado C, por lo que el manejo seco tuvo un efecto favorable en la apertura del botón floral en estos cultivares. El peso fresco mayor de los cultivares Topaz y Freedom con manejo seco, favoreció la apertura de los botones florales.

Fanourakis *et al.* (2012) y Fanourakis *et al.* (2013) mencionan que si los tallos conservan por más tiempo su peso fresco tendrán mejor apertura floral y mayor vida de florero.

### Recuperación del flujo hídrico en los tallos con manejo seco a temperatura ambiente

Las rosas “Highlander” y “Blush” tuvieron mayor recuperación del flujo hídrico comparado con “Samurái” que tuvo la menor recuperación. En las primeras 3 h, el flujo hídrico de “Freedom” fue similar al de “Blush”, sin embargo, después disminuyó. Los otros cultivares tuvieron valores intermedios a los mencionados (Cuadro 4.1).

**Cuadro 4. 1** Tasa de recuperación de los tallos florales de 7 cultivares de *Rosa hybrida*, almacenados en seco por 24 h a  $20 \pm 3$  °C. Valores promedios de 5 repeticiones.

Cultivares	Peso fresco (%) durante las primeras 5 h en el florero				
	1	2	3	4	5
Polar Star	100.7 bc <sup>z</sup>	103.1 c	104.9 b	105.8 bc	106.2 bc
Engagement	101.9 bc	104.7 bc	106.2 ab	107.0 abc	107.4 b
Topaz	103.5 b	104.4 bc	105.1 b	105.7 bcd	106.1 bc
Blush	103.2 b	107.5ab	108.6 ab	109.6 ab	113.2 a
Highlander	106.5 a	108.2 a	109.3 a	109.9 a	112.6 a
Samurai	99.2 c	99.4 d	100.6 c	101.8 d	102.4 c
Freedom	103.5 b	104.5 bc	105.2 b	105.5 cd	106.77 bc
DMS	2.91	3.41	3.74	3.99	4.60
CV	1.55	1.78	1.92	2.04	2.33

<sup>z</sup>Valores seguidos con letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas (Tukey, 0.05). DMS, diferencia mínima significativa; CV, coeficiente de variación.

Los incrementos del peso fresco están asociados a un mayor consumo de agua (Durkin y Kuc, 1996; Seyf *et al.*, 2012) mayor turgencia celular y retraso de la senescencia (Chand *et al.*, 2012), lo cual sugiere que los cultivares “Highlander” y

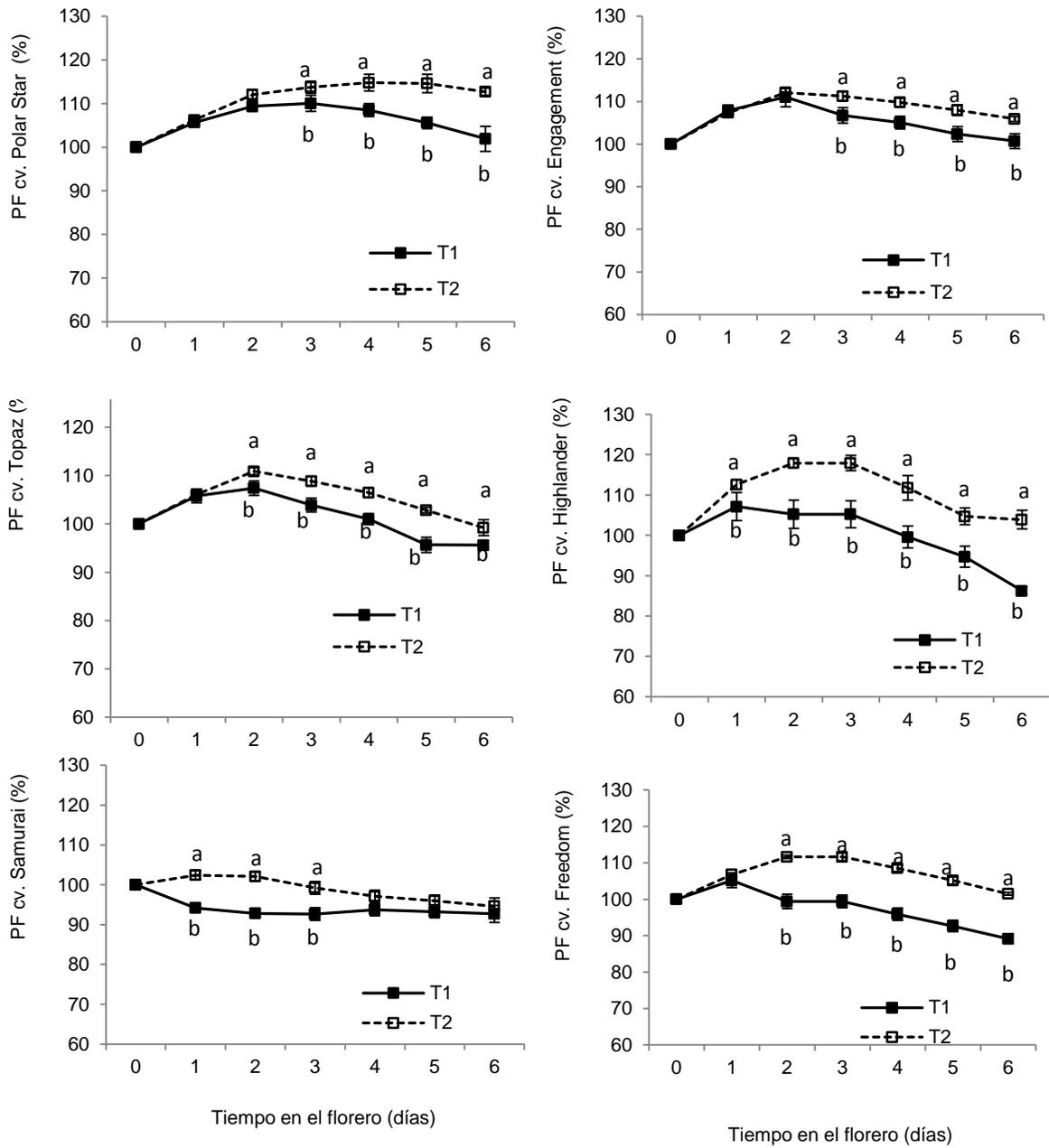
“Blush” tendrán una apertura floral más rápida y mayor vida de florero comparado con “Freedom” y “Samurai”.

### **Peso fresco, manejo húmedo vs seco a temperatura ambiente**

Los tallos florales de “Blush” no mostraron diferencias significativas en peso fresco al comparar los dos tipos de manejo. Sin embargo, “Polar Star”, “Engagement”, “Topaz”, “Highlander”, “Samurai” y “Freedom” en el tratamiento seco, tuvieron respectivamente 8, 5, 4, 12, 9 y 13 % mayor peso fresco con respecto al manejo húmedo. Cabe destacar que el alto valor mostrado en el cultivar Samurai (9 %) correspondió solo a los primeros 3 días, ya que después los valores fueron similares en ambos tratamientos (Figura 3).

Como respuesta a un recorte de 3 cm en la base del tallo, que se realizó a los 5 d en todos los cultivares, “Samurai” incrementó su peso fresco después del día 6, lo cual sugiere una posible cavitación en la base del tallo, que se liberó con el recorte. Al respecto, van Doorn (1997) menciona que la pérdida prematura de turgencia en muchas especies de flores de corte, se debe a la oclusión en el sistema de conducción de agua.

Tanto en el manejo en seco como en el húmedo, los cultivares “Polar Star” y “Engagement”, mantuvieron hasta los 5d y 6d respectivamente los valores más altos de peso fresco (Figura 4.3) lo cual contribuyó con una mayor vida de floreo (VF). Mientras que “Samurai” con el menor peso fresco, tuvo una VF muy limitada.



**Figura 4. 3** Peso fresco (PF) de los tallos florales de *Rosa hibryda* con manejo húmedo (T<sub>1</sub>) y seco (T<sub>2</sub>). Cada punto en las gráficas representa el promedio de 5 repeticiones ± el error estándar. Letras diferentes en cada tiempo de evaluación indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).

### Consumo de agua por tallo floral y vida de florero

Los tallos florales de “Freedom” tuvieron mayor consumo de agua en manejo húmedo que seco. Los otros cultivares no mostraron diferencias por efecto de los

tratamientos. Sin embargo, “Topaz”, “Blush”, “Polar Star” y “Engagement” fueron los que mayor volumen de agua consumieron (19, 15.2, 13.8 y 13.5 y mL respectivamente), mientras que “Samurai” fue el de menor consumo hídrico (9.3 mL).

Los tallos florales manejados en seco a temperatura ambiente, no mostraron diferencias en vida de florero al compararse con los de manejo húmedo. Sin embargo, se presentaron diferencias entre cultivares, por ejemplo “Polar star” tuvo la mayor VF (10.5 d), superior a “Samurái” (6.5 d). Los tallos de “Engagement”, “Blush” y “Topaz” duraron 9.3, 8.5 y 8.3 d respectivamente.

Los cultivares que tuvieron mayor VF, también tuvieron mayor peso fresco, corroborando que los primeros síntomas de senescencia se relacionan con la pérdida de peso fresco y un desbalance entre la tasa de absorción y transpiración (Shobha y Gowda 1993). El incremento de peso fresco ocurre cuando la tasa de absorción es mayor que la de transpiración, al invertirse esta relación, se presenta un desbalance hídrico y la senescencia se acelera (Ichimura y Shimizu-Yumoto, 2007).

#### **4.6 CONCLUSIONES**

La calidad de los tallos almacenados en seco durante 24 h a  $20 \pm 3$  °C es comparable a los tallos manejados de forma tradicional (en agua) sin diferencias significativas en el consumo de agua y vida de florero, lo cual indica que el manejo seco a temperatura ambiente puede considerarse como una opción real para los productores, siempre y cuando se evite la deshidratación del tallo floral y se mantenga una humedad relativa alta dentro del empaque. Este manejo postcosecha es factible de practicarse en cualquier sistema de producción de rosas, principalmente en aquellos donde la disponibilidad de agua es limitada, sin embargo es necesario evaluar su efecto en cada uno de los cultivares manejados.

#### 4.7 LITERATURA CITADA

- Ahmad I., Dole J.M., Amjad A., Ahmad S. 2012. Dry Storage Effects on Postharvest Performance of Selected Cut Flowers. *HorTechnology* 22:463-469.
- Cevallos J.C., Reid M.S. 2001. Effect of dry and wet storage at different temperatures on the vase life of cut flowers. *HortTechnology* 11:199-202.
- Chand S., Kumar V., Kumar J. 2012. Effect of AgNO<sub>3</sub> and 8.HQC on vase life of cut roses. *HortFlora Research Spectrum* 1:380-382.
- Durkin D., Kuc R.H. 1996. Vascular blockage and senescence of the rose cut flower. *Proceedings of American Society of Horticulture Science* 89:683-688.
- Fanourakis D., Carvalho D.R.A., Gitonga V.W., van Heusden A.W., Almeida D.P.F., Heuvelink E., Carvalho, S.M.P 2012. Breeding cut roses for better keeping quality: first steps. *Acta Horticulturae* 937:875-882.
- Fanourakis D., Pieruschka R., Savvides A., Macnish A. J., Sarlikioti V., Woltering E.J. 2013. Sources of vase life variation in cut roses: A review. *Postharvest Biology and Technology* 78:1-15.
- Faragher J.D., Mayak S., Tirosh T., Halevy A. H. 1984. Cold storage of rose flowers: Effects of cold storage and water loss on opening and vase life of 'Mercedes' roses. *Scientia Horticulturae* 24:369-378.
- Goszczyńska D., Rudnicki R.M. 1983. Long term cool storage of bud-cut carnations. *Acta Hort.* 141:203-212.
- Ichimura K., Shimizuko-Yumoto H. 2007. Extension of the vase life of cut roses by treatment with sucrose before and during simulated transport. *Bull. Natl. Inst. Flor. Sci.* 7: 17-27.
- Macnish A.J., De Theije D., Reid M.S., Jian C.Z. 2009. An alternative postharvest handling strategy for cut flowers dry handling after harvest. *Acta Horticulturae* 847: 215-222.
- Mosqueda L.G., Arévalo G.L., Valdovinos P.G., Rodríguez P.J., Colinas L.T. 2011. Época de corte y manejo postcosecha de ocho cultivares de rosa de corte. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3:591-602.

- Reid M.S. 2002. Postharvest handling systems: ornamental crops. *In*: Kader, A.A. (ed.). Postharvest technology of horticulture crops. 3rd edition. University of California. Oakland, California. 535 p.
- Rudnicki R.M., Goszczynska D., Noeak J. 1986. Storage of cut flowers. *Acta Horticulturae* 181:285-296.
- Seyf M., Khalighi A., Mostofi Y., Naderi R. 2012. Study on the effect of aluminum sulfate treatment on postharvest life of the cut rose 'Boeing' (*Rosa hybrida* cv. Boeing). *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology* 16(3):128-132.
- Shobha K.S., Gowda J.V.N. 1993. Effect of chemical pre-treatment on vase life of rose cv. 'Queen Elizabeth'. *Indian Rose Annual* 11: 69-71.
- Van Doorn, W.G. 1997. Water relations of cut flowers. *Horticultural Reviews* 18: 1-85.

## CAPÍTULO V. MANEJO SECO Y HÚMEDO SOBRE LA CALIDAD POSTCOSECHA DE TRES CULTIVARES DE ROSA (*Rosa hybrida* L.)

### 5.1 RESUMEN

Se evaluó efecto del manejo seco y húmedo antes (fase I) y durante el almacenamiento (fase II), en la vida de florero de *Rosa hybrida* cvs. Blush, Freedom y Topaz. Se cosecharon 40 tallos florales de cada cultivar y se dividieron en dos lotes de 20 tallos cada uno, un lote se envolvió en papel kraft y bolsas negras de polietileno ( $D_{PI}$ ), el segundo se colocó en contenedores con agua de la llave ( $W_{PI}$ ). Ambos se dejaron por 4 h en el invernadero. Para su almacenamiento, los tallos se transportaron al laboratorio, se pesaron individualmente y se recortaron 5 cm en su base; cada lote se dividió en húmedo (W) y seco (D), obteniendo cuatro tratamientos ( $D_{PI}+D_{PII}$ ;  $D_{PI}+W_{PII}$ ;  $W_{PI}+D_{PII}$ ;  $W_{PI}+W_{PII}$ ) que se empaquetaron y se almacenaron por 7 d ( $P_{II}$ ) a  $1 \pm 1$  °C y 85 % de HR. Después del almacenamiento, cada tallo se recortó, se pesó, se eliminó el follaje inferior y se colocaron en floreros con 200 mL de agua de la llave. Para la evaluación de variables, los floreros se distribuyeron al azar en un cuarto con iluminación de  $10 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , fotoperiodo de 12 h y temperatura de  $20 \pm 3$  °C. Los tallos de “Blush” y “Topaz” con manejo seco en la segunda fase ( $D_{PI}-D_{PII}$  o  $W_{PI}-D_{PII}$ ) tuvieron significativamente mayor vida de florero que los de manejo húmedo ( $D_{PI}-W_{PII}$  o  $W_{PI}-W_{PII}$ ). Sin importar el tipo de manejo, “Freedom” tuvo la menor vida de florero (7.3 d). En “Topaz”, el índice de apertura fue mayor con manejo seco en la segunda fase, mientras que “Blush” y “Freedom” tuvieron mayor apertura cuando se almacenaron en húmedo. El manejo seco en ambas fases ( $D_{PI}-D_{PII}$ ) incrementó el peso fresco y la absorción de agua. El déficit hídrico se presentó al segundo día en “Freedom”, al tercer día en “Blush” y hasta el sexto día en “Topaz” lo que explica la mayor vida de florero en “Topaz” y la menor en “Freedom”. El número de unidades formadoras de colonias (UFC  $\text{mL}^{-1}$ ) fue mayor en los tallos con manejo húmedo en ambas fases indicando un daño potencial al flujo hídrico por oclusión del sistema vascular. La menor apertura estomática ocurrió en “Topaz” lo que indica control en la pérdida de agua, estado hídrico positivo para una mayor vida de florero. “Freedom” fue el cultivar menos sensible a la incidencia de Botrytis. En

conclusión, los tres cultivares pueden manejarse en seco o en húmedo durante la primera fase pero para una mayor vida de florero el manejo de la segunda fase debe ser en seco.

**Palabras clave:** Incidencia de *Botrytis*, Índice de apertura floral, rosa "Topaz", Unidades formadoras de colonia (UFC), Vida de florero.

## 5.2 ABSTRACT

The effect of dry and wet handling before (phase I) and during the storage (phase II) in the vase life of *Rosa hybrida* cvs Blush, Freedom and Topaz was evaluated. 40 flower stems of each cultivar were harvested and divided into two lots of 20 stems each one, a lot was wrapped with kraft paper and black polyethylene bags ( $D_{PI}$ ), the second was placed in containers with tap water ( $W_{PI}$ ). Both were left for 4 h into the greenhouse. For storage, the stems were transported to the lab, there each stem were weighed and cut 5 cm at its base; each lot was divided into wet (W) and dry (D), obtaining four treatments ( $D_{PI} + D_{PII}$ ;  $D_{PI} + W_{PII}$ ;  $W_{PI} + D_{PII}$ ; +  $W_{PI} W_{PII}$ ) that were packaged and stored for 7 d ( $P_{II}$ ) to  $1 \pm 1$  °C and 85 % RH. After storage, each stem was cut, weighed, the lower foliage was removed and placed in vases with 200 mL of tap water. For the evaluation of variables, vases were randomized in a room with lighting  $10 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , photoperiod of 12 h and temperature of  $20 \pm 3$  ° C. The stems of "Blush" and "Topaz" with dry handling in the second phase ( $D_{PI} - D_{PII}$  or  $W_{PI} - D_{PII}$ ) had significantly longer vase life than wet handling ( $D_{PI} - W_{PII}$  or  $W_{PI} - W_{PII}$ ). Regardless the type of handling, "Freedom" had the lowest life vase (7.3 d). In "Topaz", the opening index was higher with dry handling in the second phase, while "Blush" and "Freedom" had greater flower opening when storage in wet. The dry handling in both phases ( $D_{PI} - D_{PII}$ ) increased the fresh weight and water absorption. The water deficit occurred on the second day in "Freedom" at third day in "Blush" and until the sixth day in "Topaz" that explains the longer vase life in "Topaz" and the lowest in "Freedom". The number of colony forming units (CFU  $\text{mL}^{-1}$ ) was higher in the stems with wet handling in both phases indicating a potential injury to the water flow by obstruction of the the vascular system. The lower stomatal opening occurred in

"Topaz" that indicating control in the water loss and a positive water balance for greater vase life. "Freedom" was the cultivar less sensitive to the incidence of *Botrytis*. In conclusion, the three cultivars can be handled in dry or wet during the first phase but for a longer vase life the handling in the second phase should be dry.

**Keywords:** Incidence of *Botrytis*, flower opening index, rose "Topaz", colony forming units (CFU), vase life.

**Enviado para su publicación a: Scientia Horticulturae. Julio, 2015**

### 5.3 INTRODUCCIÓN

En general durante el manejo postcosecha de flores de corte, existen diferentes etapas, durante las cuales los floricultores utilizan el manejo húmedo o seco para conservar la calidad y valor ornamental (Rudnicki *et al.*, 1986; Arévalo-Galarza *et al.*, 2012).

El manejo húmedo, consiste en colocar los tallos florales, en contenedores con agua sola o en combinación con soluciones hidratantes o preservativas, mientras que el manejo seco, consiste en empaquetar los tallos florales y almacenarlos sin tratamiento de hidratación (Mosqueda *et al.*, 2012). Ambos tienen ventajas y desventajas, para tiempos prolongados de almacenamiento se utiliza el manejo seco mientras que para tiempos cortos se prefiere el manejo húmedo (Reid, 2009). Con el manejo seco se almacenan más tallos por unidad de área en la cámara frigorífica, se reducen los costos por la disminución de mano de obra y se ahorra espacio y agua (Macnish *et al.*, 2009; Mosqueda *et al.*, 2011).

Sin embargo no todas las especies toleran el almacenamiento seco, por ejemplo dahlia (*Dahlia hybrida*), freesia (*Freesia hybrida*), gerbera (*Gerbera jamesonii*) y gypsophila (*Gypsophila elegans*) solo pueden almacenarse en húmedo (Nowak y Rudnicki, 1990). Tallos de lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) almacenados a  $2 \pm 1$  °C disminuyen su vida de florero de 6.9 a 3.2 d cuando se almacenan en seco por 1 a 3 semanas y de 8.5 a 5.0 d cuando se mantienen en agua, aunque la vida de florero disminuye con el periodo de almacenamiento, el manejo húmedo es mejor que el seco; los tallos de *Tagetes erecta* y zinnia (*Zinnia elegans*) toleran poco el almacenamiento refrigerado ya que su vida de florero se reduce independientemente del tratamiento húmedo o seco (Ahmad *et al.*, 2012). En cultivares de rosa, “Kardinal”, “Angelique”, “Polar Star”, “Blush”, “Highlander”, “Engagement”, “Topaz”, “Freedom” y “Samurai” el tipo de manejo no tiene efecto en la apertura del botón floral y la absorción de agua, pero se ha observado mayor vida de florero con el manejo seco (Ahmad *et al.*, 2012; De La Cruz *et al.*, 2014). Sin embargo, se desconoce en qué fase del manejo, antes del almacenamiento (fase I) o durante el almacenamiento (fase II), la condición húmeda o seca tiene mayor efecto

sobre la calidad postcosecha de las flores de corte. Por ello el objetivo de esta investigación fue evaluar la influencia del manejo húmedo o seco durante las fases I y II de la postcosecha sobre la vida de florero en *Rosa hybrida* cvs. “Blush”, “Freedom” y “Topaz”.

## 5.4 MATERIALES Y MÉTODOS

### Material vegetal y tratamientos

Se cosecharon 40 tallos florales de cada cultivar de *Rosa hybrida*: “Blush”, “Freedom” y “Topaz” en un invernadero comercial a las 7 am, procurando mantener una longitud homogénea (70 cm), inmediatamente después de la cosecha los tallos se dividieron en dos lotes de 20 tallos cada uno, en esta primera fase (PI), el primer lote de tallos se envolvió en papel kraft, se metieron en bolsas negras de polietileno y se mantuvieron en el invernadero por 4 h ( $D_{PI}$ ), el segundo lote de tallos se colocó en contenedores con agua de la llave cubriendo 10 cm de la base del tallo dejándolos 4 h en el invernadero ( $W_{PI}$ ). Las condiciones promedio al interior del invernadero fueron:  $22 \pm 3$  °C y 77 % HR.

Después de las cuatro horas todos los tallos se transportaron al laboratorio, cada tallo se pesó individualmente y se recortó 5 cm de su base; cada lote se dividió nuevamente en dos, para almacenarlos a  $1 \pm 1$  °C y 85 % de HR por 7 d (PII), un lote de tallos se colocó en contenedores con agua de la llave ( $H_{FII}$ ) y otro se envolvió en papel kraft y se guardó en bolsas negras de polietileno ( $S_{FII}$ ). Como resultado se tuvieron cuatro tratamientos ( $S_{FI}+S_{FII}$ ;  $S_{FI}+H_{FII}$ ;  $H_{FI}+S_{FII}$ ;  $H_{FI}+H_{FII}$ ).

Al final del almacenamiento, se realizó un corte, de 5 cm, en la parte basal de los tallos, se eliminó el follaje dejando 2 hojas trifoliadas y 3 pentafoliadas. Las unidades experimentales (un tallo floral dentro de un contenedor con 200 mL de agua de la llave) se distribuyeron al azar en un cuarto con las siguientes condiciones: iluminación de  $10 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , fotoperiodo de 12 h y temperatura de  $20 \pm 3$  °C, para evaluar las variables de calidad postcosecha.

## Vida de florero (VF)

Se obtuvo cuantificando el número de días desde su colocación en florero hasta la aparición de alguno de los siguientes síntomas de senescencia: puntos necróticos en la periferia de los pétalos, pérdida de turgencia, doblamiento del cuello, caída de pétalos y amarillamiento o desprendimiento de hojas.

## Índice de apertura floral (IA)

Al tercer día de colocar los tallos en el florero se obtuvo la apertura floral registrando el diámetro en la parte superior de los botones florales con un calibrador digital Truper® de 0.01 mm de precisión. Se utilizó la ecuación:

$$IA = \frac{\text{Apertura floral}}{\text{Apertura floral potencial}}$$

La apertura floral potencial para *Rosa hybrida* cvs. “Freedom”, “Topaz” y “Blush” es de 67.2, 88.7 y 90.3 mm respectivamente (De La Cruz *et al.*, 2015).

## Peso fresco (PF), absorción de agua y tasa evapotranspiratoria

Los tallos florales se pesaron diariamente en forma individual en una balanza digital (Setra SI-20005, con 0.01 g de precisión) y se obtuvo el peso fresco en porcentaje con la ecuación:

$$PF = \frac{PF_n}{PF_0} \times 100$$

Dónde: PF = Peso fresco (%), PF<sub>n</sub> = peso fresco del tallo floral en el día 1, 2, 3, n; PF<sub>0</sub> = peso fresco del tallo floral en el día previo.

Además se pesó la solución de cada florero (sin el tallo), y se obtuvo la absorción de agua (AA) con la ecuación:

$$AA = \frac{(PSn - 1) - PSn}{Pit}$$

Dónde: AA = absorción de agua (mL g<sup>-1</sup>), PSn-1 = peso de la solución en el día previo, PSn = peso de la solución en el día 1, 2, 3, n y Pit: peso inicial del tallo floral respectivo.

Con el peso fresco y la tasa de absorción se obtuvo diariamente la tasa evapotranspiratoria (TE):

$$TE = \frac{[(PFn) - (PFo)] + [(PSn - 1) - PSn]}{Pit}$$

Dónde: TT, tasa transpiratoria (g g<sup>-1</sup>); PFn, peso del tallo floral en el día 1, 2, 3, n; PFo, peso del tallo en el día previo; PSn-1, peso de la solución en el día previo; PSn, peso de la solución en el día 1, 2, 3, n; Pit, peso inicial del tallo floral.

### **Unidades formadoras de colonia (UFC)**

Se evaluaron en el primer y cuarto día de vida en florero. Para cada cultivar se tomó por duplicado 1 mL de agua del florero de cada tratamiento, se consideró como control al agua de la llave sin tallo floral. Cada muestra se colocó en el centro de una placa para recuentos de aerobios (Petrifilm 3M<sup>TM</sup>), se incubaron a temperatura ambiente por 72 h y se realizó el conteo de UFC.

### **Número de estomas y apertura del poro estomático**

Se evaluaron al día 1 y 4 de vida en florero. Se obtuvieron impresiones epidérmicas de la segunda hoja pentafoliada. Entre las nervaduras se aplicó una capa de barniz cosmético transparente (Marca comercial "Vanity nails"), se dejó secar por 30 min, se desprendió la capa y se montó sobre un portaobjetos, con el lado de la impresión hacia el microscopio. Se tomaron fotografías, con el objetivo 6.3X de un fotomicroscopio (III, Carl Zeiss) con cámara digital para microscopia (PAXcam 3) integrada. Se cuantificó el número de estomas por milímetro cuadrado y se midió el área del poro estomático a partir de fotografías tomadas con el objetivo 40 X del mismo microscopio. La

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

### **Incidencia de Botrytis**

Se determinó al día siete de la vida en florero mediante una escala visual que considera cuatro niveles de daño: 0) ausencia de síntomas visibles, 1) puntos necróticos en los pétalos (máximo 3 en un pétalo o 5 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 5.1). Los tallos que llegaban al nivel 3 se les consideraba como terminada su vida de florero aunque las hojas estuvieran turgentes.



**Figura 5. 1** Escala visual con niveles de incidencia de de *Botrytis* en rosa 'Topaz'.

### **Análisis Estadístico**

El análisis para las variables que se evaluaron una sola vez (vida de florero e índice apertura floral) se realizó como tres factores con tratamientos al azar. 1. Cultivares de

*Rosa hybrida*: “Blush”, “Topaz” y “Freedom”; 2. Manejo seco y húmedo en la fase I; 3. Manejo seco y húmedo en la fase II) con 10 repeticiones. Para las variables que se evaluaron dos o más veces se hizo análisis de varianza y comparación de medias (Tukey < 0.05) de los tratamientos en cada tiempo de evaluación. Se utilizó el paquete estadístico SAS® 9.0 para Windows.

## 5.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Vida de florero (VF)

Los tallos del cultivar Topaz fueron los que mostraron mayor vida de florero (8.4 d) con relación al resto de los cultivares (Cuadro 5.1). En ambas fases de la postcosecha, los tallos de todos los cultivares manejados en seco tuvieron 13 % mayor vida de florero comparado con los de manejo húmedo. La relación cultivar-fase fue altamente significativa, mostrando en los cultivares “Blush” y “Topaz” que la condición seca durante la fase II, fue determinante para una vida de florero mayor. En el cultivar “Freedom”, el manejo húmedo en ambas fases redujo significativamente la vida de florero (Cuadro 5.1).

**Cuadro 5. 1** Vida de florero en *Rosa hybrida* cvs. Blush, Freedom y Topaz con manejo seco y húmedo antes (fase I) y durante el almacenamiento (fase II).

Treatments	Cultivars		
	Blush	Freedom	Topaz
Medias	7.35 ± 0.44 b	7.30 ± 0.38 b	8.37 ± 0.32 a
Cultivar*Fase I			
S	7.80 ± 0.36 a	7.75 ± 0.25 a	9.05 ± 0.20 a
H	6.90 ± 0.23 b	6.85 ± 0.25 b	7.70 ± 0.13 b
Interaction C*FI	ns		
Cultivar*Fase II			
S	8.45 ± 0.23 a	7.55 ± 0.25 a	8.50 ± 0.26 a
H	6.25 ± 0.14 b	7.05 ± 0.29 b	8.25 ± 0.19 b
Interaction C*FII	**		
Cultivar*FI*FII			
S <sub>FI</sub> +S <sub>FII</sub>	9.20 ± 0.29 a	7.60 ± 0.37 a	9.40 ± 0.22 a
S <sub>FI</sub> +H <sub>FII</sub>	6.40 ± 0.16 c	7.90 ± 0.35 a	7.60 ± 0.22 c
H <sub>FI</sub> +S <sub>FII</sub>	7.70 ± 0.15 b	7.50 ± 0.34 a	8.70 ± 0.30 b
H <sub>FI</sub> +H <sub>FII</sub>	6.10 ± 0.23 c	6.20 ± 0.25 b	7.80 ± 0.13 c
Interaction	**		
C*FI*FII			

<sup>2</sup>Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas (Tukey, 0.05). S, seco; H, húmedo; FI, pfase I; FII, fase II; ns, no significativo; \*\*, significativo al 1 %.

Se ha reportado que tallos florales de *Rosa hybrida* tienen mayor vida de florero cuando se manejan en seco que en húmedo, durante todo el periodo postcosecha, sin dividirlo en fases (Faragher, 1984; Mor, 1988; Mosqueda *et al.*, 2012; Ahmad *et al.*, 2012). Particularmente, los cultivares “Blush” y “Topaz” pueden manejarse indistintamente en húmedo o en seco en la primera fase, pero la segunda es determinante, ya que con manejo en seco aumentaron su vida de florero. El almacenamiento en húmedo, mantiene la conductividad hídrica en el tallo, y en consecuencia la actividad metabólica que deriva en menor vida de florero posterior al almacenamiento, por ejemplo botones

florales de *lisianthus* almacenados en agua de la llave a  $2 \pm 1$  °C de 1 a 3 semanas continúan su crecimiento. Sin embargo, cuando se trasladan al florero tienen caída prematura quedando, en promedio, 2.8 botones por tallo floral, mientras que en seco el promedio de botones que llegan a la apertura es de 3.7 (Goszczyńska y Rudnicki, 1988; Singh *et al.*, 2004; Ahmad *et al.*, 2012).

### **Índice de apertura floral (IA)**

“Topaz” tuvo un índice de apertura floral 10 y 20 % mayor que “Freedom” y “Blush” respectivamente (Cuadro 5.2). La relación cultivar\*fase I no tuvo efecto en la apertura floral mientras que la relación cultivar\*fase II fue altamente significativa, mostrando que la apertura floral en los tallos de “Freedom” se vio favorecida por la condición húmeda, contrario a “Topaz” (Cuadro 5.2).

**Cuadro 5. 2** Índice de apertura floral (IA) de *Rosa hybrida* cvs. Blush, Freedom y Topaz con manejo seco y húmedo antes (fase I) y durante el almacenamiento (fase II).

Treatments	Cultivars		
	Blush	Freedom	Topaz
Medias	0.68 ± 0.03 c	0.76 ± 0.05 b	0.84 ± 0.06 a
Cultivar*Fase I			
S	0.68 ± 0.02 a	0.73 ± 0.04 a	0.79 ± 0.05a
H	0.69 ± 0.03 a	0.79 ± 0.03 a	0.88 ± 0.04 a
Interaction C*FI	ns		
Cultivar*Fase II			
S	0.67 ± 0.03 a	0.67 ± 0.03 b	1.00 ± 0.02 a
H	0.70 ± 0.02 a	0.84 ± 0.02 a	0.67 ± 0.03 b
Interaction C*FII	**		
Cultivar*FI*FII			
S <sub>FI</sub> +S <sub>FII</sub>	0.65 ± 0.03 b	0.61 ± 0.04 c	1.00 ± 0.03 a
S <sub>FI</sub> +H <sub>FII</sub>	0.71 ± 0.02 a	0.84 ± 0.02 a	0.72 ± 0.02 b
H <sub>FI</sub> +S <sub>FII</sub>	0.63 ± 0.05 b	0.73 ± 0.04 b	1.00 ± 0.03 a
H <sub>FI</sub> +H <sub>FII</sub>	0.70 ± 0.03 a	0.85 ± 0.04 a	0.74 ± 0.04 b
Interaction	*		
C*FI*FII			

<sup>2</sup>Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas (Tukey, 0.05). S, seco; H, húmedo; FI, fase I; FII, fase II; ns, no significativo; \*, significativo al 5 %; \*\*, significativo al 1 %.

El índice de apertura se relaciona con la madurez del botón floral, reservas de azúcares y con la absorción de agua necesarios para la expansión de los pétalos (Wills *et al.*, 1998; Reid, 2009; Ichimura y Shimizuko-Yumoto, 2007). Los tallos de “Freedom” tuvieron menor peso fresco ( $38.2 \pm 0.94$  g), y vida de florero menor que “Blush” y “Topaz” aunque una absorción de agua intermedia ( $0.38 \text{ mL g}^{-1}$ ), mostrando que las reservas de carbohidratos en el tallo y los pétalos son importantes para la apertura de la flor (Evans y Reid, 1988).

## **Peso fresco (PF), tasa de absorción y evapotranspiración**

Durante el primer día en el florero, los tallos de los tres cultivares incrementaron su peso fresco a 102 %, siendo mayor en los tratamientos  $D_{PI}-D_{PII}$  en “Freedom” (108 %) y  $D_{PI}-D_{PII}$ ;  $W_{PI}-D_{PII}$  en “Topaz” (109 %). A partir del segundo día el peso fresco disminuyó de forma continua en todos los tratamientos. Los de manejo seco en las dos fases ( $D_{PI}-D_{PII}$ ) tuvieron un decremento significativamente menor con respecto a los de manejo húmedo ( $W_{PI}-W_{PII}$ ) ya que durante el almacenamiento en agua se hidratan los tejidos y los estomas tienen 20 % mayor apertura comparados con los tallos bajo almacenamiento seco. Estomas abiertos mantienen el gradiente de transpiración que favorece la absorción de agua en la base de los tallos (van Meeteren, 1978).

En el día 7, el peso fresco de los cultivares “Blush” y “Freedom” estuvo entre 85 y 90 %, mientras que en “Topaz” fue de 92 a 95 %, lo que conllevó a una mejor apertura y mayor vida de florero. Pérdidas de peso superiores al 15 % en los tallos de los tres cultivares muestran marchitez, y difícilmente se recuperan.

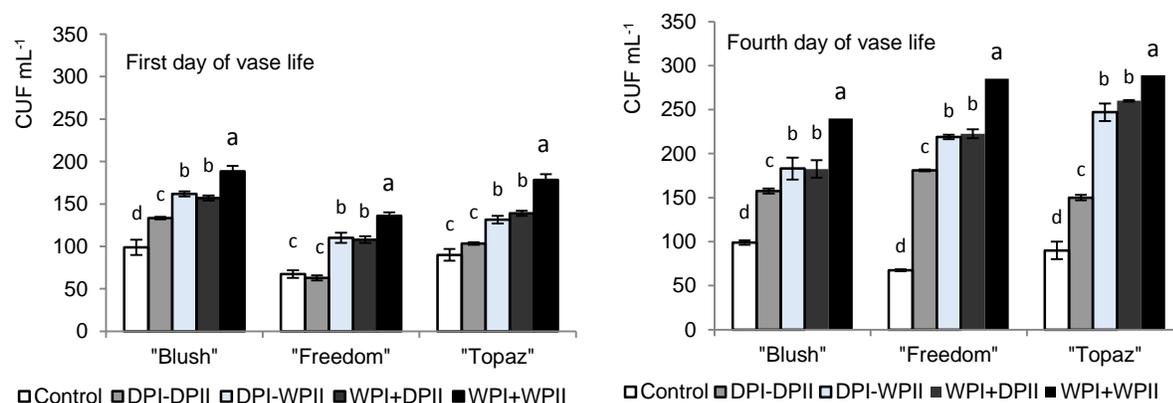
Tallos de rosa cvs. “Red Vicer”, “Red Alfa” y “Opera” manejados completamente en seco recuperan y mantienen mayor peso fresco comparado con los manejados en húmedo (Mosqueda *et al.*, 2012).

Después del almacenamiento, la tasa de absorción fue significativamente mayor (0.37, 0.48 y 0.65 mLg<sup>-1</sup>) en los tallos del tratamiento  $D_{PI}-D_{PII}$  comparado con  $W_{PI}-W_{PII}$  que absorbieron 0.26, 0.29 y 0.48 mLg<sup>-1</sup> para “Blush”, “Freedom” y “Topaz” respectivamente. La mayor absorción en  $D_{PI}-D_{PII}$  se debe a que el estrés generó un gradiente de potencial hídrico mayor comparado con los que se habían hidratado previamente en alguna de las dos fases (van Meeteren, 1978). Al día 7 “Topaz” tuvo 30 % mayor absorción comparado con “Blush” y “Freedom” (0.21 mL g<sup>-1</sup>) que tuvieron menor vida de florero.

En el primer día, la tasa evapotranspiratoria fue menor la absorción de agua, por lo que se mantuvo un balance hídrico positivo. Sin embargo, en rosa “Freedom” el déficit hídrico se presentó a partir del segundo día y en “Blush” a partir del día 3, mientras que en “Topaz” ocurrió hasta el sexto día, resultando en mayor vida de florero. Cuando la tasa de absorción es mayor que la de transpiración hay un balance hídrico positivo, el peso fresco se mantiene por más tiempo y la vida de florero se incrementa, pero si la transpiración excede a la absorción, ya sea por oclusión vascular o microorganismos en la solución, se presenta déficit hídrico que causa marchitamiento o doblamiento prematuro del botón floral (Reddy y Singh, 1996; Robinson *et al.*, 2009; Macnish *et al.*, 2009; Hussen y Hassen, 2013).

### Unidades Formadoras de Colonia (UFC)

En los tres cultivares, los tallos florales con manejo húmedo en ambas fases ( $W_{PII}-W_{PII}$ ) tuvieron en el primer día, mayor cantidad de bacterias ( $136$  a  $189$  UFC  $mL^{-1}$ ), que los de manejo seco ( $D_{PI}-D_{PII}$ ) con  $63$  a  $134$  UFC  $mL^{-1}$ , e incrementos del orden de  $15$ ,  $30$  y  $65$  % en manejo seco ( $D_{PI}-D_{PII}$ ) y de  $22$ ,  $40$  y  $53$  % en manejo húmedo ( $W_{PI}-W_{PII}$ ) en “Blush”, “Topaz” y “Freedom” respectivamente hacia el cuarto día de vida en florero (Figura 5.2).



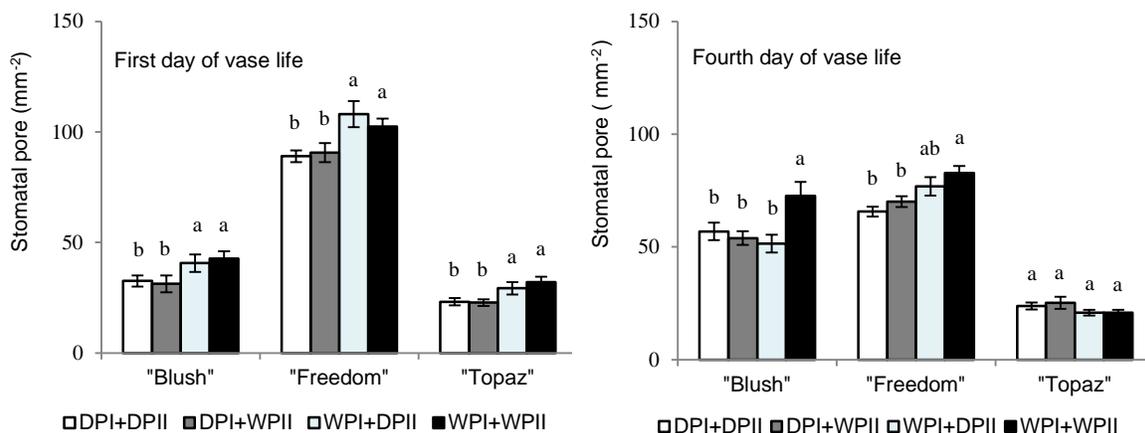
**Figura 5. 2** Unidades formadoras de colonia (UFC  $mL^{-1}$ ) en tres cultivares de Rosa *hybrida* con manejo húmedo y seco durante las fases I y II de la postcosecha. Cada dato es el promedio de 2 repeticiones  $\pm$  error estándar. Letras diferentes en cada cultivar indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).

El número de UFC en la solución del florero correlaciona positivamente con su presencia en la parte basal de los tallos, siendo la rosa una de las especies con mayor susceptibilidad a la presencia de microorganismos, esto afecta la absorción de agua y reduce la vida de florero (van Doorn y de Witte, 1991; Bleeksma y van Doorn, 2003; Arévalo-Galarza *et al.*, 2012). Concentraciones de  $10^7$  UFC mL<sup>-1</sup> disminuyen la conductividad hídrica (Kh) y vida de florero de rosa 'Sonia', mientras que la oclusión del flujo hídrico ocurre cuando en la parte basal del tallo floral el número de bacterias es igual o superior que  $10^8$  UFC mL<sup>-1</sup> (de Witte y van Doorn, 1988; Bleeksma y van Doorn, 2003). En las soluciones de florero evaluadas la cantidad de bacterias fue menor a  $10^7$  UFC mL<sup>-1</sup>, sin embargo muestra las desventajas del manejo húmedo, ya que si la cantidad inicial de bacterias en la parte basal de los tallos es significativa, aunado a una higiene deficiente se incrementan los riesgos de oclusión por bacterias.

### **Número de estomas y apertura del poro estomático**

“Topaz” tiene 73.8 estomas por mm<sup>2</sup>, significativamente mayor a “Blush” y “Freedom” que tienen 54 estomas por mm<sup>2</sup>. Resultados similares se han reportado para rosa “Vega” (57.6) y “Grand Gala” (60.4 estomas mm<sup>-2</sup>) (Hernández *et al.*, 2009). La densidad de estomas depende de las características genéticas del material, así como de las condiciones de crecimiento, sin embargo, el área de apertura del poro estomático puede variar rápidamente por efecto del tratamiento (Costa *et al.*, 2004).

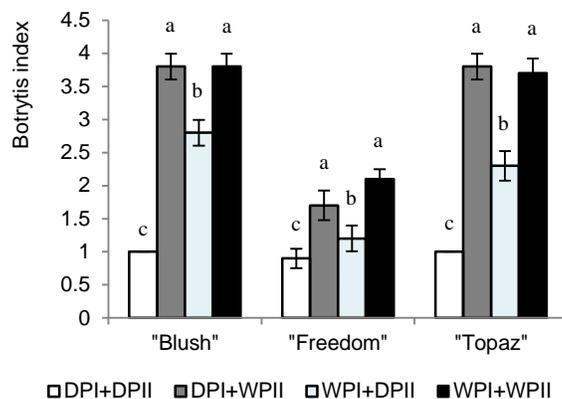
En el día 1, los cultivares con manejo seco en la primera fase (D<sub>PI</sub>-D<sub>PII</sub> y D<sub>PI</sub>-W<sub>PII</sub>) tuvieron menor apertura del poro estomático comparado con los de manejo húmedo (W<sub>PI</sub>-D<sub>PII</sub> y W<sub>PI</sub>-W<sub>PII</sub>). Es decir, el manejo seco en la primera fase determinó la apertura estomática durante el periodo postcosecha repercutiendo en mayor vida de florero. Por otro lado “Freedom” tuvo la mayor apertura estomática (89 a 102 μm<sup>2</sup>) y la menor vida de florero, mientras que “Topaz” presentó la menor apertura (22.7-32 μm<sup>2</sup>) y mayor vida de florero, sugiriendo un efecto de la apertura estomática en la vida postcosecha (Figura 5.3).



**Figura 5. 3** Apertura del poro estomático en tres cultivares de *Rosa hybrida* con manejo húmedo y seco en dos fases de la postcosecha. Cada dato es el promedio de 15 repeticiones  $\pm$  error estándar. Letras diferentes en cada cultivar indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).

### Incidencia de Botrytis

En los tres cultivares de *Rosa hybrida*, la incidencia de *Botrytis* en los pétalos fue menor cuando los tallos florales se manejaron en seco en las dos fases de la postcosecha (D<sub>PI</sub>-D<sub>PII</sub>). El manejo húmedo durante la fase II o almacenamiento (D<sub>PI</sub>-W<sub>PII</sub> o W<sub>PI</sub>-W<sub>PII</sub>) incrementa 50 % la incidencia de *Botrytis* en "Freedom" y 75 % en "Blush" y "Topaz". Cuando los tallos florales se manejan en húmedo durante la primera fase y en seco durante la segunda (W<sub>PI</sub>-D<sub>PII</sub>) la incidencia es moderada. Con relación a la susceptibilidad al ataque de *Botrytis* se observó mayor incidencia en los cultivares "Blush" y "Topaz", lo cual muestra la importancia de manejarlos en seco durante el almacenamiento (Figura 5.4).



**Figura 5. 4** Incidencia de *Botrytis*, en tres cultivares de *Rosa hybrida* con manejo húmedo y seco en dos fases de la postcosecha. Cada dato es el promedio de 10 repeticiones  $\pm$  error estándar. Letras diferentes en cada cultivar indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).

La germinación de los conidios de *Botrytis* depende del manejo y cambios de temperatura que provocan la condensación del agua en la superficie de los pétalos (Latorre y Rioja, 2002), así como de las características del cultivar, por ejemplo los cultivares de rosa “Avalanche” y “Aqua” son más tolerantes que “Red Naomi”, aumentando la susceptibilidad con el tiempo de almacenamiento (Bayleyegn *et al.*, 2012; Harkema *et al.*, 2013).

## 5.6 CONCLUSIONES

En la primera fase de la postcosecha, los tallos florales de rosa “Freedom” pueden manipularse en seco o en húmedo sin que haya diferencias en la calidad de la flor. Sin embargo, si durante la segunda fase el manejo se hace en húmedo la vida de florero disminuye pero la apertura floral aumenta. “Freedom” es el cultivar con mayor apertura del poro estomático y menor vida de florero aunque tiene el atributo de ser el menos sensible a la incidencia de *Botrytis*.

Para incrementar la longevidad de *Rosa hybrida* cv. Blush, los tallos florales deben almacenarse en seco. Sin embargo si se prefiere mayor apertura floral se deben

manejar en húmedo durante la segunda fase de la postcosecha. “Blush” es el cultivar con mayor porte, sin embargo, su absorción de agua es deficiente lo que acelera su déficit hídrico, demeritando su calidad y vida de florero.

La técnica de manejo (húmedo o seco) durante la primera fase no tiene influencia en la calidad de rosa “Topaz”. Sin embargo, el manejo seco durante el almacenamiento incrementa la longevidad y la apertura del botón floral lo que refleja una apariencia visual más atractiva para el consumidor. “Topaz” es de porte intermedio pero tiene alta eficiencia en la absorción de agua, regula la tasa evapotranspiratoria al disminuir la apertura del poro estomático lo cual retrasa el déficit hídrico hasta el sexto día en el florero. Esto aunado a su llamativo color (fiusha) hace de rosa “Topaz” un cultivar con alto potencial comercial.

El manejo seco disminuye notablemente la incidencia de *Botrytis*, en los tras cultivares. Es una técnica que puede ser adoptada por los productores de *Rosa hybrida* ya que mejora la calidad de la flor y disminuye los costos por manipulación de los tallos florales y por el uso de soluciones preservantes. Es una buena opción en sitios donde la disponibilidad de agua es escasa.

## 5.7 LITERATURA CITADA

- Ahmad I., Dole J.M., Amjad A., Ahmad S. 2012. Dry Storage Effects on Postharvest Performance of Selected Cut Flowers. *HorTechnology*, 22:463-469.
- Arévalo G.L., García O.C., Rosas S.G.H. 2012. Factores que afectan la vida de florero en flores de corte. *Agroproductividad* 5(3):28-35.
- Bayleyegn A., Tesfaye B., Workneh T.S. 2012. Effects of pulsing solution, packaging material and passive refrigeration storage system on vase life and quality of cut rose flowers. *African Journal of Biotechnology* 11(16):3800-3809.
- Bleeksma H.C., van Doorn W.G. 2003. Embolism in rose stems as a result of vascular occlusion by bacteria. *Postharvest Biology and Technology* 29:334-340.

- Costa M.A., Almeida P.C., Mourao W.A.B., Mendes F.A., Rodríguez A.P. 2004. Stomatal analysis of citrus somatic hybrids obtained by protoplast fusion. *Pesq. Agrop. Bras.* 39:297-300.
- De La Cruz G.G., Arévalo G.L., Lao A.T. 2014. Almacenamiento seco a temperatura ambiente de siete cultivares de *Rosa hybrida*. VI Jornadas Ibéricas de Horticultura Ornamental 68:157-164.
- De La Cruz G.G., Arévalo G.L., Peña V.C., Castillo G.A., Colinas L.T., Mandujano P.M. 2015. Influencia del índice de cosecha en la vida de florero de siete cultivares de *Rosa hybrida*. *Agroproductividad* 8(2):3-11.
- De Witte Y., van Doorn W.G. 1988. Identification of bacteria in the vase water of roses, and the effect of the isolated strains on water uptake. *Scientia Horticulturae* 35:285-291.
- Evans R.Y., Reid M.S. 1988. Changes in carbohydrates and osmotic potential during rhythmic expansion of petals. *Amer. Soc. Hort. Sci.* 113(6):884-888.
- Faragher J.D., Mayak S., Tirosh T., Halevy A.H. 1984. Cold storage of rose flowers: Effects of cold storage and water loss on opening and vase life of 'Mercedes' roses. *Scientia Horticulturae* 24:369-378.
- Goszczyńska D., Rudnicki R.M. 1983. Long term cool storage of bud-cut carnations. *Acta Hort.* 141:203-212.
- Harkema H., Mensink M.G.J., Somhorst D.P.M., Pedreschi R.P., Westra E.H. 2013. Reduction of *Botrytis cinerea* incidence in cut roses (*Rosa hybrida* L.) during long term transport in dry conditions. *Postharvest Biology and Technology* 76:135-138.
- Hernández H.F., Arévalo G.M.L., Colinas L.M.T., Zavaleta M.H.A., Valdez C.J. 2009. Diferencias anatómicas y uso de soluciones de pulso en dos cultivares de rosa (*rosa* sp.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15(2):11-16.
- Hussen S., Hassen Y.H. 2013. Review on the impact of different vase solutions on the postharvest life of rose flower. *International Journal of Agricultural Research and Review* 1(2):13-17.
- Ichimura K., Shimizuko-Yumoto H. 2007. Extension of the vase life of cut roses by treatment with sucrose before and during simulated transport. *Bull National Institute Florida Science* 7: 17-27.

- Latorre B.A., Rioja M.E. 2002. Efecto de la temperatura y de la humedad relativa sobre la germinación de conidios de *Botrytis cinerea*. Ciencia e investigación agraria 29(2):67-71
- Macnish A.J., Theije D.D., Reid M.S., Jian C.Z. 2009. An alternative postharvest handling strategy for cut flowers dry handling after harvest. Acta Horticulturae 847:215-222.
- Mor Y. 1988. Long term sotorage of roses. Acta Horticulturae 261:271-279.
- Mosqueda L.G., Arévalo G.L., Valdovinos P.G., Rodríguez P.E., Colinas L.T. 2012. Manejo y almacenamiento en seco y húmedo de cuatro cultivares de rosa de corte. Revista Chapingo Serie Horticultura 18(3):317-323.
- Mosqueda L.G., Arévalo G.L., Valdovinos P.G., Rodríguez P.J., Colinas L.T. 2011. Época de corte y manejo de ocho cultivares de rosa de corte. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3:591-602.
- Nowak J., Rudnicki R.M. 1990. Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens and potted plant. Portland: Timber Press, 210 p.
- Reddy B.S., Singh K. 1996. Effects of selected chemicals on vase life of tuberose cut flowers. J. Maharashtra Agricultural Universities 21:201-203.
- Reid M.S. 2009. Postcosecha y Manejo de las Flores de Corte. Ediciones HortiTecnia Ltda, Colombia, 38 p.
- Robinson T., Graham M., Dixon A., Zheng Y. 2009. Aqueous ozone can extend vase-life in cut rose. J. HorticSci. Biotech. 84:97-101.
- Rudnicki R.M., Goszcynska D., Noeak J. 1986. Storage of cut flowers. Acta Harticulturae 181:285-296.
- Singh K., Sing P.J., Kumar R. 2004. Effect of some chemicals on keeping quality of cut roses. Adv. Hort. Sci. 18:161-167.
- van Doorn, W.G., de Witte Y. 1991. Effect of Dry Storage on Bacterial Counts in Stems of Cut Rose Flowers. HortScience 26(12):1521-1522.
- van Meeteren U. 1978. Water relations and keeping-quality of cut Gerbera flowers. The cause of stem break. Scientia Horticulturae 8:65-74.

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

Wills R., McGlasson B., Graham D., Joyce D. 1998. Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. UNSW Press, Australia 262 p.

## CAPÍTULO VI. CARACTERÍSTICAS MORFO-ANATÓMICAS Y CONDICIONES DE MANEJO QUE INFLUYEN EN LA VIDA DE FLORERO EN CUATRO CULTIVARES DE *Rosa hybrida*

### 6.1 RESUMEN

La influencia de las características morfo-anatómicas y el manejo seco y húmedo se evaluó en la vida en florero de rosa ‘Highlander’, ‘Samurai’, ‘Polar Star’ y ‘Engagement’. Cuarenta y tres tallos florales de cada cultivar se cosecharon, inmediatamente después se tomaron muestras de tres tallos para analizar las características anatómicas. Los tallos restantes se dividieron en dos lotes, un lote de 20 tallos se envolvió en papel kraft y bolsas negras de polietileno ( $S_{FI}$ ), el segundo se colocó en contenedores con agua de la llave ( $H_{FI}$ ). Ambos se dejaron por 4 h en el invernadero. Para su almacenamiento, los tallos se transportaron al laboratorio, se pesaron individualmente y se recortaron 5 cm en su base; cada lote se subdividió en dos, uno se mantuvo húmedo (H) y otro seco (S). Los cuatro tratamientos obtenidos ( $S_{FI}+S_{FII}$ ;  $S_{FI}+H_{FII}$ ;  $H_{FI}+S_{FII}$ ;  $H_{FI}+H_{FII}$ ) se empaquetaron y se almacenaron por 7 d (FII) a  $1 \pm 1$  °C y 85 % de HR. Después del almacenamiento, cada tallo se recortó, se pesó, se eliminó el follaje inferior y se colocaron en floreros con 200 mL de agua de la llave. Para la evaluación de variables, los floreros se distribuyeron al azar en un cuarto con iluminación de  $10 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , fotoperiodo de 12 h y temperatura de  $20 \pm 3$  °C. Las características anatómicas fueron similares en los cuatro cultivares, el índice de vulnerabilidad fue de 0.2 aproximadamente, que indica que son resistentes al estrés hídrico y poco susceptibles al embolismo. Los tallos de rosa ‘Polar Star’ con manejo seco en la segunda fase tuvieron mayor vida de florero comparados con los de manejo húmedo. Sin embargo, ‘Samurai’ respondió negativamente al manejo seco ya que su vida en florero fue mayor cuando se manejó en condición húmeda. Además, este cultivar tuvo la vida menor en florero (6.9 d). El número de unidades formadoras de colonias (UFC  $\text{mL}^{-1}$ ) y la incidencia de Botrytis fueron mayores en los tallos manejados en condición húmeda en ambas fases de la postcosecha. La menor apertura estomática ocurrió en “Highlander” y la mayor en ‘Samaurai’. ‘Polar Star’ fue el más sensible a la incidencia de Botrytis. Para obtener

mayor calidad y vida en florero prolongada el manejo debe ser seco en la segunda fase de la postcosecha.

**Palabras clave:** Características anatómicas, manejo seco y húmedo, índice de vulnerabilidad, poro estomático, vida de florero.

## 6.2 ABSTRACT

The influence of morphological and anatomical features and the dry or wet handling was evaluated on vase life of *Rosa hybrida* cvs. 'Highlander' 'Samurai', 'Polar Star' and 'Engagement'. Forty-three flower stems of each cultivar were harvesting, immediately take up samples of three stems to analyze the anatomical features. The remaining stems were divided into two batches, one batch of 20 stems was wrapped with kraft paper and put into black polyethylene bags ( $D_{PI}$ ), and the second sample was placed in containers with tap water ( $W_{PI}$ ). Both were left for 4 h in the greenhouse. For storage, the stems were transported to the lab, there each stem were weighed and cut 5 cm at its base; each sample was subdivided into two. One was maintained wet (W) and other dry (D), the four treatments obtaining ( $D_{PI} + D_{PII}$ ;  $D_{PI} + W_{PII}$ ;  $W_{PI} + D_{PII}$ ;  $W_{PI} + W_{PII}$ ) were packaged and stored for 7 d (PII) to  $1 \pm 1$  °C and 85% RH. After storage, each stem was cut and weighed; the lower foliage was removed and placed in vases with 200 mL of tap water. For the evaluation of variables, the vases were randomized in a room with illumination of  $10 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , photoperiod of 12 h at  $20 \pm 3$  ° C. The anatomical features were similar in the four cultivars, the vulnerability index was approximately 0.2 indicating that are resistant to water stress and have low susceptibility to embolism.

The flower stems of rose 'Polar Star' with dry handling in the second phase had more vase life compared to the wet handling. However, the response of rose 'Samurai' to the dry handling was negative since their vase life is longer with wet management. Furthermore, this cultivar has the lowest life vase (6.9 d). The number of colony forming units (CFU  $\text{mL}^{-1}$ ) and *Botrytis* incidence were greater in the stems with wet handling in both phases of postharvest. The lower stomatal opening occurred in "Highlander" and the greater in 'Samurai'. 'Polar Star' was the most sensitive cultivar to the incidence of

Botrytis. To obtain the best quality and longer vase life, the handling in the second phase of postharvest should be in dry.

**Keywords:** Anatomical features, dry and wet handling, vulnerability index, stomatal pore, vase life.

### 6.3 INTRODUCCIÓN

La vida de las flores de corte depende de las relaciones hídricas que se establecen en el florero. Sin embargo, las condiciones de crecimiento influyen en la formación de las estructuras anatómicas y morfológicas que regulan los procesos de absorción y transpiración (Halevy, 1979; van Doorn, 1997; Fanourakis *et al.*, 2012; Zaky, 2013).

Los tallos en la solución del florero disminuyen la concentración de oxígeno y el medio se hace adecuado para el crecimiento de microorganismos (bacterias y levaduras). Estos se benefician de los contenidos celulares liberados en el sitio del corte. El incremento en la concentración de bacterias reducen ( $10^6$  UFC) o bloquean ( $10^7$  UFC) el flujo hídrico en los vasos del xilema y alteran las relaciones hídricas de las flores de corte (Bleeksma y van Doorn, 2003; Singh *et al.*, 2004; Macnish *et al.*, 2009).

Las características de los vasos, la apertura o cierre de estomas y las condiciones de manejo influyen en la hidratación de los tallos florales ya que vasos con diámetros grandes ( $> 75 \mu\text{m}$ ) tienen menor resistencia al flujo hídrico y son menos susceptibles al embolismo comparado con los de calibre menor (van Meeteren *et al.*, 1999; Jedrzejuk *et al.*, 2012), mientras que el cierre de estomas reduce la pérdida de agua, mantiene la turgencia celular y prolonga la vida en florero (Taiz y Zeiger, 2010; Fanourakis, 2013). Para especies leñosas, el índice de vulnerabilidad (IV), que se obtiene al dividir el diámetro de los elementos de vaso entre el número de vasos  $\text{mm}^{-2}$ , es una medida de la resistencia al estrés hídrico. Especies o cultivares con valores de IV superiores a 1.0 son vulnerables o poco resistentes al estrés hídrico, mientras que valores menores que

1.0 indican que los tallos estuvieron bajo estrés y son resistentes al embolismo provocado por aire (Carlquist, 1977; Hacke *et al.*, 2001).

En rosa la incidencia de *Botrytis* es otra causa que reduce la vida en florero, la sensibilidad o tolerancia depende de las características del cultivar, por ejemplo rosa 'Avalanche' y 'Aqua' son más tolerantes que 'Red Naomi' y sensibilidad con el tiempo de almacenamiento (Bayleyegn *et al.*, 2012; Harkema *et al.*, 2013).

Las condiciones de manejo después de la cosecha también influyen en la calidad de los tallos florales. Para conservar el valor ornamental, los productores utilizan el manejo húmedo y con menos frecuencia el manejo seco (Rudnicki *et al.*, 1991).

El manejo húmedo consiste en colocar los tallos florales en contenedores con soluciones hidratantes. Con el manejo seco, los tallos se empaquetan con papel kraft y bolsas negras de polietileno (De La Cruz *et al.*, 2014). Cuando se empaquetan los tallos florales la transpiración inicial contribuye a que la humedad relativa aumente entre 90 y 95 %, el papel absorbe agua, evita la dispersión de esporas de *Botrytis* y disminuye su incidencia durante la vida en florero (Harkema *et al.*, 2013). La respiración crea una atmósfera modificada, reduce la concentración de oxígeno y eleva los niveles de CO<sub>2</sub>, la tasa transpiratoria y el metabolismo celular disminuyen y se extiende el periodo de almacenamiento (Goszcynska y Rudnicki, 1983; Rudnicki *et al.*, 1986; Rudnicki *et al.*, 1991; Fanourakis *et al.*, 2013). El xilema del tallo entra en estrés, disminuye su potencial hídrico y estimula la absorción de agua desde la solución del florero (Taiz y Zeiger, 2010).

Las características de los vasos, el control estomático y la sensibilidad a la incidencia de *Botrytis* que se definen durante el crecimiento de los cultivares, y las condiciones de manejo en la postcosecha, pueden provocar un desbalance hídrico y reducir la vida en florero. Además, no todos los cultivares de rosa presentan la misma respuesta. Por ello el objetivo de esta investigación fue evaluar la influencia de las características morfo-

anatómicas y condiciones de manejo que influyen en la vida de florero de *Rosa hybrida* 'Highlander', 'Samurai', 'Polar Star' y 'Engagement'.

## 6.4 MATERIALES Y MÉTODOS

### Material vegetal y tratamientos

En un invernadero comercial, a las 7:00 h, se cosecharon 43 tallos florales de rosa 'Highlander', 'Samurai', 'Polar Star' y 'Engagement' con longitud homogénea de 60 cm. Inmediatamente después de la cosecha se tomaron muestras (0.5 cm), de la base de tres tallos florales de cada cultivar, para describir las características de los vasos en cortes transversales de 20  $\mu\text{m}$  (Avitia, 1996). Los restantes se dividieron en dos lotes, el primero con 20 tallos se envolvió en papel kraft y se metió en bolsas negras de polietileno ( $S_{FI}$ ), los del segundo lote se colocaron en contenedores con agua de la llave, cubriendo 10 cm de la base de los tallos ( $H_{FI}$ ). Ambos se mantuvieron en el invernadero por 4 h. Las condiciones ambientales promedio al interior del invernadero fueron  $22 \pm 3$  °C y 77 % HR.

Después de las 4 horas todos los tallos se transportaron al laboratorio, cada tallo se pesó individualmente y se recortó 5 cm de su base. Cada lote de 20 tallos florales se dividió nuevamente en dos, un lote se colocó en contenedores con agua de la llave ( $H_{FII}$ ) y otro se envolvió en papel kraft y se guardó en bolsas negras de polietileno ( $S_{FII}$ ), ambos se almacenaron a  $1 \pm 1$  °C y 85 % de HR por 7 d (Fase II). Así, se tuvieron cuatro tratamientos, denominados a)  $S_{FI} + S_{FII}$ ; b)  $S_{FI} + H_{FII}$ ; c)  $H_{FI} + S_{FII}$ ; d)  $H_{FI} + H_{FII}$ .

Al final del almacenamiento, se realizó un recorte de 5 cm, en la parte basal de cada tallo floral, se eliminó el follaje dejando dos hojas trifoliadas y tres pentafoliadas. Las unidades experimentales (un tallo floral de 50 cm de longitud dentro de un contenedor con 250 mL de agua de la llave) se distribuyeron al azar en un cuarto con iluminación de  $10 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , fotoperiodo de 12 h y temperatura de  $20 \pm 3$  °C, se evaluó:

## **Número de vasos mm<sup>-2</sup>, diámetro y área de los elementos de vaso e índice de vulnerabilidad**

Las imágenes de los cortes transversales (Avitia, 1996) se procesaron con un fotomicroscopio (III, Carl Zeiss) con cámara digital para microscopía (PAXcam 3) integrada. De cada cultivar se seleccionaron 45 campos (15 por fracción de tallo) y se contó el número de vasos mm<sup>-2</sup> con el objetivo de 16 X. Para el diámetro y área de los elementos de vaso, la calidad de las imágenes se mejoró con el software libre GIMP, 2.8.4 y los valores se obtuvieron con “Image tool” (3.40) (Willcox *et al.*, 2002). El índice de vulnerabilidad se calculó con la ecuación propuesta por (Hacke *et al.*, 2001):

$$\text{Índice de vulnerabilidad} = \frac{\text{Diámetro del elemento de vaso}}{\text{número de elementos de vaso por mm}^2}$$

## **Número de estomas y apertura del poro estomático**

El número de estomas y apertura del poro estomático se evaluaron el primero y cuarto día de la vida en florero. Se obtuvieron impresiones epidérmicas de la segunda hoja pentafoliada. Entre las nervaduras se aplicó una capa de barniz cosmético transparente (Marca comercial “Vanity nails”), se dejó secar por 30 min, se desprendió la capa y se montó sobre un portaobjetos, con el lado de la impresión hacia el microscopio con cámara digital para microscopía (PAXcam 3) integrada a un fotomicroscopio (III, Carl Zeiss) se tomaron fotografías con el objetivo 6.3X. El número de estomas se cuantificó por milímetro cuadrado y se midió el área del poro estomático a partir de fotografías tomadas con el objetivo 40 X del mismo microscopio. La segmentación de los poros se realizó con el software libre GIMP, 2.8.4 y el área se obtuvo con Image tool (3.40) (Willcox *et al.*, 2002).

## Unidades formadoras de colonia (UFC)

Las unidades formadoras de colonia se evaluaron en el primero y cuarto día de vida en florero. Para cada cultivar se tomó por duplicado 1 mL de agua del florero de cada tratamiento, se consideró como control al agua de la llave sin tallo floral. Cada muestra se colocó en el centro de una placa para recuentos de aerobios (Petrifilm 3M™), se incubaron a temperatura ambiente por 72 h y se realizó el conteo de UFC.

## Peso fresco (PF) y absorción de agua

Los tallos florales se pesaron diariamente en forma individual en una balanza digital (Setra SI-20005, con 0.01 g de precisión) y se obtuvo el peso fresco en porcentaje con la ecuación:

$$PF = \frac{PF_n}{PF_0} \times 100$$

Dónde: PF = Peso fresco (%), PF<sub>n</sub> = peso fresco del tallo floral en el día 1, 2, 3, n; PF<sub>0</sub> = peso fresco del tallo floral en el día previo.

Además se pesó la solución de cada florero (sin el tallo), y se obtuvo la absorción de agua (AA) con la ecuación:

$$AA = \frac{(PS_n - 1) - PS_n}{Pit}$$

Dónde: AA = absorción de agua (mL g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>), PS<sub>n-1</sub> = peso de la solución en el día previo, PS<sub>n</sub> = peso de la solución en el día 1, 2, 3, n y Pit: peso inicial del tallo floral respectivo.

## Incidencia de *Botrytis*

La incidencia de *Botrytis* se determinó en el séptimo día de la vida en florero mediante una escala visual que considera 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 6.1). Los tallos que llegaban al nivel 3 se les consideraba como terminada su vida en florero aunque las hojas estuvieran turgentes.



**Figura 6. 1** Escala visual con niveles de incidencia de de *Botrytis* en rosa ‘Polar Star’ y ‘Samurai’.

### **Vida de florero (VF)**

La vida en florero se obtuvo cuantificando el número de días en el florero hasta la aparición de alguno de los siguientes síntomas de senescencia: puntos necróticos en la periferia de los pétalos, pérdida de turgencia, doblamiento del cuello, caída de pétalos, amarillamiento o desprendimiento de hojas, incidencia de *Botrytis* al nivel 3.

### **Análisis Estadístico**

Para la vida en florero se realizó análisis de varianza de tres factores con tratamientos al azar (1. Cultivares de *Rosa hybrida*: “Highlander”, “Samurai”, “Polar Star” y

“Engagement”; 2. Manejo seco o húmedo en la fase I; 3. Manejo seco o húmedo en la fase II). Para las variables que se evaluaron dos o más veces se hizo análisis de varianza de un factor con tratamientos al azar y comparación de medias (Tukey  $\leq 0.05$ ) en cada tiempo de evaluación. Se utilizó el paquete estadístico SAS<sup>®</sup> 9.0 para Windows.

## 6.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Número de vasos $\text{mm}^{-2}$ , diámetro y área de los elementos de vaso e índice de vulnerabilidad

En la base de los tallos florales de 50 cm de longitud, los cuatro cultivares tuvieron similar área ( $720 \mu\text{m}^2$ ), diámetro ( $37 \mu\text{m}$ ) y número de vasos ( $170 \mu\text{m}^{-2}$ ). El índice de vulnerabilidad fue menor que 1.0 (Cuadro 6.1).

**Cuadro 6. 1** Vasos del xilema, de cuatro cultivares de *Rosa hybrida*, analizados en corte transversal. Cada dato es el promedio de 45 repeticiones.

Cultivares	Núm. de vasos $\text{mm}^{-2}$	Área de vasos ( $\mu\text{m}^2$ )	Diámetro de vasos	IV
Highlander	185.84 a <sup>z</sup>	676.27 a	34.99 a	0.22 a
Samurai	174.69 a	704.21 a	37.23 a	0.22 a
Polar Star	155.13 a	691.94 a	36.82 a	0.25 a
Engagem	165.69 a	780.59 a	38.82 a	0.25a
DMS	30.72	157.98	4.74	0.05
CV	29.43	40.51	19.93	37.20

<sup>z</sup>En cada columna, valores seguidos por letras iguales, indican que no hubo diferencias significativas (Tukey, 0.05). DMS, diferencia mínima significativa, CV, coeficiente de variación; IV, índice de vulnerabilidad.

El diámetro promedio de los vasos de ‘Highlander’, ‘Samurai’, ‘Polar Star’ y ‘Engagement’ fue de  $37 \mu\text{m}$ , resultados similares fueron encontrados en rosa ‘Grand Gala’ ( $13.3$  a  $39.3 \mu\text{m}$ ) y rosa ‘Vega’ ( $14.1$  a  $67 \mu\text{m}$ ) (Hernández *et al.*, 2009). Vasos con diámetros mayores de  $75 \mu\text{m}$ , en la base del tallo, pueden contribuir a la formación de

embolismo durante periodos de estrés, lo que ocasiona que la conductividad hídrica y vida en florero disminuyan (Margrave *et al.*, 1994; Nijse *et al.*, 2001). Ninguno de estos cultivares tuvo vasos mayores de 75  $\mu\text{m}$ , lo cual indica que son poco susceptibles al embolismo por burbujas de aire. Esto se corrobora con el índice de vulnerabilidad bajo (0.22) en los cuatro cultivares (Cuadro 6.1).

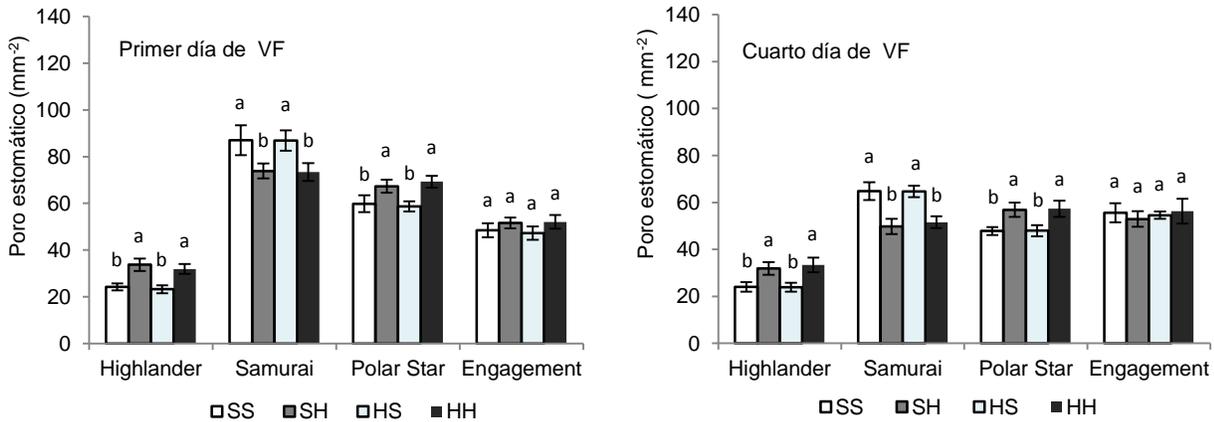
Carlquist, (1977) mencionó que las especies con IV menor que 1.0 están adaptadas a condiciones de estrés hídrico y son más resistentes al embolismo comparadas con aquellas que tienen un IV mayor que 1.0. De acuerdo con esto, en ninguno de los cuatro cultivares el flujo hídrico limitó, por la formación de burbujas de aire en los vasos del xilema, sino por el taponamiento debido a la acumulación de microorganismos en la solución del florero (Bleeksma y van Doorn, 2003) o por la acumulación de compuestos que se sintetizan en el corte del tallo floral (van Doorn y Cruz, 2000; van Doorn y Vaslier, 2002).

### **Número de estomas y apertura del poro estomático**

‘Engagement’ tuvo  $60.67 \pm 2.23$  estomas  $\text{mm}^{-2}$ , significativamente menor que ‘Highlander’ ( $72.83 \pm 3.25$ ), ‘Samurai’ ( $67.67 \pm 3.14$ ) o ‘Polar Star’ ( $73.08 \pm 2.25$ ). Similar número de estomas se han reportado para rosa “Vega” (57.6) y “Grand Gala” (60.4 estomas  $\text{mm}^{-2}$ ) (Hernández *et al.*, 2009). La densidad de estomas depende de las características genéticas del cultivar, así como de las condiciones de crecimiento, sin embargo, el área del poro estomático puede variar rápidamente por efecto del tratamiento (Costa *et al.*, 2004; Fanourakis *et al.*, 2013). En *Rosa hybrida* ‘Highlander’ y ‘Engagement’ la apertura del poro estomático no se modificó por el manejo postcosecha. Pero ‘Engagement’ tuvo 43 % mayor apertura que ‘Highlander’ (Figura 6.2).

Los tallos de rosa ‘Polar Star’ con manejo seco en la segunda fase (SS o HS) tuvieron menor apertura comparados con los de manejo húmedo (SH o HH), lo cual sugiere que el estrés provocado durante el almacenamiento estimuló el cierre de estomas, con lo que se disminuye la evapotranspiración. De manera opuesta, en rosa ‘Samurai’ la

apertura fue menor cuando los tallos se almacenaron en condiciones húmedas (SH o HH) (Figura 6.2).



**Figura 6. 2** Apertura del poro estomático en los días 1 y 4 de vida en florero (VF) en cuatro cultivares de *Rosa hybrida*. S, con manejo seco; H, con manejo húmedo. Cada dato es el promedio de 15 repeticiones  $\pm$  error estándar. Letras diferentes en cada cultivar indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).

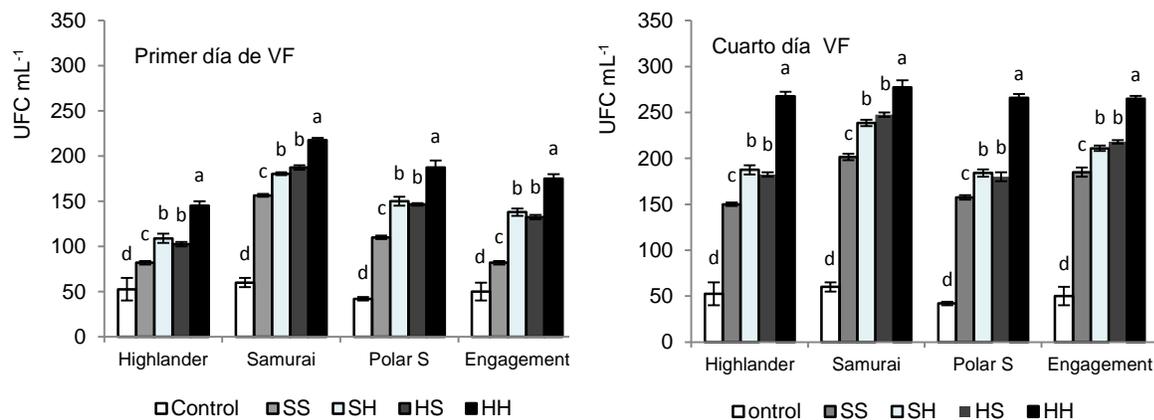
El área menor del poro estomático se relaciona de manera directa con disminución de la tasa transpiratoria y aumento en la hidratación de los tejidos (Taiz y Zeiger, 2010). Esto ocurrió en ‘Polar Star’ y ‘Samurai’ ya que los tratamientos con menor apertura estomática aumentaron su absorción de agua, su peso fresco y su vida de florero.

Los tallos florales que crecen con humedad relativa alta (> 80 %) pueden tener fallas en el cierre de estomas, debido a síntesis deficiente de ácido abscísico (Fanourakis, 2013). Esta pudo ser una de las causas por las que en rosa ‘Highlander’ y ‘Engagement’, el poro estomático no se modificara por las condiciones de manejo postcosecha.

## Unidades formadoras de colonia (UFC mL<sup>-1</sup>)

En todos los cultivares, el número de UFC mL<sup>-1</sup> fue menor en los tallos con manejo seco en ambas fases de la postcosecha (SS) comparado con los que se hidrataron en alguna etapa (SH o HS) o los que se mantuvieron hidratados en ambas fases (HH) (Figura 6.3).

Del primero al cuarto día el número de UFC mL<sup>-1</sup> se incrementó en todos los tratamientos. En los tallos con manejo seco (SS) el aumento fue 70 % mientras que en los de manejo húmedo (HH) fue 80 % con respecto al control (Figura 6.3).

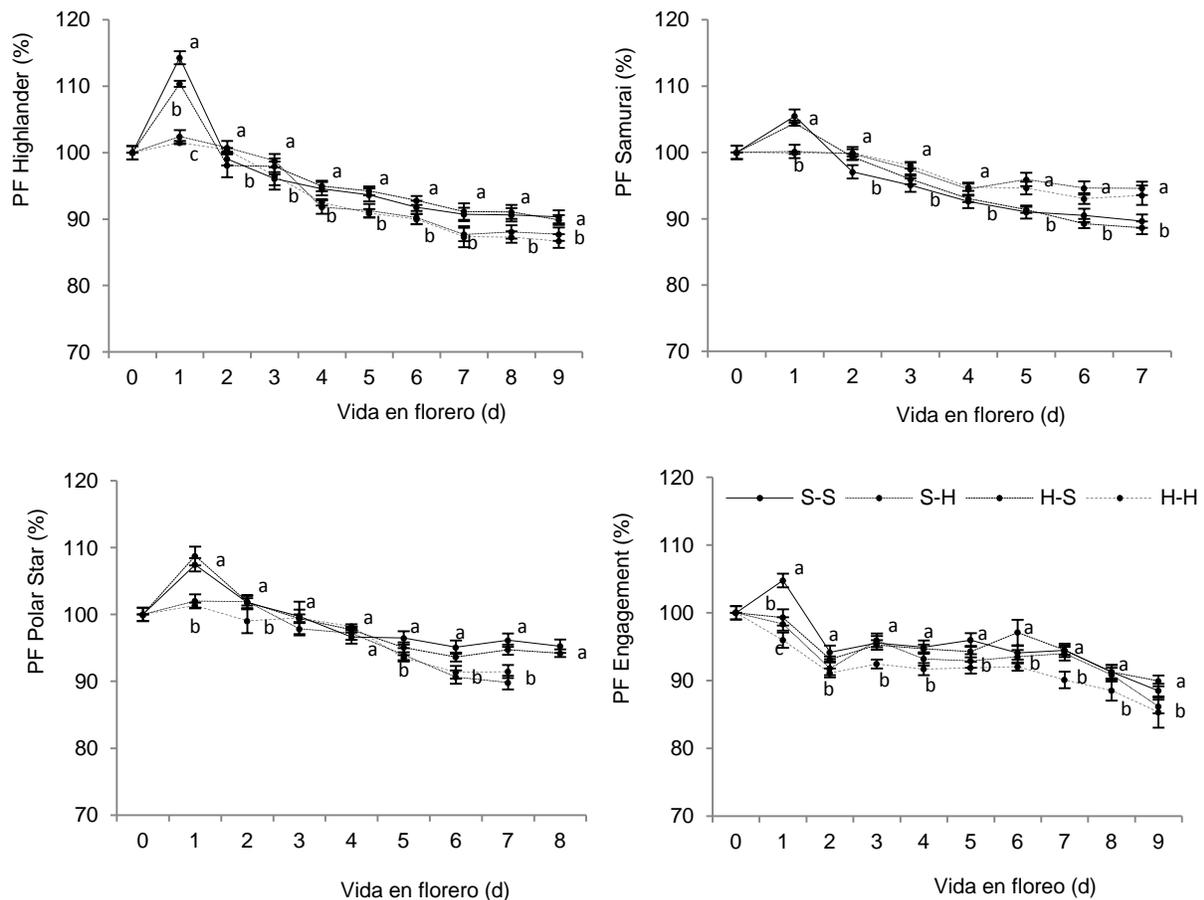


**Figura 6. 3** Unidades formadoras de colonia en los días primero y cuarto de vida en florero (VF) en cuatro cultivares de *Rosa hybrida*. S, manejo seco; H, manejo húmedo. Cada dato es el promedio de dos repeticiones  $\pm$  error estándar. Letras diferentes en cada cultivar indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).

Tallos de rosa 'Samurai' presentaron la mayor concentración de bacterias en la solución del florero tanto el primer día (180 a 217) como el cuarto (238 a 277.5 UFC mL<sup>-1</sup>). Comparado con el número de unidades formadoras de colonias que disminuye la conductividad hídrica (10<sup>7</sup> UFC mL<sup>-1</sup>) o el que bloquea el flujo hídrico (10<sup>8</sup> UFC mL<sup>-1</sup>) en rosa 'Sonia' (de Witte y van Doorn, 1988; Bleeksma y van Doorn, 2003), 'Samurai' tuvo menor número de UFC mL<sup>-1</sup>. Aunque, en los siguientes días esta concentración pudo incrementarse y disminuir la absorción de agua y vida de florero en este cultivar.

## Peso fresco (PF) y absorción de agua

En el primer día los tallos florales de ‘Engagement’, ‘Samurai’, ‘Polar’ ‘Star’ y ‘Highlander’, con manejo seco en la segunda fase de la postcosecha (SS o HS), incrementaron su peso fresco 2.5, 5, 10 y 15 % respectivamente. A partir del segundo día todos los tratamientos disminuyeron su PF de forma continua. Excepto en ‘Samurai’, que mantuvo el peso fresco mayor cuando los tallos se almacenaron en condición húmeda (SH o HH), con el manejo seco en la segunda fase de la postcosecha (SS o HS) se absorbió más agua y el peso fresco se mantiene por arriba del 90 % hasta el día 7 (Figura 6.4).



**Figura 6. 4** Peso fresco (PF) en cuatro cultivares de *Rosa hybrida* con manejo seco (S) y húmedo (H) en las fases I y II de la postcosecha. Cada dato es el promedio de 10 repeticiones  $\pm$  error estándar. Letras diferentes en cada tiempo de evaluación indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).

Rosa 'Sena', 'Creamly' y 'Bouing' mantuvieron su peso fresco mayor a 90 % cuando a la solución del florero se aplicaron  $10 \text{ mg L}^{-1}$  de ácido cítrico +  $10 \text{ g L}^{-1}$  de sacarosa, en comparación con el control (agua destilada) (Rezvanypour y Osfoori, 2011). En este caso, el manejo seco dio resultados similares en 'Highlander', 'Polar Star' y 'Samurai'.

En el florero, los tallos incrementaron su peso y después la disminuyeron (Lu *et al.*, 2010; Alaey *et al.*, 2011). Pero, aquellos que lo mantuvieron alto por más tiempo, lograrán vida de florero mayor (Ichimura y Shimizu-Yumoto, 2007). En este caso, los tallos florales de 'Polar Star', con almacenamiento seco, mantuvieron hasta el séptimo día 7 un peso fresco mayor a 94 %, absorbieron mayor cantidad de agua y tuvieron vida en florero más prolongada.

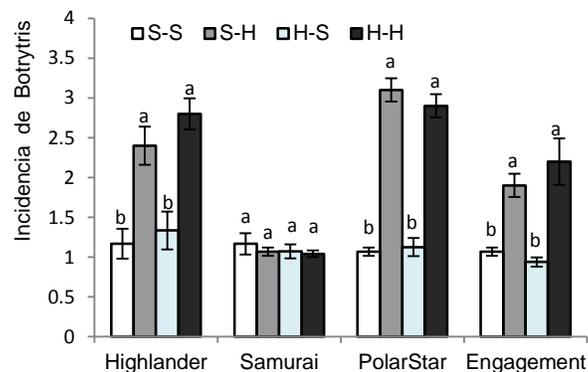
En todos los cultivares, la absorción de agua fue alta ( $0.32$  a  $0.48 \text{ mL g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) en el segundo día y después disminuyó progresivamente. Sin embargo, en 'Highlander', 'Engagement' y 'Polar Star' los tallos con manejo seco en la segunda fase de la postcosecha (SS o HS) tuvieron hasta el séptimo día 20, 22 y 26 % mayor absorción de agua comparado con los que se manejaron en húmedo (SH o HH) que absorbieron en promedio  $0.16 \text{ mL g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ . En contraste, los tallos de 'Samurai' tuvieron 65 % más absorción de agua con manejo húmedo en la segunda fase (SH o HH) comparada con los de manejo seco, que al séptimo día absorbieron  $0.08 \text{ mL g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ . De La Cruz *et al.* (2014) mencionan que tallos florales de 'Highlander', 'Polar Star' y 'Engagement' con manejo seco por 24 h en el almacén, a temperatura ambiente ( $20 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ ), absorbieron más agua en comparación con los de manejo húmedo, mientras que en "Samuari" la absorción fue mayor cuando los tallos se almacenaron en húmedo.

Sin importar el tratamiento, en los cuatro cultivares existió una relación directa entre la absorción de agua, el peso fresco y la vida en florero. Con el manejo seco se generó estrés en el sistema conductor del tallo (xilema), el potencial hídrico ( $\Psi$ ) disminuyó y se estimuló la absorción de agua (van Meeteren, 1978), mientras que el  $\Psi$  de los tallos que se mantuvieron hidratados fue similar al de la solución del florero, su absorción fue lenta y perdieron peso rápidamente cuando se colocaron en el florero (van Meeteren, 1978;

Ahmad, 2012). La pérdida de peso fresco y un desbalance entre la tasa de absorción y transpiración conllevan a los primeros síntomas de senescencia y reducción de la vida en florero (Shobha y Gowda 1993).

### Incidencia de *Botrytis*

Con el manejo seco, en la segunda fase de la postcosecha (SS o HS) la incidencia de *Botrytis* fue 51, 52 y 64 % menor en los tallos florales de ‘Engagement’, ‘Highlander’ y ‘Polar Star’ comparada con el almacenamiento húmedo (SH o HH), mientras que en ‘Samurai’ la incidencia se ubicó en el nivel uno de la escala visual y no hubo diferencias entre tratamientos (Figura 6.5).



**Figura 6. 5** Incidencia de *Botrytis* en tres cultivares de *Rosa hybrida* con manejo seco (S) y húmedo (H) en dos fases de la postcosecha. Cada dato es el promedio de 10 repeticiones  $\pm$  error estándar. Letras diferentes en cada cultivar indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).

La germinación de los conidios de *Botrytis* depende de las condiciones de manejo, los cambios de temperatura y de las características del cultivar, por ejemplo rosa “Avalanche” y “Aqua” son más tolerantes que “Red Naomi” pero los tres son más sensibles cuando se transportan en condición húmeda, a 20 °C, o su tiempo de almacenamiento aumenta (Latorre y Rioja, 2002; Bayleyegn *et al.*, 2012; Harkema *et*

al., 2013). En esta investigación, *Rosa hybrida* 'Polar Star' fue el más sensible y 'Samurai' tolerante. 'Highlander' y 'Engagement' tuvieron sensibilidad intermedia. La vida en florero de 'Polar Star' puede estar limitada por la incidencia de *Botrytis*.

### **Vida en florero**

Los tallos de rosa 'Polar Star' tuvieron la vida mayor en florero (8.8 d) y los de 'Samurai' (6.9 d) y 'Highlander' (7.1 d) la menor. Las condiciones de manejo en la primera fase de la postcosecha no tuvieron influencia en la longevidad de 'Highlander' y 'Polar Star' pero el manejo seco en la segunda fase, incrementa por 2.5 d la vida de florero en ambos cultivares. En contraste, en 'Samurai' el manejo húmedo en la fase I aumentó 0.5 d la vida en florero pero si se mantiene hasta la fase II, el incremento fue de 2 d comparado con el manejo seco (Cuadro 6.2).

**Cuadro 6. 2** Vida en florero en *Rosa hybrida* cvs. Highlander, Samurai, Polar Star y Engagement con manejo seco y húmedo antes (fase I) y durante el almacenamiento (fase II).

Tratamientos	Cultivares			
	Highlander	Samurai	Polar Star	Engagement
Promedio	7.10 ± 0.52 c	6.92 ± 0.39 c	8.80 ± 0.44 a	7.87 ± 0.41 b
<b>C*FI</b>				
S	6.90 ± 0.32 a	6.65 ± 0.31 b	8.75 ± 0.35 a	8.15 ± 0.33 a
H	7.30 ± 0.41 a	7.20 ± 0.24 a	8.85 ± 0.26 a	7.60 ± 0.24 b
Int C*FI	ns			
<b>C*FII</b>				
S	8.35 ± 0.23 a	5.95 ± 0.17 b	10.00 ± 0.15 a	7.85 ± 0.29 a
H	5.85 ± 0.23 b	7.90 ± 0.18 a	7.60 ± 0.15 b	7.90 ± 0.30 a
Int C*FII	**			
<b>C*FI*FII</b>				
S <sub>FI</sub> +S <sub>FII</sub>	7.90 ± 0.28 b	5.50 ± 0.17 d	10.10 ± 0.23 a	8.30 ± 0.52 a
S <sub>FI</sub> +H <sub>FII</sub>	5.90 ± 0.35 c	7.80 ± 0.29 b	7.40 ± 0.27 b	8.00 ± 0.42ab
H <sub>FI</sub> +S <sub>FII</sub>	8.80 ± 0.33 a	6.40 ± 0.22 c	9.90 ± 0.18 a	7.40 ± 0.22 b
H <sub>FI</sub> +H <sub>FII</sub>	5.80 ± 0.33 c	8.00 ± 0.21 a	7.80 ± 0.13 b	7.80 ± 0.44 b
Int C*FI*FII	ns			

<sup>2</sup>Letras diferentes en cada columna y combinación indican diferencias significativas (Tukey, 0.05). C, cultivar; S, seco; H, húmedo; FI, fase I; FII, fase II; ns, no significativo; \*\*, significativo al 1 %.

El análisis en cada fase de manejo mostró que ‘Highlander’ tuvo la vida mayor en florero (8.8 d) cuando el manejo fue húmedo en la fase I y en seco durante la fase II (HS). Los tallos florales de ‘Engagement’ duran de 8.0 a 8.3 d si durante la fase I el manejo se realiza seco, en la fase II puede ser seco o húmedo (SS o SH). Mientras que en ‘Polar Star’ el manejo seco en la segunda fase (SS o HS) incrementó 25 % la vida en florero comparado con el manejo húmedo (7.6 d) (Cuadro 6.2).

Tallos florales de *Rosa hybrida* tuvieron vida mayor en florero cuando el manejo fue seco que cuando fue húmedo, durante todo el periodo postcosecha, sin dividirlo en fases (Faragher, 1984; Mor, 1988; Ahmad *et al.*, 2012; Mosqueda *et al.*, 2012). El manejo de rosa ‘Engagement’ puede ser húmedo o seco durante la fase II pero en la fase I debe manejarse seco. ‘Highlander’ y ‘Polar Star’ debe manejarse en seco durante

la fase II, sin importar como se manejen en la fase I. El manejo de los tallos de 'Samurai', que tiene la vida menor en florero (6.9 d), deben manejarse húmedos durante la segunda fase, con lo su vida en florero se incrementaría 30 % en comparación con el manejo seco en ambas fases de la postcosecha (5.5 d). La calidad postcosecha en *Rosa hybrida* no sólo depende de la forma de manejo sino también de las características del cultivar (Ahmad *et al.*, 2014). En este trabajo queda demostrado que cada cultivar responde de manera diferente a las condiciones de manejo postcosecha.

## 6.6 CONCLUSIONES

Las características de los vasos, en la base del tallo floral, son similares en los cuatro cultivares y no tienen influencia en el flujo hídrico o vida en florero. En los cuatro cultivares el cierre de estomas se relaciona con hidratación mayor del tallo floral y vida en florero más prolongada. El manejo seco en ambas fases de la postcosecha mejora la vida en floreo y reduce la incidencia de *Botrytis*. 'Polar Star' es el cultivar más sensible y 'Samurai' el más tolerante al ataque por *Botrytis*.

Rosa 'Polar Star' tiene vida mayor en florero cuando su manejo es seco en ambas fases de la postcosecha, contrario a 'Samurai' que dura más con almacenamiento húmedo. La respuesta de cada cultivar a las condiciones de manejo (seco o húmedo) en cada fase de la postcosecha es necesaria ya con base a esto se puede mejorar la calidad y vida en florero.

## 6.7 LITERATURA CITADA

- Ahmad I., Dole J.M., Amjad A., Ahmad S. 2012. Dry Storage Effects on Postharvest Performance of Selected Cut Flowers. *HorTechnology* 22:463-469.
- Alaey M., Babalar M., Naderi R., Kafi M. 2011. Effect of pre and postharvest salicylic acid treatment on physio-chemical attributes in relation to vase-life of rose cut flowers. *Postharvest Biology and Technology* 61:91-94.

- Avitia G.E. 1996. Anatomía precigótica y postcigótica en relación al aborto de óvulos y semillas en *Spondias purpurea* L. (Tesis de doctorado). Colegio de Posgraduados Campus Montecillo. Texcoco, México.
- Bayleyegn A., Tesfaye B., Workneh T.S. 2012. Effects of pulsing solution, packaging material and passive refrigeration storage system on vase life and quality of cut rose flowers. *African Journal of Biotechnology* 11(16):3800-3809.
- Bleeksma H.C., van Doorn W.G. 2003. Embolism in rose stems as a result of vascular occlusion by bacteria. *Postharvest Biology and Technology* 29:334-340.
- Carlquist S. 1977. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. *Amer. J. Bot.* 64(7): 887-896.
- Costa M.A., Almeida P.C., Mourao W.A.B., Mendes F.A., Rodríguez A.P. 2004. Stomatal analysis of citrus somatic hybrids obtained by protoplast fusion. *Pesq. Agrop. Bras.* 39:297-300.
- De la Cruz G.G., Arévalo G.L., Lao A.T. 2014. Almacenamiento seco a temperatura ambiente de siete cultivares de *Rosa hybrida*. VI Jornadas Ibéricas de Horticultura Ornamental. 68:157-164.
- de Witte Y., van Doorn. 1988. Identification of bacteria in the vase water of roses and the effect of the isolated strains on water uptake. *Scientia Horticulturae* 35:285-291.
- Fanourakis D., Pieruschka R., Savvides A., Macnish A.J., Sarlikiotl V., Woltering E.J. 2013. Sources of vase life variation in cut roses: A review. *Postharvest Biology and Technology* 78:1-15.
- Fanourakis D., Carvalho S., Almeida D., van Kootena O., van Doorn W.G., Heuvelink E. 2012. Postharvest water relations in cut rose cultivars with contrasting sensitivity to high relative air humidity during growth. *Postharvest Biology and Technology* 64:64-73.
- Fanourakis D., Tapia A., Heuvelink E., Carvalho S.M.P. 2009. Cultivar differences in the stomatal characteristics of cut roses grown at high relative humidity. *Acta Hort.* 847:251-258.

- Faragher J.D., Mayak S., Tirosh T., Halevy A. H. 1984. Cold storage of rose flowers: Effects of cold storage and water loss on opening and vase life of 'Mercedes' roses. *Scientia Horticulturae* 24:369-378.
- Goszcynska D., Rudnicki R.M. 1983. Long term cool storage of bud-cut carnations. *Acta Hort.* 141:203-212.
- Hacke U.G., Sperry J., Pockman W. T., Davis S.D., McCulloh K. A. 2001. Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. *Oecologia* 126: 457-461.
- Halevy A. H. 1979. Senescence and postharvest physiology of cut flowers, part 1. *Hort. Rev.* 1:204-236.
- Harkema H., Mensink M.G.J., Somhorst D.P.M., Pedreschi R.P., Westra E.H. 2013. Reduction of *Botrytis cinerea* incidence in cut roses (*Rosa hybrida* L.) during long term transport in dry conditions. *Postharvest Biology and Technology* 76:135-138.
- Hernández H.F., Arévalo G.L., Colinas L.T., Zavaleta M.A., Valdés C.J. 2009. Diferencias anatómicas y uso de soluciones de pulso en dos cultivares de rosa (*Rosa* sp.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15(2):11-16.
- Ichimura K., Shimizuko-Yumoto H. 2007. Extension of the vase life of cut roses by treatment with sucrose before and during simulated transport. *Bull National Institute Florida Science* 7:17-27.
- Jedrzejuk A., Rochala J., Zakrzewski J., Rabiza J.S. 2012. Identification of xylem occlusions occurring in cut clematis (*Clematis* L., fam. Ranunculaceae Juss.) stems during their vase life. *The Scientific World Journal* 2012:1-12.
- Latorre B.A., Rioja M.E. 2002. Efecto de la temperatura y de la humedad relativa sobre la germinación de conidios de *Botrytis cinerea*. *Ciencia e investigación agraria* 29(2):67-71.
- Lu P., Cao J., He S., Liu J., Li H., Cheng G., Ding Y., Joyce D. C. 2010. Nano-silver pulse treatments improve water relations of cut rose cv. 'Movie' Star flowers. *Postharvest Biology and Technology* 57:196-202.
- Macnish A.J., Theije D.D., Reid M.S., Jian C.Z. 2009. An alternative postharvest handling strategy for cut flowers dry handling after harvest. *Acta Horticulturae* 847: 215-222.

- Margrave K.R., Kollb K.J., Ewers F.W., Davies S.D. 1994. Conduct diameter and drought-induced embolism in *Salvia mellifera* (Labiatae). *New Phytologist* 126:695-705.
- Mor Y. 1988. Long term storage of roses. *Acta Horticulturae*. 261:271-279.
- Mosqueda L.G., Arévalo G. L., Valdovinos P. G., Rodríguez P.E., Colinas L.T. 2012. Manejo y almacenamiento en seco y húmedo de cuatro cultivares de rosa de corte. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18(3):317-323.
- Nijse J., van Der Heijden G.W., van Ieperen W., Keijzer C.J., van Meeteren U. 2001. Xylem hydraulic conductivity related to conduit dimensions along chrysanthemum stems. *Journal of Experimental Botany* 52(35):319-327.
- Rezvanypour S., Osfoori M. 2011. Effect of Chemical Treatments and Sucrose on Vase Life of Three Cut Rose Cultivars. *Journal of Research in Agricultural Science* 7(2):133-139.
- Rudnicki R.M., Goszcynska D., Noeak J. 1986. Storage of cut flowers. *Acta Horticulturae* 181:285-296.
- Rudnicki R.M., Nowak J., Goszcynska D.M. 1991. Cold storage and transportation conditions for cut flowers cuttings and potted plants. *Acta Hort.* 298:225-236.
- Shobha K.S., Gowda J.V.N. 1993. Effect of chemical pre-treatment on vase life of rose cv. 'Queen Elizabeth'. *Indian Rose Annual* 11: 69-71.
- Singh K., Sing P.J., Kumar R. 2004. Effect of some chemicals on keeping quality of cut roses. *Adv. Hort. Sci.* 18:161-167.
- Taiz L., Zeiger E. 2010. *Plant Physiology*. Second edition. Sinauer associates, inc, publishers. Sunderland Massachusetts, U.S.A. 792 p.
- van Doorn W.G., Cruz P. 2000. Evidence for a wounding-induced xylem occlusion in stems of cut chrysanthemum flowers. *Postharvest Biology and Technology* 19:73-83.
- van Doorn W G., Vaslier N. 2002. Wounding-induced xylem occlusion in stems of cut chrysanthemum flowers: roles of peroxidase and catechol oxidase. *Postharvest Biol. Technol.* 26:275-284.
- van Doorn W.G. 1997. Water relations of cut flowers. *Hortic. Rev.* 18, 1–85.

- van Meeteren U. 1978. Water relations and keeping-quality of cut Gerbera flowers. The cause of stem break. *Scientia Horticulturae* 8:65-74.
- van Meeteren U., van Gelder H., van Ieperen W. 1999. Reconsideration of the use of deionized water as vase water in post-harvest experiments on cut flowers. *Postharvest Biology and Technology* 17: 175-187.
- Willcox D., Dove B., McDavid D., Greer D. UTHSCSA. 2002. Image Tool for Windows ver. 3.0. USA: The University of Texas Health Science Center in San Antonio, U.S.A. 275 p.
- Zaky A.A. 2013. Effect of pre and postharvest treatments on flower longevity of cut rose cv. 'grand prix'. Egypt. *J. Agric. Res.* 91(3):1009-1020.

## **CAPÍTULO VII. CONTENIDO DE COMPUESTOS FENOLICOS EN EL TALLO Y SU INFLUENCIA EN LA HIDRATACIÓN Y VIDA DE FLORERO DE ROSA ‘POLAR STAR’ Y ‘SAMURAI’**

### **7.1 RESUMEN**

El objetivo del estudio fue evaluar un grupo de variables para determinar las causas que influyen en la hidratación de los tallos y vida en florero de rosa ‘Polar Star’ y ‘Samurai’. En un invernadero comercial se cosecharon 70 tallos florales de cada cultivar. Inmediatamente después de la cosecha se tomaron muestras de la base de tres tallos florales para determinar la concentración de fenoles y de tres más para describir las características anatómicas. Los tallos restantes se dividieron en dos grupos, el primero de 32 tallos se envolvió en papel kraft y se metió en bolsas negras de polietileno (SFI), los del segundo grupo se colocaron en contenedores con agua de la llave (HFI) y se transportaron al laboratorio. Cada lote de 32 tallos florales se dividió también en dos, uno se colocó en contenedores con agua de la llave (HFII) y otro se envolvió en papel kraft y se guardó en bolsas negras de polietileno (SFII) y se almacenaron a  $1 \pm 1$  °C y 85 % de HR por 7 d (Fase II). Después del almacenamiento se determinó la concentración de fenoles al primero y cuarto día y se evaluaron las variables relacionadas con la hidratación y vida en florero. En ambos cultivares, la concentración de fenoles totales fue opuesta a la absorción de agua, al peso fresco y a la vida en florero. Se identificaron siete ácidos fenólicos, el ácido gálico se encontró en mayor concentración ( $\approx 50$  %). En rosa ‘Samurai’ la concentración de ácido siríngico y cumárico fue mayor ( $\approx 5$  %) comparado con ‘Polar Star’ ( $\leq 2$  %). El número de vasos y diámetro de los vasos no tuvo influencia en la absorción de agua; el índice de vulnerabilidad indicó que estos cultivares son resistentes a la cavitación. En ‘Polar Star’ la apertura menor del poro estomático se relacionó con absorción mayor de agua y vida más prolongada en florero en los tallos con manejo seco en la segunda fase. ‘Samurai’ no toleró el almacenamiento seco y respondió mejor al almacenamiento húmedo.

**Palabras clave:** Compuestos fenólicos, características anatómicas, absorción de agua, unidades formadoras de colonia, poro estomático, incidencia de Botrytis.

## 7.2 ABSTRACT

The main of this research was evaluating a group of variables to determine the causes that influence in the hydration of stems and vase life of rose 'Polar Star' and 'Samurai'. In a commercial greenhouse, 70 flower stems of each cultivar were harvested, immediately after harvest, samples of three flower stems were taken to determine the phenol concentration and other three stems were use to describe the anatomical features. The remaining stems were divided into two groups, the first of 32 stems wrapped in kraft paper and put it in black polyethylene bags ( $D_{PI}$ ), and the second group was placed in containers with tap water ( $W_{PI}$ ) and transported to the laboratory. Each batch of 32 flower stems was divided in two groups too, one was placed in containers with tap water ( $W_{PII}$ ) and the other was wrapped with kraft paper and black polyethylene bags ( $D_{PII}$ ) and were storage at  $1 \pm 1$  ° C and 85% RH for 7 d (Phase II). After storage the concentration of phenols compounds to the first and fourth day and the variables related with the hydration and vase life were evaluated.

In both cultivars, the concentration of total phenols was opposite to the water absorption, fresh weight and vase life. Seven phenolic acids were identified, gallic acid is found in higher concentrations ( $\approx 50\%$ ). In rose 'Samurai' syringic and coumaric acid concentration was higher ( $\approx 5\%$ ) compared with 'Polar Star' ( $\leq 2\%$ ). The number of vessels and vessel diameter had no influence on water absorption; the vulnerability index indicated that these cultivars are resistant to cavitation. In 'Polar Star', the lower opening of the stomatal pore was associated with more water absorption and increased vase life with dry handling in the second phase of postharvest. 'Samurai' is not tolerating to dry storage and their best response is with wet handling.

**Keywords:** Phenolic compounds, anatomical features, water absorption, colony forming units, stomatal pore, incidence of Botrytis.

### 7.3 INTRODUCCIÓN

Los productores de *Rosa hybrida* utilizan la técnica de manejo húmedo que consiste en cosechar los tallos florales y colocarlos en contenedores con agua o soluciones químicas, con lo cual reducen la deshidratación del tallo floral. Sin embargo, el supuesto de que incrementa la vida de florero no está totalmente probado, ya que con esta práctica se incrementa la concentración de bacterias que provocan oclusión y marchitamiento prematuro del tallo floral (de Witte y van Doorn, 1988).

Por otro lado, con el manejo seco que consiste en cosechar, seleccionar y envolver los tallos florales con papel kraft y bolsas negras de polietileno sin que se introduzcan en soluciones hidratantes (De La Cruz *et al.*, 2014), se evita la contaminación por microorganismos de la solución, se favorece el flujo hídrico y la vida en florero se incrementa. Tallos florales de rosa 'Black Magic' manejados en seco aumentan 3.4 d su vida en florero comparado con los de manejo húmedo (Macnish *et al.*, 2009; Mosqueda, 2011; De La Cruz *et al.*, 2014).

Sin embargo, no todos los cultivares responden de manera similar, por ejemplo rosa 'Polar Estar' absorbe mayor cantidad de agua y su vida en florero se incrementa por 2 d cuando los tallos se manejan en seco, mientras que 'Samurai' tiene mayor vida de florero cuando se maneja en húmedo. Estos cultivares responden de manera contratante a las condiciones de manejo postcosecha (De La Cruz *et al.*, 2014).

Las diferencias en la absorción de agua entre especies o cultivares dependen de la estructura del xilema (van Doorn y Reid, 1995), de la expansión de los hidrogeles de pectina en las punteaduras de membrana (Zimmerman, 1978; Espino y Schenk, 2011), del embolismo por aire o por microorganismos que se acumulan en la solución del florero o en la base del tallo y de las respuestas fisiológicas que se derivan del daño causado al efectuar el corte en la base del tallo floral (Ichimura *et al.*, 2002; da Silva *et al.*, 2013). Como respuesta al daño se activan enzimas tales como peroxidadas, catecol oxidasas, polifenoloxidasas y fenilalanina amonioliasas (PAL), relacionadas con la formación de compuestos fenólicos y suberinas que obstruyen el flujo de agua en los

vasos del xilema (van Doorn y Cruz, 2000; van Doorn y Vaslier, 2002). En tallos florales de *Chrysanthemum sp* la alta actividad de PAL está relacionada con el bloqueo de los vasos del xilema (van Meeteren y Arévalo, 2009). En *Grevillea* 'Crimson Yul-lo', la aplicación de S-carbone (0.32 y 0.64 mM), que inhibe la síntesis de fenoles y suberinas, incrementa su flujo hídrico y vida en florero (He *et al.*, 2006) sugiriendo que procesos fisiológicos pueden estar relacionados con la absorción de agua en los primeros 2 cm del tallo floral.

En flores de corte, la absorción de agua ocurre directamente a través de los vasos del xilema que junto con el poro estomático regulan la tasa transpiratoria y la hidratación de los tallos florales (Zimmerman, 1983; Taiz y Zeiger, 2010). Vasos con diámetros grandes ( $> 75 \mu\text{m}$ ) tienen menor resistencia al flujo hídrico y son menos susceptibles al embolismo comparado con los de calibre menor (van Meeteren *et al.*, 1999; Jedrzejuk *et al.*, 2012). El cierre de estomas reduce la pérdida de agua, mantiene la turgencia celular y prolonga la vida en florero (Taiz y Zeiger, 2010; Fanourakis *et al.*, 2013). Para especies leñosas, el índice de vulnerabilidad (IV), que se obtiene al dividir el diámetro de los elementos de vaso entre el número de vasos  $\text{mm}^{-2}$ , es una medida de la resistencia al estrés hídrico. Cultivares con valores de IV superiores a 1.0 son vulnerables o poco resistentes al estrés hídrico, los valores menores que 1.0 indican que los tallos estuvieron estresados y son resistentes al embolismo provocado por aire (Carlquist, 1977; Hacke *et al.*, 2001).

Los tallos florales de rosa 'Polar Star' tienen mayor porte y responden positivamente al manejo seco comparados con los de 'Samurai' que son delgados y cortos, absorben menos agua y tienen vida limitada en florero cuando su manejo es seco (De La Cruz *et al.*, 2014). La absorción de agua no solo depende del xilema del tallo sino también de las relaciones fisiológicas que ocurren en el sitio del corte. Por lo anterior el objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de las características anatómicas y el contenido de compuestos fenólicos de la base del tallo floral sobre la absorción de agua y vida en florero de rosa 'Polar Star' y 'Samurai'.

## 7.4 MATERIALES Y MÉTODOS

### Material vegetal y tratamientos

En un invernadero comercial, a las 7:00 h, se cosecharon 70 tallos florales de rosa 'Polar Star' y 'Samurai' con longitud homogénea de 60 cm. Inmediatamente después de la cosecha se tomaron muestras de la base de tres tallos florales para determinar la concentración de fenoles (Slinkard y Singleton, 1977) y tres más para describir las características de los vasos en cortes transversales de 20  $\mu\text{m}$  (Avitia, 1996). Los restantes se dividieron en dos lotes, el primero de 32 tallos se envolvió en papel kraft y se metió en bolsas negras de polietileno ( $S_{FI}$ ), los del segundo lote se colocaron en contenedores con agua de la llave cubriendo 10 cm la base de los tallos ( $H_{FI}$ ). De esta forma se transportaron al laboratorio donde se pesaron individualmente y se recortaron 5 cm en su base. Cada lote de 32 tallos se dividió nuevamente en dos, uno se colocó en contenedores con agua de la llave ( $H_{FII}$ ) y otro se envolvió en papel kraft y se guardó en bolsas negras de polietileno ( $S_{FII}$ ). Se obtuvieron cuatro tratamientos: a)  $S_{FI} + S_{FII}$ ; b)  $S_{FI} + H_{FII}$ ; c)  $H_{FI} + S_{FII}$ ; d)  $H_{FI} + H_{FII}$  que se almacenaron a  $1 \pm 1$  °C y 85 % de HR por 7 d (Fase II).

Al final del almacenamiento, de cada tratamiento, se utilizaron seis tallos para determinar la concentración de fenoles al primero y cuarto día. A los restantes se les hizo un recorte de 5 cm en la parte basal y se eliminó el follaje dejando 2 hojas trifoliadas y 3 pentafoliadas. Cada tallo se colocó en un florero con 250 mL de agua de la llave (unidad experimental) y se distribuyeron al azar en un cuarto con iluminación de  $10 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , fotoperiodo de 12 h y temperatura de  $20 \pm 3$  °C, se evaluó.

### Vida en florero

Se obtuvo cuantificando el número de días desde que los tallos se colocaron en el florero hasta la aparición de alguno de los siguientes síntomas de senescencia: puntos

necróticos en la periferia de los pétalos, pérdida de turgencia, doblamiento del cuello, caída de pétalos, amarillamiento o desprendimiento de hojas, incidencia de *Botrytis*.

### **Incidencia de *Botrytis***

Se determinó al día siete de la vida en florero mediante una escala visual que considera cuatro niveles de daño: 0) ausencia de síntomas visibles, 1) puntos necróticos en los pétalos (máximo 3 en un pétalo o 5 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 7.1). Los tallos que llegaban al nivel 3 se les consideraba como terminada su vida en florero aunque las hojas estuvieran turgentes.



**Figura 7. 1** Escala visual con niveles de incidencia de *Botrytis* en rosa 'Polar Star' y 'Samurai'.

### **Peso fresco (PF) y absorción de agua (AA)**

Los tallos florales se pesaron diariamente en forma individual en una balanza digital (Setra SI-20005, con 0.01 g de precisión) y se obtuvo el peso fresco en porcentaje con la ecuación:

$$PF = \frac{PF_n}{PF_0} \times 100$$

Dónde: PF = Peso fresco (%), PF<sub>n</sub> = peso fresco del tallo floral en el día 1, 2, 3, n; PF<sub>0</sub> = peso fresco del tallo floral en el día previo.

Además se pesó la solución de cada florero (sin el tallo), y se obtuvo la absorción de agua (AA) con la ecuación:

$$AA = \frac{(PS_n - 1) - PS_n}{P_{it}}$$

Dónde: AA = absorción de agua (mL g<sup>-1</sup>), PS<sub>n-1</sub> = peso de la solución en el día previo, PS<sub>n</sub> = peso de la solución en el día 1, 2, 3, n y Pit: peso inicial del tallo floral respectivo.

### **Número de estomas y apertura del poro estomático**

Se evaluaron al día 1 y 4 de vida en florero. Se obtuvieron impresiones epidérmicas de la segunda hoja pentafoliada. Entre las nervaduras se aplicó una capa de barniz cosmético transparente (Marca comercial "Vanity nails"), se dejó secar por 30 min, se desprendió la capa y se montó sobre un portaobjetos, con el lado de la impresión hacia el microscopio. Se tomaron fotografías, con el objetivo 6.3X de un fotomicroscopio (III, Carl Zeiss) con cámara digital para microscopia (PAXcam 3) integrada. Se cuantificó el número de estomas por milímetro cuadrado y se midió el área del poro estomático a partir de fotografías tomadas con el objetivo 40 X del mismo microscopio. La segmentación de los poros se realizó con el software libre GIMP, 2.8.4 y el área se obtuvo con Image tool (3.40) (Willcox *et al.*, 2002).

### **Unidades formadoras de colonia (UFC)**

Se evaluaron en el primer y cuarto día de vida en florero. Para cada cultivar se tomó por duplicado 1 mL de agua del florero de cada tratamiento, se consideró como control al agua de la llave sin tallo floral. Cada muestra se colocó en el centro de una placa para

recuentos de aerobios (Petrifilm 3M™), se incubaron a temperatura ambiente por 72 h y se realizó el conteo de UFC.

### **Número de vasos mm<sup>-2</sup>, diámetro y área de los elementos de vaso e índice de vulnerabilidad**

Las imágenes de los cortes transversales (Avitia, 1996) se procesaron con un fotomicroscopio (III, Carl Zeiss) con cámara digital para microscopía (PAXcam 3) integrada. De cada cultivar se seleccionaron 45 campos (15 por fracción de tallo) y se contó el número de vasos mm<sup>-2</sup> con el objetivo de 16 X. Para el diámetro y área de los elemento de vaso, la calidad de las imágenes se mejoró con el software libre GIMP, 2.8.4 y los valores se obtuvieron con “Image tool” (3.40) (Willcox *et al.*, 2002). El índice de vulnerabilidad se calculó con la ecuación propuesta por (Hacke *et al.*, 2001):

$$\text{Índice de vulnerabilidad} = \frac{\text{Diámetro del elemento de vaso}}{\text{número de elementos de vaso por mm}^2}$$

### **Contenido de fenoles totales**

Por el método de Folin-Ciocalteu descrito por Slinkard y Singleton, (1977). De la base de los tallos florales se tomaron 1 g de fracciones sin corteza, se introdujeron en nitrógeno líquido, se molieron, se almacenaron a -70 °C por una semana y se liofilizaron. La extracción se realizó en frío, a 0.2 g de muestra deshidratada, se le agregó 2.5 mL de etanol al 80 %, se agitaron por 30 min y se centrifugaron a 5000 rpm durante 15 min. Del sobrenadante se tomó una alícuota de 30 µL y se depositó en un tubo de ensayo conteniendo 470 µL de agua destilada, se agregaron 25 µL del reactivo de Folin-Ciocalteu, finalmente se agregaron 975 µL de carbonato de sodio al 2.5 %. El volumen final de 1.5 mL se incubó a temperatura ambiente (20 ± 3 °C) por 1 h. Cada muestra se leyó a 760 nm. La concentración de fenoles totales se obtuvo por interpolación con una curva de ácido gálico de 4 a 80 µg mL<sup>-1</sup>.

## Identificación de ácidos fenólicos por HPLC

La identificación de ácidos fenólicos se determinó por HPLC, Agilent Technologies (modelo 1100) equipado con bomba cuaternaria, inyector automático modelo 1200 y un detector de arreglo de diodos modelo 1100. La columna fue una nucleosil 100 Å de 125 x 4 mm. La fase móvil fue: A: H<sub>2</sub>O ajustada a pH 2.5 con ácido trifluoroacético (ATF) y B: acetonitrilo (ACN). El análisis fue por gradiente: 0.10 min (B = 15 %), 20 min (B = 35%), 23 min (B = 35 %). El flujo fue de 1 mL min<sup>-1</sup> y la temperatura de 30 °C. Se programó a una longitud de onda de 280 nm.

## Análisis estadístico

Para la vida en florero se realizó análisis de varianza de tres factores con tratamientos al azar (1. Cultivares de *Rosa hybrida*: “Polar Star” y “Samurai”; 2. Manejo seco o húmedo en la fase I; 3. Manejo seco o húmedo en la fase II). Para las variables que se evaluaron dos o más veces se hizo análisis de varianza de un factor con tratamientos al azar y comparación de medias (Tukey, 0.05) en cada tiempo de evaluación. Se utilizó el paquete estadístico SAS<sup>®</sup> 9.0 para Windows.

## 7.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Vida en florero

Los tallos de ‘Polar Star’ tuvieron vida mayor en florero (9.0 d) comparados con ‘Samurai’, que duró 7.1 d. En ‘Polar Star’, las condiciones de manejo en la primera fase no tuvieron efecto sobre la duración del tallo floral, pero el manejo húmedo en la fase II redujo 2 d su vida en florero. En forma contraria, en ‘Samurai’ el manejo seco en la primera y la segunda fase deberían evitarse, ya que su vida en florero disminuyó 1.5 d (Cuadro 7.1).

Los tallos florales de *Rosa hybrida* tienen vida mayor en florero cuando su manejo es seco que húmedo (Faragher, 1984; Mor, 1988; Ahmad *et al.*, 2012; Mosqueda *et al.*, 2012). En este caso, los tallos florales de ‘Polar Star’ almacenados secos (SS o HS) tuvieron vida mayor en florero (10.2 d) comparados con los que se almacenaron en condición húmeda (SH o HH), pues duraron 7.8 d. En ‘Samurai’ la respuesta fue opuesta; el almacenamiento seco redujo la vida en florero y el húmedo la incrementó (Cuadro 7.1).

**Cuadro 7. 1** Vida en florero en *Rosa hybrida* ‘Polar Star’ y ‘Samurai’ con manejo seco y húmedo antes (fase I) y durante el almacenamiento (fase II).

Tratamientos	Cultivares	
	‘Polar Star’	‘Samurai’
Promedio	9.0 ± 0.47 a	7.1 ± 0.35 b
Cultivar*Fase I		
S	8.95 ± 0.36 a	6.85 ± 0.31 b
H	9.05 ± 0.31 a	7.35 ± 0.24 a
Int C*FI		Ns
Cultivar*Fase II		
S	10.2 ± 0.25 a	6.15 ± 0.19 b
H	8.05 ± 0.25 b	7.80 ± 0.20 a
Int C*FII		**
Cultivar*FI*FII		
S <sub>FI</sub> +S <sub>FII</sub>	10.3 ± 0.26 a	5.7 ± 0.81 b
S <sub>FI</sub> +H <sub>FII</sub>	7.6 ± 0.51 b	8.0 ± 0.31 a
H <sub>FI</sub> +S <sub>FII</sub>	10.1 ± 0.31 a	6.5 ± 0.22 b
H <sub>FI</sub> +H <sub>FII</sub>	8.1 ± 0.35 b	8.1 ± 0.21 a
Int C*FI*FII		*

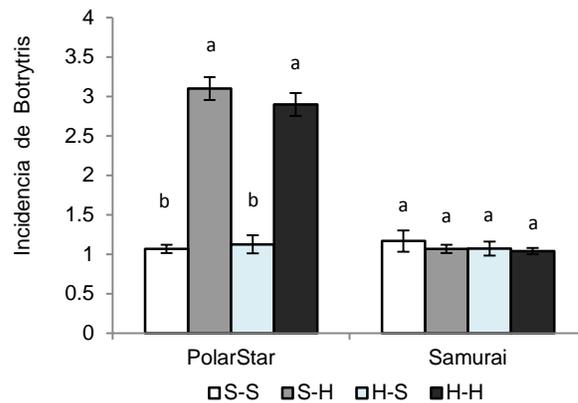
<sup>2</sup>Letras diferentes en cada columna y combinación indican diferencias significativas (Tukey, 0.05). S, seco; H, húmedo; FI, fase I; FII, fase II; ns, no significativo; \*, significativo al 5%; \*\*, significativo al 1 %.

En ambos cultivares, los tratamientos con vida mayor en florero se relacionaron con absorción mayor de agua y peso fresco más alto. En rosas de corte, los tallos que

mantienen por más tiempo su peso fresco tendrán vida en florero prolongada (Ichimura y Shimizu-Yumoto, 2007).

### Incidencia de *Botrytis*

Con almacenamiento húmedo (SH o HH), la vida en florero en ‘Polar Star’ está limitada por la incidencia de *Botrytis*, mientras que el manejo seco reduce significativamente su incidencia. En ‘Samurai’, el manejo postcosecha (seco o húmedo) no influye en la incidencia de *Botrytis* (Figura 7.2).

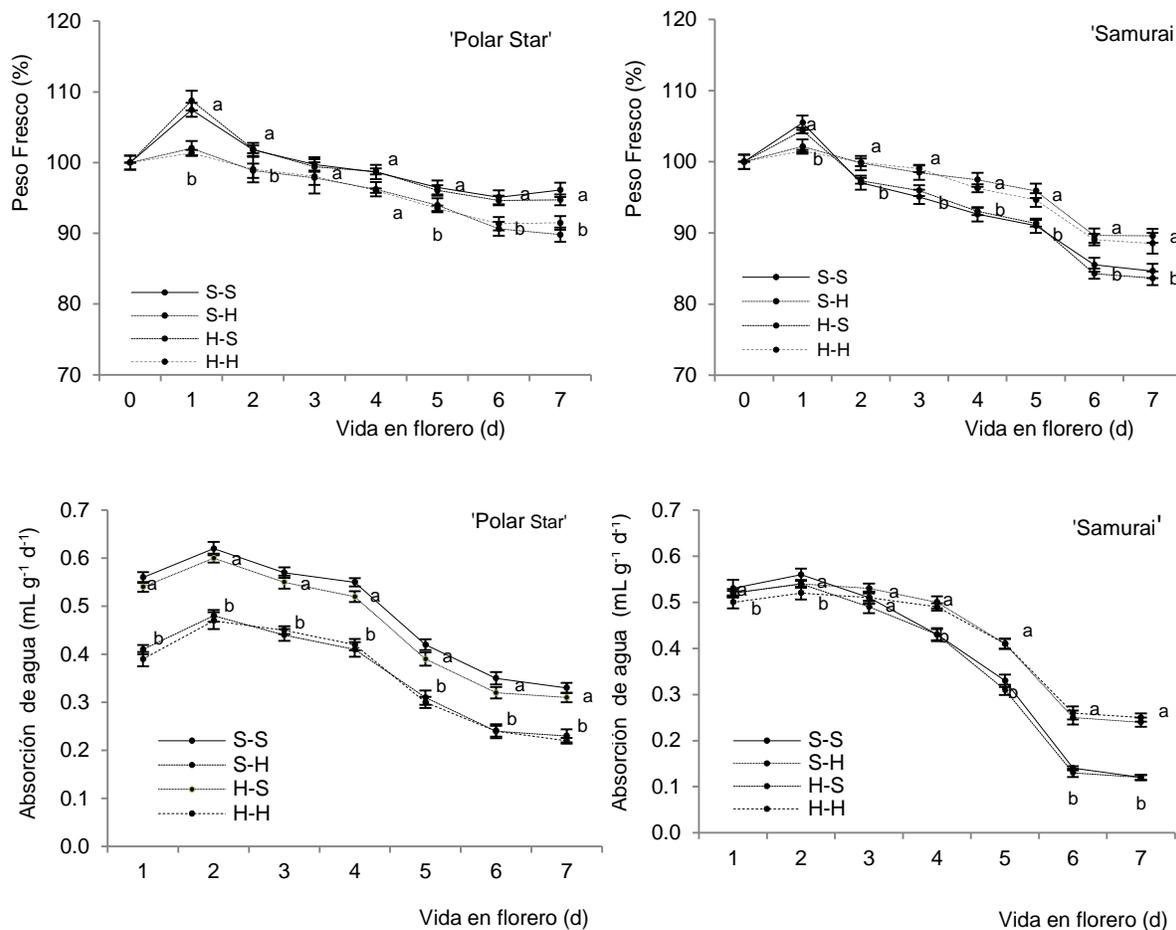


**Figura 7. 2** Incidencia de *Botrytis* en los tallos florales de rosa con manejo seco (S) y húmedo (H) en dos fases de la postcosecha. Cada barra representa el promedio de 10 repeticiones  $\pm$  error estándar. Letras diferentes en cada cultivar y tiempo de evaluación indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).

La germinación de los conidios de *Botrytis* depende de las condiciones de manejo postcosecha, los cambios de temperatura y de las características del cultivar, por ejemplo rosa “Avalanche” y “Aqua” son más tolerantes que “Red Naomi” pero aumentan su susceptibilidad con el tiempo de almacenamiento (Latorre y Rioja, 2002; Bayleyegn *et al.*, 2012; Harkema *et al.*, 2013). En este caso rosa ‘Polar Star’ respondió a las condiciones de manejo ya que con almacenamiento húmedo es sensible y con manejo seco en la segunda fase es tolerante, mientras que los tallos de ‘Samurai’ deben tener características que los hacen poco sensibles a la incidencia de *Botrytis*, sin importar las condiciones de manejo postcosecha.

## Peso fresco y absorción de agua

El primer día los tratamientos con manejo seco en la segunda fase de la postcosecha (SS o HS) tuvieron peso fresco mayor comparados con los de manejo húmedo. Después del primer día, el peso fresco disminuyó continuamente, los tallos florales de 'Polar Star' que se almacenaron en la condición seca (SS o HS) tuvieron más peso fresco que los almacenados en la condición húmeda (SH o HH). De manera opuesta, 'Samurai' tuvo más biomasa fresca con el almacenamiento húmedo (Figura 7.3).



**Figura 7. 3** Peso fresco y absorción de agua de *Rosa hybrida* 'Polar Star' y 'Samurai' con manejo seco (S) y húmedo (H) en dos fases de la postcosecha. Cada dato es el promedio de 10 repeticiones  $\pm$  error estándar. Letras diferentes en cada tiempo de evaluación indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).

Tallos florales de rosa “Red Vicer”, “Red Alfa” y “Opera” únicamente con manejo seco recuperaron y mantuvieron peso fresco mayor en comparación con los manejados en condiciones húmedas (Mosqueda *et al.*, 2012). Respuesta similar ocurrió en ‘Polar Star’ pero no en ‘Samurai’ (Figura 7.3).

Las flores de corte incrementan su peso fresco y luego lo disminuyen significativamente (Lu *et al.*, 2010; Alaei *et al.*, 2011); sin embargo, aquellas que lo mantengan por más tiempo, lograrán una vida en florero mayor (Ichimura y Shimizu-Yumoto, 2007). En este caso, los tallos de rosa ‘Polar Star’ con almacenamiento seco tuvieron 2.2 d más de vida en florero ya que mantuvieron por 7 d un peso fresco  $\geq 94$  %. En rosa ‘Samurai’ fueron los tallos con almacenamiento húmedo los que tuvieron peso fresco  $\geq 88$  % y 2.5 d más de vida en florero. Aunque los dos cultivares responden de manera opuesta al manejo postcosecha, en los tratamientos existe una relación directa entre el peso fresco, la absorción de agua y la vida en florero.

Los tallos de ‘Polar Star’ tuvieron absorción mayor de agua comparados con los de ‘Samurai’. Similar al peso fresco, los que se almacenaron en condiciones secas, para en caso de ‘Polar Star’ o en húmedas para ‘Samurai’, tuvieron mayor absorción de agua, corroborando la relación directa entre las dos variables. De La Cruz *et al.* (2014) mencionaron que los tallos florales de rosa ‘Polar Star’ almacenados en condiciones secas por 24 h, a temperatura ambiente ( $20 \pm 3$  °C), absorbieron más agua, en comparación con los de manejo húmedo, mientras que en “Samurai” la absorción fue mayor cuando los tallos se almacenaron en condición húmeda.

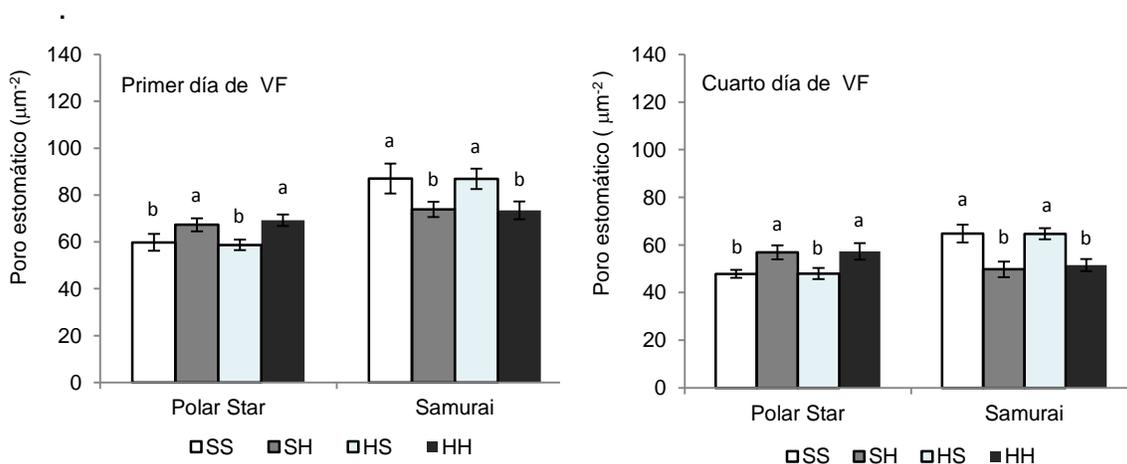
Con el manejo seco se genera estrés en el xilema, el potencial hídrico ( $\Psi$ ) disminuye y se estimula la absorción de agua (van Meeteren, 1978), mientras que el  $\Psi$  de los tallos que se mantienen hidratados es similar al de la solución, su absorción es más lenta y pierden peso rápidamente cuando se colocan en el florero (van Meeteren, 1978; Ahmad *et al.*, 2012). Esto ocurre en rosa ‘Polar Star’ pero no en ‘Samurai’, cuya menor absorción en los tallos con almacenamiento seco (SS o SH) podría explicarse por

oclusión de los conductos vasculares debido a la síntesis de compuestos que se sintetizan por la herida provocada en el sitio de corte.

### Número de estomas y apertura del poro estomático

‘Polar Star’ tiene 73.1 y ‘Samurai’ 66.8 estomas  $\text{mm}^{-2}$  sin diferencias significativas entre ellos. Hernández *et al.* (2009) reportan para rosa ‘Vega’ 57.6 y para ‘Grand Gala’ 60.4 estomas  $\text{mm}^{-2}$ . La densidad de estomas depende de la genética del cultivar y de las condiciones de crecimiento, sin embargo, el área del poro estomático puede variar rápidamente por efecto del tratamiento (Costa *et al.*, 2004; Fanourakis *et al.*, 2013).

Los tallos de rosa ‘Polar Star’ con manejo seco en la segunda fase de la postcosecha (SS o HS) tuvieron 13 % (al día 1) y 16 % (al día 4) menor apertura del poro estomático comparado con los que se almacenaron en húmedo que tuvieron una apertura promedio de 68 y 57  $\mu\text{m}^{-2}$  al día 1 y 4 respectivamente. De manera opuesta, los tallos de rosa ‘Samurai’ tienen menor apertura con almacenamiento húmedo que en seco (Figura 7.4).

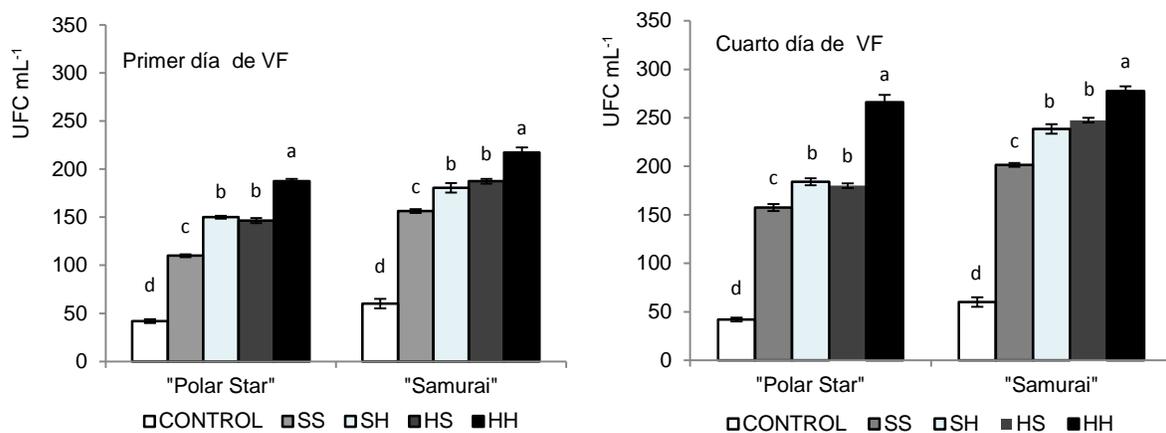


**Figura 7. 4** Apertura del poro estomático en tallos florales de dos cultivares de *Rosa hybrida* con manejo seco (S) y húmedo (H) en dos fases de la postcosecha. Cada barra representa el promedio de 15 repeticiones  $\pm$  error estándar. Letras diferentes en cada cultivar y tiempo de evaluación indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).

El área menor del poro estomático se relaciona directamente con la disminución de la tasa transpiratoria y el aumento en la hidratación de los tejidos (Taiz y zeiger, 2010). Entre cultivares, 'Polar Star' tiene menor apertura estomática, lo cual podría explicar el su alto peso fresco y mayor vida en florero comparado con 'Samurai'. Por tratamientos, aquellos que tuvieron menor apertura mantuvieron por más tiempo su peso fresco y su vida de florero fue más prolongada.

### Unidades formadoras de colonia (UFC mL<sup>-1</sup>)

En ambos tiempos de evaluación, el número de UFC mL<sup>-1</sup> fue menor en la solución 'Polar Star' comparada con la de 'Samurai'. Los tallos que en ambas fases de la postcosecha (HH) se manejaron en conción húmeda tuvieron el número mayor de UFC mL<sup>-1</sup> y los de manejo seco (SS) el menor (Figura 7.5).



**Figura 7. 5** Unidades formadoras de colonia en la solución de tallos florales de *Rosa hybrida* con manejo seco (S) y húmedo (H) en dos fases de la postcosecha. Cada barra representa el promedio de 2 repeticiones ± error estándar. Letras diferentes en cada cultivar y tiempo de evaluación indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).

El número de UFC en la solución del florero correlaciona positivamente con su presencia en la parte basal de los tallos. *Rosa hybrida* es una especie sensible a la presencia de microorganismos que reducen la absorción de agua y vida de florero (van Doorn y de Witte, 1991; Bleeksma y van Doorn, 2003; Arévalo *et al.*, 2012).

Concentraciones de  $10^7$  UFC mL<sup>-1</sup> disminuyen la conductividad hídrica y vida de florero de rosa ‘Sonia’, mientras que la oclusión del flujo hídrico ocurre cuando en la parte basal del tallo floral el número de bacterias es igual o superior que  $10^8$  UFC mL<sup>-1</sup> (de Witte y van Doorn, 1988; Bleeksma y van Doorn, 2003). En las soluciones de florero evaluadas, la cantidad de bacterias fue menor que  $10^7$  UFC mL<sup>-1</sup>. Sin embargo, la menor cantidad de bacterias en la solución de ‘Polar Star’ y la apertura del poro estomático más pequeña contribuyeron a una mayor absorción de agua y mejor hidratación de los tallos florales comparado con los de ‘Samurai’ cuya concentración de bacterias en la solución del florero parece limitar la absorción de agua.

### Número de vasos mm<sup>-2</sup>, diámetro y área de los elementos de vaso e índice de vulnerabilidad

En la base de los tallos florales de 50 cm de longitud, los dos cultivares tuvieron similar área (635  $\mu\text{m}^2$ ), diámetro (36  $\mu\text{m}$ ) y número de vasos (165  $\mu\text{m}^{-2}$ ). El índice de vulnerabilidad fue menor que 1.0 (Cuadro 7.2).

**Cuadro 7. 2** Características de los vasos, en la base de tallos florales de *Rosa hybrida* cvs. Polar Star y Samurai analizados en corte transversal. Cada dato es el promedio de 45 repeticiones.

Rosa	No Vasos mm <sup>-2</sup>	Área de vasos ( $\mu\text{m}^2$ )	Diámetros de vasos	IV
Polar Star	155.13 a	647.88 a	35.93 a	0.25 a
Samurai	174.69 a	623.52 a	36.49 a	0.22 a
DMS	24.12	103.90	3.49	0.04
CV	31.12	34.76	20.30	38.06

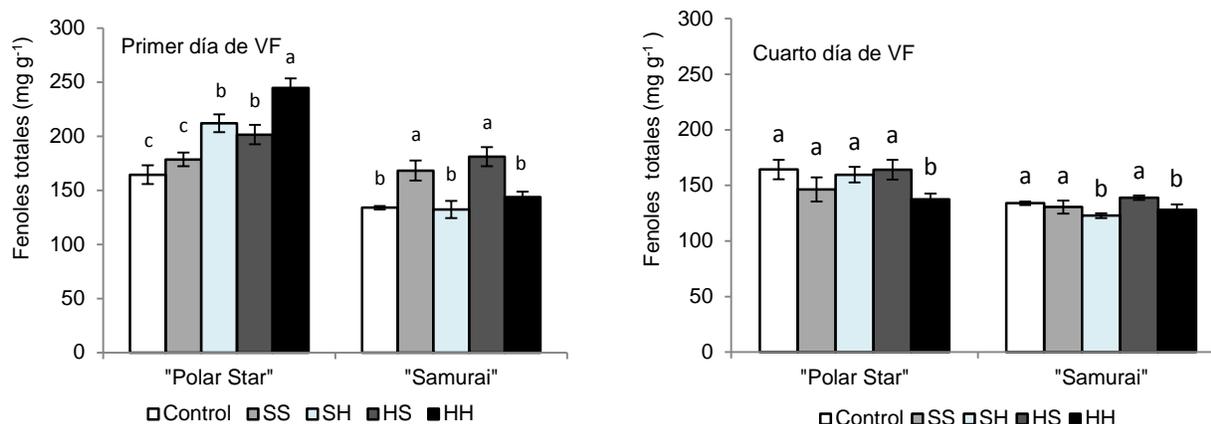
<sup>a</sup>Valores seguidos por letras iguales, en cada columna, indican no hubo diferencias significativas (Tukey, 0.05). DMS, diferencia mínima significativa, CV, coeficiente de variación; IV, índice de vulnerabilidad.

Hernández *et al.* (2009) mencionan que el diámetro de los vasos en rosa ‘Grand Gala’ es de 13.3 a 39.3  $\mu\text{m}$  y rosa ‘Vega’ de 14.1 a 67  $\mu\text{m}$ . Similar a los de rosa ‘Polar Star’ y ‘Samurai’ (36  $\mu\text{m}$ ). Vasos con diámetros mayores de 75  $\mu\text{m}$  pueden contribuir a la formación de embolismo durante periodos de estrés, lo cual conlleva a que la conductividad hídrica y vida de florero disminuyan (Margrave *et al.*, 1994; Nijse *et al.*,

2001). Ninguno de estos cultivares tuvo vasos mayores de 75  $\mu\text{m}$ , es decir, son poco susceptibles al embolismo por la formación de burbujas de aire. El índice de vulnerabilidad menor que 1.0 indica que están adaptados a condiciones de estrés y son más resistentes al embolismo comparado con especies o cultivares que tienen un IV mayor que 1.0 (Carlquist, 1977). De acuerdo a esto, las características de los vasos no limitan la conductividad hídrica en ninguno de los dos cultivares. Sin embargo, el grosor de las punteaduras de membrana puede variar de 0.07 a 1.8  $\mu\text{m}$  entre especies o cultivares (Jansen *et al.*, 2009). Estas variaciones alteran la porosidad y modifican la conductividad hídrica lateral. Es posible que en rosa 'Polar Star' las punteaduras de membrana sean más delgadas y porosas, lo cual explicaría su mayor flujo de agua, peso fresco y vida de florero comparado con 'Samurai' ya que ambos cultivares tiene características de los vasos similares.

### **Contenido de fenoles totales**

En el primer día, el contenido de fenoles totales en los tallos de rosa 'Polar Star' con almacenamiento húmedo fue significativamente mayor (244.53  $\text{mg g}^{-1}$ ) que en el control y los que se almacenaron en condición seca (167  $\text{mg g}^{-1}$ ). En rosa 'Samurai' la respuesta fue inversa, es decir, los tallos que se almacenaron en húmedo tuvieron menor contenido de fenoles (175  $\text{mg g}^{-1}$ ) comparado con el control o los que se mantuvieron en seco durante el almacenamiento (135  $\text{mg g}^{-1}$ ). Para el cuarto día, el contenido de de fenoles disminuyó en ambos cultivares. In embargo, los tallos de 'Samurai' con almacenamiento húmedo mantuvieron los menores contenidos (Figura 7.6).



**Figura 7. 6** Concentración de fenoles totales en tallos florales de dos cultivares de *Rosa hybrida* con manejo seco (S) y húmedo (H) en dos fases de la postcosecha. Cada barra representa el promedio de tres repeticiones  $\pm$  error estándar. Letras diferentes en cada cultivar y tiempo de evaluación indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).

El estrés por daño mecánico propicia la síntesis de enzimas de pared celular, peroxidadas, catecoloxidasas, polifenoloxidasas y fenilalanina amonio liasas (PAL), relacionadas con la formación de compuestos fenólicos y suberinas que obstruyen el flujo de agua en los vasos del xilema (van Doorn y Cruz, 2000; van Doorn y Vaslier, 2002). En *Strelitzia reginae* las peroxidadas y polifenoloxidasas están involucradas en la disminución del flujo hídrico. Los tallos florales de *Rosa hybrida* cvs. 'Polar Sar' y 'Samurai' que tuvieron mayor contenido de fenoles absorbieron menor cantidad de agua y tuvieron vida menor en florero, lo cual sugiere que estos compuestos están involucrados en la disminución de la conductividad hídrica (Figuras ¿?. En *Grevillea* 'Crimson Yul-lo', la aplicación de S-carbone (0.32 y 0.64 mM), que inhibe la la síntesis de fenoles y suberinas, incrementa su flujo hídrico y vida de florero (He *et al.*, 2006) sugiriendo que procesos fisiológicos relacionados con la sinteis de compuestos fenólicos pueden estar relacionados con la disminución de la absorción de agua en 'Polar Star' y 'Samurai'.

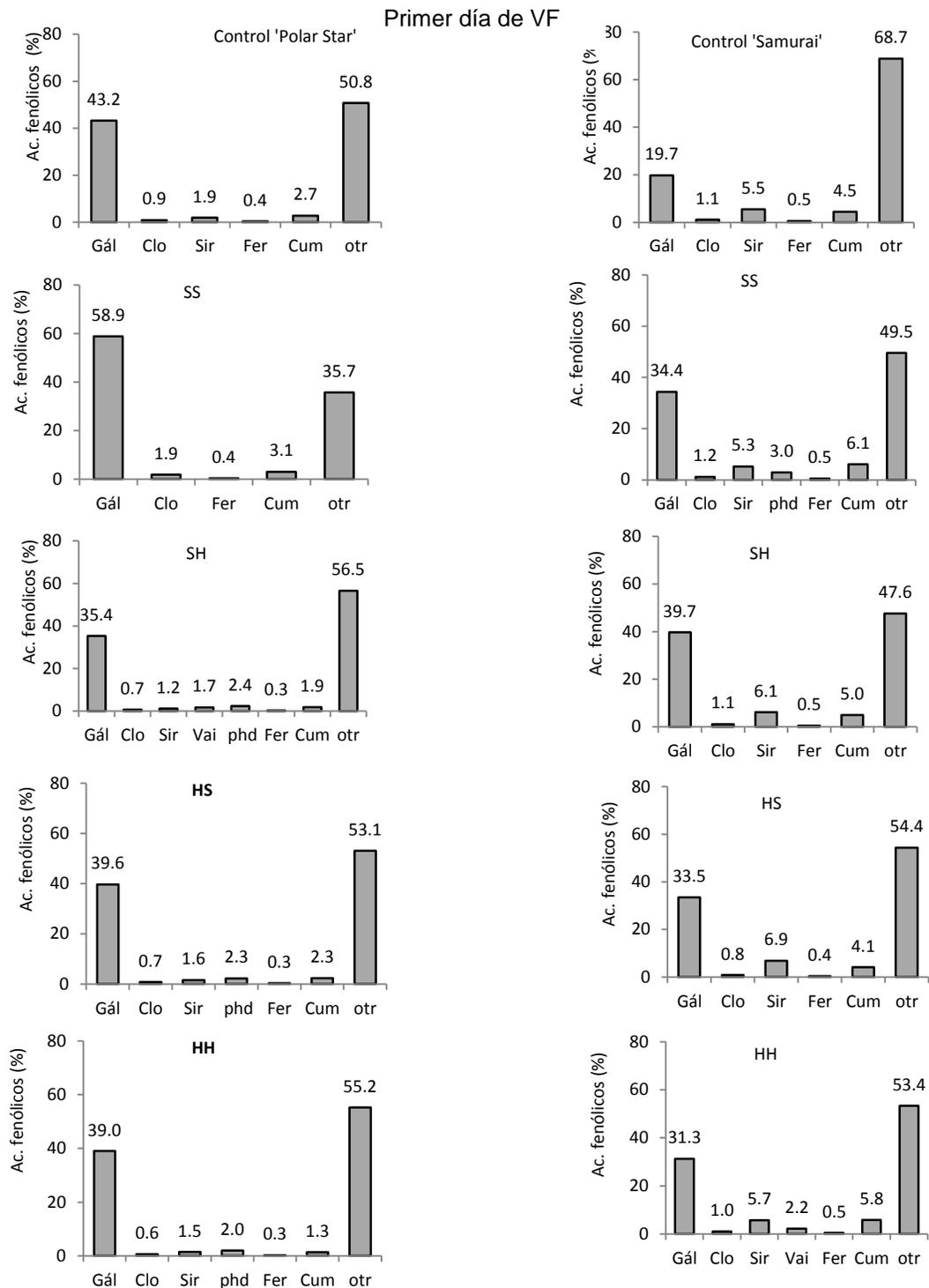
En rosa 'Polar Star' y 'Samurai', la mayor síntesis de compuestos fenólicos ocurrió durante el almacenamiento (primer día de VF), lo cual indica que los procesos fisiológicos que ocurran durante este periodo determinarán el flujo hídrico durante la

vida de florero ya que la síntesis de compuestos fenólicos que se activa como respuesta al corte parece ser muy rápida. En tallos de geranio, la suberina se forma 24 h después del corte (Bleeksma y van Doorn, 2003).

### **Identificación de ácido fenólicos**

En las porciones basales de los tallos de rosa se lograron identificar siete ácidos fenólicos, gálico, clorogénico, siríngico, vainillínico, *p*-hidroxibenzoico, ferúlico y cumárico. En ambos cultivares, el ácido gálico fue el compuesto más abundante, 91.9 mg g<sup>-1</sup> en 'Polar Star' y 54.3 mg g<sup>-1</sup> en 'Samurai'. Por tratamientos, al día 1 y 4, los tallos de 'Polar Star' almacenados en seco (SS) incrementaron 17 % su concentración de ácido gálico con respecto al control que tuvo 71.03 mg g<sup>-1</sup>. El ácido *p*-hidroxibenzoico (2.3 %) y el cumárico (3.1 %) fueron los más abundantes en los tallos con manejo seco en la segunda fase (HS y SS respectivamente). El resto de los ácidos fenólicos tuvieron una concentración ≤ 2 % (Figura 7.7). Lo contrario se presentó en rosa 'Samurai', la concentración de ácido gálico se incrementó ≈ 15 %, en todos los tratamientos, con respecto al control que tuvo 26.4 mg g<sup>-1</sup>. La concentración de ácido siríngico fue de 6 % y la de cumárico de 5 % (Figura 7.7).

En rosa 'Polar Star' el primer día la concentración de fenoles totales presentó más ácido gálico, *p*-hidroxibenzoico y cumárico. Mientras que en 'Samurai', el ácido gálico, siríngico y cumárico contribuyeron en mayor medida a la cantidad de fenoles totales.



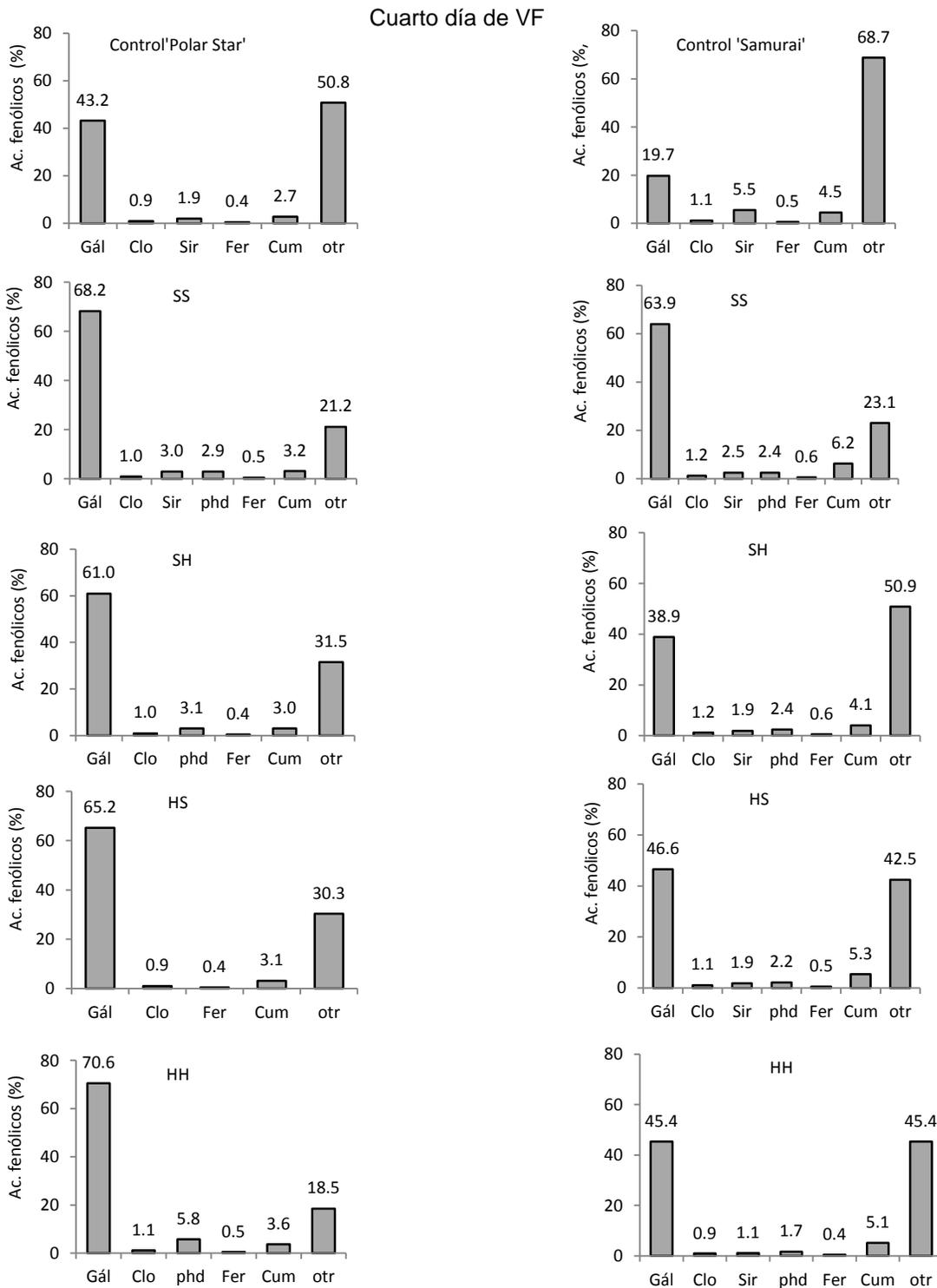
**Figura 7. 7** Concentración de ácidos fenólicos, al día 1 de vida en florero, en *Rosa hybrida*. Gál, gálico; Clo, clorogénico; Sir, siríngico; Vai, Vainillinico; phd, p-hidroxibenzoico; Fer, ferrúlico; Cum, Cumárico; otr, otros; S, manejo seco; H, húmedo.

En rosa 'Polar Star' la concentración de ácido gálico se incrementó a  $\approx 65$  % en todos los tratamientos del primero al cuarto día. Además del gálico el *p*-hidroxibenzóico ( $6.5 \text{ mg g}^{-1}$ ) y el cumárico ( $4.5 \text{ mg g}^{-1}$ ) fueron los que se encontraron en mayor cantidad en los tallos con manejo húmedo en las dos fases de la postcosecha (HH). Estos ácidos contribuyen con  $\approx 74.4$  % del total de fenoles presentes al cuarto día de vida en florero (Figura 7.8).

En los tallos de 'Samurai' que se hidrataron en alguna fase de la postcosecha (SH, HS o HH), el ácido gálico se incrementó a 42 % con respecto al control ( $26.4 \text{ mg g}^{-1}$ ) y los ácidos siríngico, *p*-hidroxibenzóico y cumárico aparecen con porcentajes de 2.0, 2.2 y 5.1 % respectivamente (Figura 7.7 y 7.8). Estos cuatro ácidos fenólicos juntos aportan  $\approx 51.3$  % del total de compuestos fenólicos en este cultivar.

El ácido gálico es un intermediario temprano en la vía del ácido shiquímico, puede encontrarse en forma libre o combinado con azúcares (galotanino). El ácido siríngico también se le llama ácido gálico 3,5-dimetil-eter. Mientras que el ácido cumárico deriva de la fenilalanina teniendo como intermediario al ácido cinámico. Es decir, aparece en etapas más tardías al igual que el ácido *p*-hidroxibenzoico que se forma a partir del ácido cumárico. Todos los ácidos fenólicos son compuestos con al menos un grupo carboxilo y un OH fenólico, son derivados hidroxilados del ácido benzoico y pueden encontrarse en forma libre o conjugada formando ésteres o glucósidos (Maeda y Dudareva, 2012) y están involucrados en la suberización de los tejidos (Bernards y Lewis, 1998). La suberina es un material hidrofóbico que se adhiere a las paredes celulares de los vasos y disminuye el flujo hídrico (Kolattukudy 1981). En las punteaduras de los vasos se han encontrado compuestos similares al ácido cinámico (van Doorn y Cruz, 2000).

En esta investigación se corroboró que, los compuestos fenólicos localizados en la base de los tallos florales tienen un efecto negativo en la hidratación de los tejidos, ya que los tratamientos con mayor concentración de fenoles totales tuvieron menor absorción de agua y menor vida de florero. Este efecto fue más notorio en rosa 'Samurai'.



**Figura 7. 8** Concentración de ácidos fenólicos, al día 4 de vida en florero, en *Rosa hybrida*. Gál, gálico; Clo, clorogénico; Sir, siríngico; Vai, Vainillinico; phd, p-hidroxibenzoico; Fer, ferrúlico; Cum, Cumárico; otr, otros; S, manejo seco; H, húmedo

## 7.6 CONCLUSIONES

Las características de los vasos no tienen efecto en la conductividad hídrica pero disminuyen el riesgo de cavitación en ambos cultivares.

La apertura menor del poro estomático contribuye a la hidratación mayor y vida en floreo más prolongada.

La incidencia de *Botrytis* se incrementa cuando los tallos de rosa 'Polar Star' se almacenan en condición húmeda, 'Samurai' es poco sensible.

La vida de florero de 'Polar Star' depende de las condiciones de manejo, la acumulación de compuestos fenólicos en la base del tallo, la apertura del poro estomático, de la concentración de bacterias en la solución y de la incidencia de *Botrytis*. En 'Samurai', la vida en floreo está influenciada por las condiciones de manejo y la acumulación de compuestos fenólicos principalmente.

Para incrementar la calidad y vida en florero, los tallos de rosa 'Polar Star' se pueden manejar en condición húmeda o seca en la fase I, pero durante la fase II se deben manejar en condición seca. Contrario a rosa 'Samurai' que no tolera el manejo seco.

## 7.7 LITERATURA CITADA

- Ahmad I., Dole J.M., Amjad A., Ahmad S. 2012. Dry Storage Effects on Postharvest Performance of Selected Cut Flowers. *HorTechnology* 22:463-469.
- Alaey M, Babalar M., Naderi R., Kafi M. 2011. Effect of pre and postharvest salicylic acid treatment on physio-chemical attributes in relation to vase-life of rose cut flowers. *Postharvest Biology and Technology* 61:91-94.
- Arévalo G.L., García O.C., Rosas S.G.H. 2012. Factores que afectan la vida de florero en flores de corte. *Agroproductividad* 5(3):28-35.

- Avitia G.E. 1996. Anatomía precigótica y postcigótica en relación al aborto de óvulos y semillas en *Spondias purpurea* L. (Tesis de doctorado). Colegio de Posgraduados Campus Montecillo. Texcoco, México.
- Bayleyegn A., Tesfaye B., Workneh T.S. 2012. Effects of pulsing solution, packaging material and passive refrigeration storage system on vase life and quality of cut rose flowers. *African Journal of Biotechnology* 11(16):3800-3809.
- Bernards M.A., Lewis N.G. 1998. The macromolecular aromatic domain in suberized tissue: a changing paradigm. *Phytochemistry* 47:915-933.
- Bleeksma H.C., van Doorn W.G. 2003. Embolism in rose stems as a result of vascular occlusion by bacteria. *Postharvest Biology and Technology* 29:334-340.
- Carlquist S. 1977. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. *Amer. J. Bot.* 64(7): 887-896.
- Costa M.A., Almeida P.C., Mourao W.A.B, Mendes F.A., Rodríguez A.P. 2004. Stomatal analysis of citrus somatic hybrids obtained by protoplast fusion. *Pesq. Agrop. Bras.* 39:297-300.
- da Silva V.M.R., Guimaraes S.C.M., Vacaro S.A., de Alencar P.R., Ferreira Silva L. 2013. Physiological blockage in plants in response to postharvest stress. *African Journal of Biotechnology* 12(11):1168-1170.
- De la Cruz, G.G., Arévalo, G.L. y Lao, A.T. 2014. Almacenamiento seco a temperatura ambiente de siete cultivares de *Rosa hybrida*. VI Jornadas Ibéricas de Horticultura Ornamental. 68:157-164.
- de Witte Y., van Doorn. 1988. Identification of Bacteria in the Vase Water of Roses, and the Effect of the Isolated Strains on Water Uptake. *Scientia Horticulturae* 35:285-291.
- Espino S., Schenk H.J. 2011. Mind the bubbles: Achieving stable measurements of maximum hydraulic conductivity through woody plant samples. *J. Expt. Bot.* 62:1119-1132.
- Fanourakis D., Pieruschkaa R., Savvides A., Macnish A.J., Sarlikioti V., Woltering E.J. 2013. Sources of vase life variation in cut roses: A review. *Postharvest Biology and Technology* 78:1-15.

- Faragher J.D., Mayak S., Tirosh T., Halevy A.H. 1984. Cold storage of rose flowers: Effects of cold storage and water loss on opening and vase life of 'Mercedes' roses. *Scientia Horticulturae* 24:369-378.
- Hacke U.G., Sperry J., Pockman W.T., Davis S.D., McCulloh K.A. 2001. Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. *Oecologia* 126: 457-461.
- Harkema H., Mensink M.G.J., Somhorst D.P.M., Pedreschi R.P., Westra E.H. 2013. Reduction of *Botrytis cinerea* incidence in cut roses (*Rosa hybrida* L.) during long term transport in dry conditions. *Postharvest Biology and Technology* 76:135-138.
- He S., Joyce D.C., Irving D.E., Faragher J.D. 2006. Stem end blockage in cut *Grevillea* 'Crimson Yul-lo' inflorescences. *Postharvest Biology and Technology* 41(1):78-84.
- Hernández H.F., Arévalo G.L., Colinas L.T., Zavaleta M.A., Valdés C.J. 2009. Diferencias anatómicas y uso de soluciones de pulso en dos cultivares de rosa (*Rosa* sp.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15(2):11-16.
- Ichimura K, Kawabata Y, Kishimoto M, Goto R., Yamada K. 2002. Variation with cultivar in the vase life of cut rose flowers. *Bull. Natl. Inst. Flor. Sci.* 2:9-20.
- Ichimura K., Shimizuko-Yumoto H. 2007. Extension of the vase life of cut roses by treatment with sucrose before and during simulated transport. *Bull National Institute Florida Science* 7:17-27.
- Jansen S., Choat B., Pletsers A. 2009. Morphological variation of intervessel pit membranes and implications to xylem function in angiosperms. *Amer. J. Bot.* 96: 409–419.
- Jedrzejuk A., Rochala J., Zakrzewski J., Rabiza J.S. 2012. Identification of xylem occlusions occurring in cut clematis (*Clematis* L., fam. Ranunculaceae Juss.) stems during their vase life. *The Scientific World Journal* 2012:1-12.
- Kolattukudy P E., 1981. Structure, biosynthesis, and biodegradation of cutin and suberin. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 32(1):539-567.
- Latorre B.A., Rioja M.E. 2002. Efecto de la temperatura y de la humedad relativa sobre la germinación de conidios de *Botrytis cinerea*. *Ciencia e investigación agraria* 29(2):67-71.

- Lu P., Cao J., He S., Liu J., Li H., Cheng G., Ding Y., Joyce D. C. 2010. Nano-silver pulse treatments improve water relations of cut rose cv. 'Movie' Star flowers. *Postharvest Biology and Technology* 57:196-202.
- Macnish A.J., Theije D.D., Reid, M.S., Jian C.Z. 2009. An alternative postharvest handling strategy for cut flowers dry handling after harvest. *Acta Horticulturae*, 847: 215-222.
- Maeda H, Dudareva N. 2012. The shikimate pathway and aromatic amino acid biosynthesis in plants. *Annu Rev Plant Biol* 63:73-105.
- Margrave K.R., Kollb K.J., Ewers F.W., Davies S.D. 1994. Conduct diameter and drought-induce embolism in *Salvia mellifera* (Labiatae). *New Phytologist* 126:695-705.
- Mor Y. 1988. Long term sotorage of roses. *Acta Horticulturae*. 261:271-279.
- Mosqueda L.G, Arévalo G. L., Valdovinos P. G., Rodríguez P.E., Colinas L.T. 2012. Manejo y almacenamiento en seco y húmedo de cuatro cultivares de rosa de corte. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18(3):317-323.
- Mosqueda L.G., Arévalo G.L., Valdovinos P.G., Rodríguez P.J., Colinas L.T. 2011. Época de corte y manejo de ocho cultivares de rosa de corte. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3:591-602.
- Nijse J., Van Der Heijden G.W., Van Ieperen W., Keijzer C.J., Van Meeteren U. 2001. Xylem hydraulic conductivity related to conduit dimensions along chrysanthemum stems. *Journal of Experimetal Botany* 52(35):319-327.
- Slinkard K., Singleton V.L. 1977. Total phenol analysis: Automation and comparison with manual methods. *Am. J. Enol. Vitic.* 28: 49-55.
- Taiz L., Zeiger E. 2010. *Plant Physiology*. Second edition. Sinauer associates, inc, publishers. Sunderland Massachusetts, U.S.A. 792 p.
- van Doorn W G., Vaslier N. 2002. Wounding-induced xylem occlusion in stems of cut chrysanthemum flowers: roles of peroxidase and catechol oxidase. *Postharvest Biol. Technol.* 26: 275-284.
- van Doorn W.G., Cruz P. 2000. Evidence for a wounding-induced xylem occlusion in stems of cut chrysanthemum flowers. *Postharvest Biology and Technology* 19:73-83.

- van Doorn W.G., de Witte Y. 1991. Effect of dry storage on bacterial counts in stems of cut rose flowers. *HortScience* 26(12):1521-1522.
- van Doorn W.G., Reid M.S. 1995. Vascular occlusion in stems of cut rose flowers exposed to air: Role of xylem anatomy and rates of transpiration. *Physiol. Plantarum* 93:624-629.
- van Meeteren U. 1978. Water relations and keeping-quality of cut Gerbera flowers. The cause of stem break. *Scientia Horticulturae* 8:65-74.
- van Meeteren U., Arévalo G.L. 2009. Obstruction of water uptake in cut chrysanthemum stems after dry storage: Role of wound-induced increase in enzyme activities and air emboli. *Acta Hort.* 847:199-206.
- van Meeteren U., Van Gelder H., van Ieperen W. 1999. Reconsideration of the use of deionized water as vase water in post-harvest experiments on cut flowers. *Postharvest Biology and Technology* 17: 175-187.
- Willcox D., Dove B., McDavid D., Greer D. UTHSCSA. 2002. Image Tool for Windows ver. 3.0. USA: The University of Texas Health Science Center in San Antonio, U.S.A. 275 p.
- Zimmerman M H. 1983. *Xylem structure and the ascent of sap*. Springer series in wood science. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.143 p.
- Zimmermann M.H. 1978. Hydraulic architecture of some diffuse-porous trees. *Can. J. Bot.* 56:2286–2295.

## CAPITULO VIII.CONCLUSIONES GENERALES

Cada cultivar de *Rosa hybrida* tiene un punto índice de cosecha que evita fallas en la apertura y se relaciona con vida de florero mayor. Sin embargo, algunos cultivares como 'Topaz' y 'Engagement' pueden cosecharse en estados mas tempranos sin detrimento en su vida de florero.

La respuesta a las condiciones de manejo es propia de cada cultivar, por ejemplo rosa 'Samurai' no tolera el manejo seco ya que su corta vida de floreo (7 d) disminuye aún más cuando los tallos florales se almacenan en seco.

En los otros cultivares, los tallos florales pueden manejarse en seco o en húmedo durante la primera fase de la postcosecha, pero en la segunda el manejo de hacerse en seco para mantener la calida e incrementar la vida de florero. Concluyendo que el manejo seco incrementa la absorción de agua, se mantiene el peso fresco y mejora la vida de florero. La incidencia de *Botrytis* y el número de unidades formadoras de colonia en la solución del florero disminuyen.

El control estomático es mayor con manejo seco ya que la apertura del poro disminuye como una medida para mantener la hidratación del tallo floral.

La concentración de fenoles y el manejo seco o húmedo influyen en la absorción de agua en rosa 'Polar Star' y 'Samurai'.

Las características anatómicas no tienen influencia del la absorción de agua pero en índice de vulnerabilidad bajo (0.22) indican que los tallos están adaptados al estrés y son resistentes a la cavitación.

## **ANEXO I. PUBLICACIONES**

1. De La Cruz G.G., Arévalo G.L., Peña V.C., Castillo G.A.M., Colinas L.T., Mandujano P.M. 2015. Influencia del índice de cosecha en la vida de florero de siete cultivares de Rosa hybrida. Agroproductividad 8(2):3-11.

# AP AGRO PRODUCTIVIDAD

ISSN-0188-7394



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS  
CONACYT DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

## Influencia del índice de cosecha en la vida de florero de siete cultivares de *Rosa hybrida*

pág. 3

Año 8 • Volumen 8 • Número 2 • marzo-abril, 2015

FENOLOGÍA Y FISIOLÓGIA DE ILAMA ( <i>Annona diversifolia</i> Saf.)	12
DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PARAMETRIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LIMA PERSA ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka) PARA EL CONTROL DE CALIDAD	20
EVALUACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE AUXINAS EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE <i>Jatropha curcas</i> L.	26
TÉCNICA PARA PRODUCIR HÍBRIDOS EN NOCHEBUENA ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex Klotzsch)	32
IDENTIFICACIÓN DE HONGOS ARBUSCULARES EN CULTIVOS DE LIMÓN MEXICANO ( <i>Citrus aurantifolia</i> ) TRANSGÉNICO	38
RENTABILIDAD DE LA REPRODUCCIÓN DE ENEMIGOS NATURALES DE ÁCAROS DEL PAPAYO ( <i>Carica papaya</i> L.)	44

y más artículos de interés...

PRECIO AL PÚBLICO \$75.00 PESOS



# INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE COSECHA EN LA VIDA DE FLORERO DE SIETE CULTIVARES DE *Rosa hybrida*

## INFLUENCE OF HARVEST INDEX ON THE VASE LIFE OF FIVE *Rosa hybrida* CULTIVARS

De la Cruz-Guzmán, G.H.<sup>1,3</sup>; Arévalo-Galarza, M de L.<sup>1,4\*</sup>; Peña-Valdivia, C.B.<sup>1</sup>; Castillo-González, A.M.<sup>2</sup>; Colinas-León, M.T.<sup>2</sup>; Mandujano-Piña, M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, México. <sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5, Carretera México-Texcoco, Chapingo, México. <sup>3</sup>Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, Av. de los Barrios No. 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México. <sup>4</sup>Línea Prioritaria de Investigación en Inocuidad Calidad de Alimentos y Bioseguridad del Colegio de Postgraduados (LPI-7)

\*Autor responsable: larevalo@colpos.mx

### RESUMEN

Uno de los principales problemas en la comercialización de flor cortada es falta de apertura floral debido a que se desconoce el estado de madurez adecuado para la cosecha. El objetivo de este estudio fue determinar el índice de cosecha óptimo para mejorar la apertura y vida en florero de tallos florales de siete cultivares de *Rosa hybrida* mantenidos en agua o en solución Chrysal clear<sup>®</sup>. Se cosecharon 16 tallos florales con tres índices de cosecha para análisis en laboratorio separándolos en dos grupos; uno se colocó en agua de la llave (T1) y otro en solución Chrysal clear<sup>®</sup> (T2). La unidad experimental fueron dos tallos florales colocados en un florero con 270 mL de agua o solución. Los floreros se distribuyeron al azar en una habitación con iluminación de  $10 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , fotoperiodo de 12 h y temperatura de  $23 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ . Los tallos se recortaron al cuarto día, al grupo T1 se le cambió el agua, el grupo T2 se conservó sin cambio de solución. Se evaluó el diámetro inicial y final de la flor, tasa de absorción de agua; peso seco y vida en florero. Los tallos del cv. Polar Star presentaron la apertura floral mayor y los botones de 'Samurai' y 'Freedom' tuvieron la apertura menor. Los tallos de 'Engagement' y 'Topaz' en los tres índices de corte presentaron apertura floral superior a 70%. Los demás cultivares deben cosecharse en el índice dos como mínimo. 'Polar Star' tuvo la mayor vida en florero (12.4 d) y la menor se registró en 'Freedom' y 'Samurai' (7.3 d). La solución de Chrysal clear<sup>®</sup> no modificó la apertura floral, sin embargo, incrementó el peso fresco, vida en florero, y mejoró la apariencia. El punto de corte de todos los cultivares que se relaciona con el peso fresco mayor y mejor vida en florero es el índice de cosecha dos.

**Palabras clave:** Apertura floral, peso fresco, punto de corte, solución hidratante, vida postcosecha.

### ABSTRACT

One of the main problems in marketing of cut flowers is the lack of floral opening because the appropriate state of maturity for harvesting is unknown. The objective of this study was to determine the optimal harvest index in order to enhance the opening and vase life of floral stems of seven *Rosa hybrida* cultivars kept in water or Chrysal Clear<sup>®</sup> solution. Sixteen floral stems were harvested with three harvest indexes for their analysis in the laboratory, and they were separated into two groups; one was placed in tap water (T1) and another in Chrysal Clear<sup>®</sup> solution (T2). The experimental unit was two floral stems placed in a vase with 270 mL of water or solution. The vases were distributed randomly in a room with illumination of  $10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , photoperiod of 12 h and temperature of  $23 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ . The stems were cut on the fourth day, the water in group T1 was changed, and group T2 was kept without changing the solution. The initial and final diameter of the flower was evaluated, as well as the water absorption rate, live weight and vase

life. The stems of cv. Polar Star presented the greatest floral opening, and the buds of 'Samurai' and 'Freedom' had the smallest opening. The 'Engagement' and 'Topaz' stems in the three harvest indexes presented floral opening above 70 %. The other cultivars should be harvested with an index of at least two. 'Polar Star' had the longest vase life (12.4 d) and the shortest was found in 'Freedom' and 'Samurai' (7.3 d). The Chrystal Clear® solution did not modify the floral opening; however, it did increase the fresh weight, vase life and improved the appearance. The harvest index to obtain the higher fresh weight and better performance in vase life is index two.

**Keywords:** Floral opening, fresh weight, hydrating solution, post-harvest life.

## INTRODUCCION

# La rosa

(*Rosa* L.) (Rosaceae) es uno de los cultivos más apreciados como flor de corte, su demanda destaca por su fragancia y variedad de tonos y colores que satisface los gustos más exigentes de los consumidores (Yong, 2004; Dahal, 2013). En las últimas tres décadas la rosa ha tenido un lugar preponderante en la producción florícola de México y un máximo histórico de 4'345,000 de gruesas (144 tallos florales) fue registrado en 2004 (Tejeda-Santorius y Arévalo-Galarza, 2012). Uno de los problemas más frecuentes durante la comercialización y vida en florero de las rosas es la falla en la apertura floral, que está influenciada por las condiciones ambientales, humedad del suelo, fertilización e índice de cosecha. Éste último se relaciona con la madurez del botón floral y con la acumulación de los sustratos para la apertura de la flor. El índice de cosecha puede influir negativamente en la vida postcosecha si el corte se realiza cuando no se hayan acumulado los azúcares suficientes que garanticen la apertura del botón floral (Wills et al., 1998; Reid, 2009).

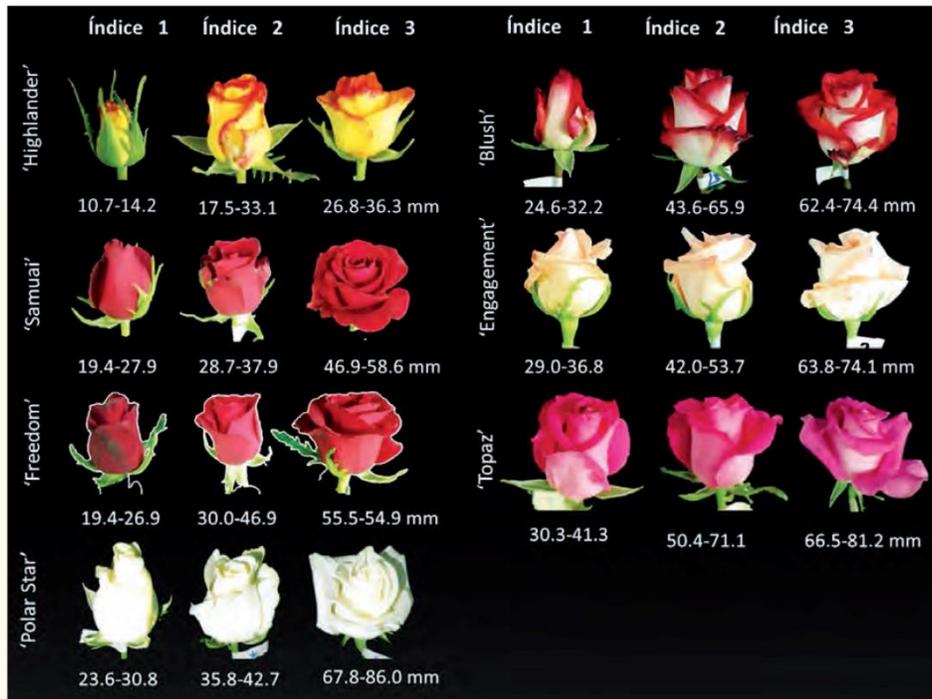
Entre los cultivares de rosa existen amplia variación en la apertura del capullo y vida en florero (Ichimura et al., 2002). Además, la diversidad de cultivares de rosa generados en los últimos años y el desconocimiento de su fisiología dificultan reconocer los puntos de corte óptimos para cada uno.

Cada cultivar de rosa tiene un índice de cosecha propio; algunos se cortan cuando los bordes superiores de dos o tres sépalos se curvan hacia fuera; los cultivares con pétalos numerosos, se cosechan más abiertos que aquellos que tienen menos pétalos y capullos menos densos; la mayoría de los cultivares de tonalidades rosa y rojos se cortan cuando el cáliz se dobla en una posición inferior que la horizontal (mayor que 90°) y cuando los dos primeros pétalos comienzan a separarse del botón floral; los tallos de las variedades amarillas se cosechan en un punto más cerrado y las blancas en uno posterior comparado con los tallos de rosas rojas y rosas (Xotla y Ruiz, 2012). Sin embargo, los tallos florales de los cultivares blancos y amarillos deben cosecharse en una fase anterior para ser trasladados a distancias largas (Reid, 2014). En *Gerbera jamesonii*, *Narcissus tazetta*, *Alstroemeria aurantiaca* y *Dianthus caryophyllus*, el índice de cosecha está definido por sus caracterís-

ticas morfológicas (Gamboa, 1991; Mahdi y Kafi, 2005; Reid y Dodge, 2014), en los cultivares de rosa no es así, en este caso los productores tienen que experimentar cosechando los botones florales en diferentes estadios de desarrollo, lo que genera pérdidas en la postcosecha, ya que si los botones están muy cerrados, serán más susceptibles al "cabeceo" causado por la poca lignificación del pedúnculo floral (Mayak et al., 1974) o tendrán fallas de apertura debido a la concentración baja de sustratos almacenados en las hojas y los tallos (Borochov et al., 1989). En algunos casos es posible garantizar la apertura de los botones poco desarrollados con aplicación de soluciones con concentraciones variadas de azúcar. Específicamente, la aplicación del producto comercial Chrystal clear® (10 g L<sup>-1</sup>) al agua del florero mejoró la apertura floral de rosas de los cultivares Freedom, Opera, Red alfa y Red vicer (Mosqueda et al., 2011). Por el contrario, los botones florales muy abiertos tienen vida en florero corta, debido a la mayor sensibilidad a etileno (Haserk, 1980). Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue determinar el índice de corte óptimo para la cosecha de siete cultivares de *Rosa hybrida* y el efecto de un producto comercial en la calidad de los tallos florales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los tallos se cosecharon en el invernadero comercial de la empresa Flores Selectas de Tequexquahuac, S. de P. R. de R. L., ubicado en Tequexquahuac, Texcoco, Estado de México. Los tallos evaluados fueron de los cultivares Highlander, Samurai, Freedom, Polar Star, Blush, Engagement' y Topaz' provenientes de plantas de seis años de edad. La Figura 1 ilustra los tres índices de



**Figura 1.** Índices de cosecha y dimensiones de la apertura floral (mm) de siete cultivares de *Rosa hybrida*.

cosecha (1, 2 y 3) seleccionados para este estudio. En el índice 1, los sépalos pueden estar unidos o separados del botón floral en dependencia del cultivar, pero todos los pétalos estarán generalmente cerrados o ligeramente abiertos en su ápice. El índice 2, es el que los productores toman como óptimo para el corte, en éste, los sépalos se encuentran separados del botón floral y los pétalos, aunque compactos, están abiertos en el ápice. En el índice 3, los sépalos están separados del botón floral y los pétalos completamente abiertos en la región apical.

Se cosecharon 16 tallos florales de cada cultivar e índice de cosecha, a las 7 am. Los tallos se transportaron en condición seca al laboratorio; ahí, inmediatamente se realizó

un corte transversal en la base de cada tallo, para estandarizar la longitud entre 55 y 60 cm, con tres hojas trifoliadas y cuatro pentafoliadas. Los ejemplares de cada cultivar y cada índice de corte se separaron en dos grupos, uno se colocó en agua de la llave (doméstica) ( $\text{pH}=7.51\pm 0.13$  y  $\text{CE}=56.3\pm 1.2 \mu\text{S cm}^{-1}$ ) y el otro en una solución de Chrysal clear® 10 g L<sup>-1</sup> ( $\text{pH}=4.55\pm 0.05$  y  $\text{CE}=59.7\pm 1.2 \mu\text{S cm}^{-1}$ ). La unidad experimental consistió de dos tallos florales en un florero con 270 mL agua o solución Chrysal clear®; los floreros fueron distribuidos al azar en una habitación con iluminación de  $10 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , fotoperiodo de 12 h y temperatura promedio de  $23\pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ . Al cuarto día en el florero, los tallos se recortaron en su base 3 cm; además, a los tratamientos en agua de llave se les renovó el agua.

#### Variables

**Apertura de los botones florales.** El diámetro de los botones florales se registró con un calibrador electrónico digital (Truper®, con precisión de 0.01 mm) al inicio y cuando alcanzaron la apertura mayor en el florero. El promedio del diámetro floral de la apertura máxima de cada cultivar en el índice 3 se utilizó como referencia de apertura en el florero para cada cultivar.

**Peso fresco del tallo floral.** Los tallos se pesaron individualmente en una balanza digital (Setra SI-20005, con 0.01 g de precisión). El peso relativo

se obtuvo con la ecuación:  $PF = \frac{PFn}{PFo} \times 100$ ; Donde:

PF=Peso fresco (%), PFn=Peso fresco del tallo floral en el día 1, 2, 3, n; PFo=Peso fresco del tallo floral en el día cero.

**Tasa de absorción de los tallos florales.** Diariamente se registró el peso del agua o de la solución en el florero en una balanza digital.

**Vida de floreo.** La aparición de alguno de los siguientes síntomas se registró a partir del inicio del estudio: cabeceo del botón floral, flacidez o caída de pétalos, amarillamiento o caída de las hojas. Los tratamientos fueron la combinación de siete cultivares, tres índices de corte y dos soluciones de florero, con cuatro repeticiones (dos tallos por repetición).

Se realizó análisis de varianza y pruebas de comparaciones de medias (Tukey, 0.05) mediante el paquete SAS® 9.0 para Windows. Para su análisis, los datos en porcentaje, se transformaron a ArcoSeno y después los promedios se convirtieron nuevamente a porcentajes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Apertura floral: diámetro inicial por índice de cosecha

Los botones florales de 'Highlander' tuvieron menor diámetro en los tres índices de cosecha, mientras que 'Topaz' y 'Engagement' mostraron la mayor apertura (Cuadro 1). Xotla y Ruiz (2012) mencionan que algunas variedades de rosa se cortan cuando los bordes superiores de dos o tres sépalos están curvos hacia fuera, pero

**Cuadro 1.** Apertura floral máxima, durante la vida de florero en agua o Chrysal clear® en solución acuosa, de cultivares de *Rosa hybrida* cortados según tres índices de cosecha. El el bloque de la derecha registra y compara la máxima apertura del cultivar.

Cultivar	Solución hidratante	Apertura floral (mm)			Apertura floral relativa, respecto a la máxima por cultivar (%)		
		1	2	3	1	2	3
Highlander	Agua	17.73 a	47.56 a	56.8 a	25.6	68.6	81.9
	Chrysal®	14.86 a	36.96 a	66.14 a	21.4	53.3	95.4
	<b>DMS</b>	<b>2.9441</b>	<b>14.209</b>	<b>16.983</b>			
Samurai	Agua	46.42 a	56.16 a	65.08 a	71.3	86.3	100.0
	Chrysal®	31.28 a	54.57 a	64.30 a	48.1	83.9	98.8
	<b>DMS</b>	<b>9.0246</b>	<b>7.8287</b>	<b>9.1528</b>			
Freedom	Agua	39.57 a	48.45 a	67.22 a	58.9	72.1	100.0
	Chrysal®	32.5 b	47.79 a	62.51 a	48.3	71.1	93.0
	<b>DMS</b>	<b>4.8435</b>	<b>9.697</b>	<b>6.1754</b>			
Polar Star	Agua	70.21 a <sup>2</sup>	84.52 a	110.56a	63.5	76.4	100.0
	Chrysal®	57.16 a	80.49 a	109.96a	51.7	72.8	99.5
	<b>DMS</b>	<b>18.658</b>	<b>18.85</b>	<b>13.212</b>			
Blush	Agua	51.85 a	81.17 a	90.28 a	57.4	89.9	100.0
	Chrysal®	59.62 a	72.08 a	81.30 b	66.0	79.8	90.1
	<b>DMS</b>	<b>11.064</b>	<b>10.594</b>	<b>8.8076</b>			
Engagement	Agua	58.99 a	64.65 a	79.09 a	74.6	81.7	100.0
	Chrysal®	58.33 a	63.54 a	80.52 a	73.8	80.3	101.8
	<b>DMS</b>	<b>7.6295</b>	<b>7.0088</b>	<b>9.9197</b>			
Topaz	Agua	70.73 a	84.25 a	88.72 a	79.7	95.0	100.0
	Chrysal®	63.68 a	82.50 a	77.53 b	71.8	93.0	87.4
	<b>DMS</b>	<b>18.527</b>	<b>7.2224</b>	<b>9.4516</b>			

<sup>2</sup> Valores seguidos con letras iguales en cada columna dentro de cada cultivar no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05).

las variedades color amarillo deben cosecharse antes de que el cáliz se separe completamente del botón floral y antes de que los pétalos empiecen a abrir, sin embargo, esto no se observó en 'Highlander' cosechado en el índice 1, pues no alcanzó la apertura floral adecuada en agua ni en la solución de Chrysal clear®. Dole y Wilkins (1999) refieren que las variedades rojas deben cortarse cuando el cáliz esté totalmente desprendido del capullo y que al menos un pétalo se haya desprendido del botón floral; este criterio coincidió con el índice 2 de 'Samurai' y 3 de 'Freedom' (Figura 1). Las variedades blancas se cosechan cuando los sépalos se han desplegado completamente y cuando más de dos pétalos se han separado del botón floral (Xotla y Ruiz, 2012), esto coincide con las características de 'Polar Star' con índice 2.

#### Diámetro floral máximo de cada cultivar

El diámetro floral máximo de 'Polar Star' fue de 110.6 mm y de 'Blush' fue 90.3 mm, y lo alcanzaron 5 y 6 días después de la cosecha. 'Highlander', 'Engagement', 'Topaz', 'Samurai' y 'Freedom' alcanzaron el máximo diámetro floral entre el tercer y cuarto día en el florero (Figura 2).

Kuiper *et al.* (1996) mencionan que la apertura máxima del botón floral ocurre cuando los pétalos internos y externos se extienden completamente y dejan expuestas las anteras; pero en las condiciones del hogar del consumidor difícilmente ocurre este evento, ya que los floreros se colocan en sitios con baja intensidad de luz y la senescencia ocurre antes de que el botón floral llegue a su apertura máxima.

#### Apertura por índices de cosecha y tratamientos

Sin importar los índices de cosecha, la solución de Chrysal clear® no incrementó el diámetro de apertura de los botones florales de ninguno de los cultivares (Cuadro 1). Los resultados difieren de los obtenidos por Juárez *et al.* (2008); quienes mencionan que la aplicación de 2 mL L<sup>-1</sup> de Chrysal RVB® al agua del florero incrementó la apertura floral de rosa 'Black Magic'. La diferencia entre los resultados pudo deberse al hecho de que la solución hidratante utilizada por estos autores tendría mayor contenido de azúcares.

Cultivar	Diámetro (mm)	Cultivar	Diámetro (mm)
Highlander	69.3 ± 9.4	Polar Star	110.6 ± 16.3
Samurai	65.1 ± 7.3	Blush	90.3 ± 10.6
Freedom	67.2 ± 4.8	Engagement	79.1 ± 12.1
		Topaz	88.7 ± 7.4

**Figura 2** Apertura máxima de los botones florales de siete cultivares de *Rosa hybrida* cortados con el índice 3 de cosecha. Cada valor es el promedio de 16 repeticiones ± desviación estándar.

Debido a que 70% de la apertura, respecto a la máxima en cada cultivar, representa una apariencia estética aceptable para el consumidor, los cultivares de Engagement y Topaz pueden cosecharse considerando cualquiera de los tres índices como adecuado, ya que su apertura fue superior a 70% (Figura 3); en

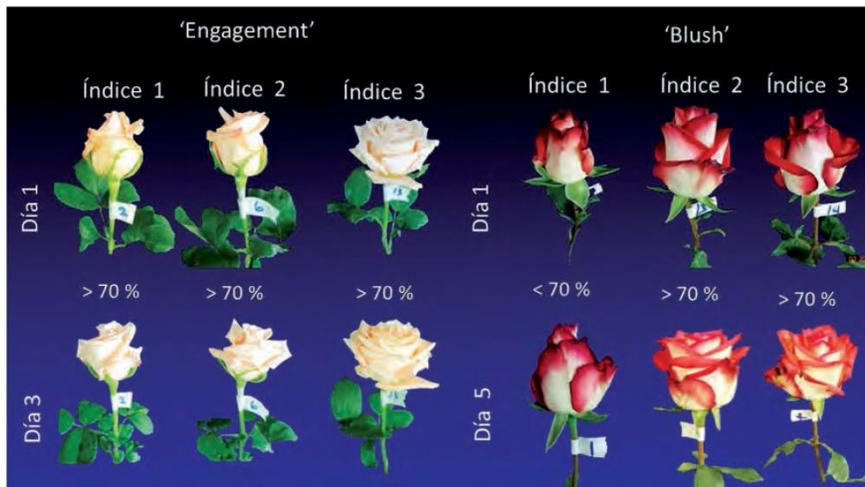
contraste, los tallos de los cultivares Blush, Highlander, Samurai, Freedom y Polar Star solo deberían cosecharse con el índice 2.

Aunque la adición de Chrysal clear® no contribuyó a mejorar la apertura floral, si ayudó a mejorar el color, apariencia de los botones e incre-

mentó la vida de florero de todos los cultivares (Halevy y Mayak, 1981; Kuiper et al., 1996) (Figura 4).

**Tasa de absorción y peso fresco**

Al cuarto día después de la cosecha los tallos de 'Samurai' presentaron consumo mayor de agua y los de 'Blush' el menor (Cuadro 2). Todos



**Figura 3** Apertura de los botones florales por índice de cosecha de los cultivares Engagement y Blush. El tercero y quinto día en postcosecha cada cultivar alcanzó su mayor diámetro.



**Figura 4** Efecto de la solución comercial Chrysal clear® en la apariencia y vida de florero de rosa 'Topaz'.

**Cuadro 2.** Tasa de absorción de agua, peso fresco y vida de florero (VF) de siete cultivares de *Rosa hybrida*, cosechados en tres puntos de corte y solución comercial Chrysal clear®.

Cultivares	Tasa de absorción (%)		Peso fresco (%)		VF (días)
	Día 4	Día 7	Día 4	Día 7	
Highlander	29.4 bc	19.9 b	94.0 a	96.68 ab	8.0 cd
Samurái	60.3 a	14.8 c	92.3 ab	95.2 cd	7.3 d
Freedom	28.4 bc	9.2 d	91.8 b	96.6 ab	7.6 d
Polar Star	35.6 b <sup>2</sup>	20.1 b	94.1 a	97.5 a	12.4 a
Blush	21.1 d	20.8 b	91.8 b	94.5 d	9.5 b
Engagement	35.8 b	35.4 a	93.1 a	96.3 bc	8.9 bc
Topaz	26.3 cd	18.2 b	92.4 ab	92.3 e	8.2 cd
DMS	07.22	2.95	2.01	1.15	1.07
Puntos de corte					
Índice 1	34.5 a	20.4 a	92.5 a	96.8 a	8.1 b
Índice 2	33.7 a	18.2 b	93.1 a	96.0 b	9.7 a
Índice 3	32.9 a	20.9 a	92.9 a	94.2 c	8.7 b
<b>DMS</b>	<b>3.7</b>	<b>1.53</b>	<b>1.04</b>	<b>0.69</b>	<b>0.563</b>
Solución					
Agua	34.4 a	19.6 a	92.8 a	94.9 b	8.3 b
Chrysal®	33.2 a	19.9 a	92.7 a	96.4 a	9.3 a
DMS	2.52	1.04	0.71	0.53	0.38

<sup>2</sup> Valores seguidos con letras iguales en cada columna, por cultivar, puntos de corte y solución no son significativamente diferentes. (Tukey, 0.05; para peso fresco y VF, n=8; para tasa de absorción n=4).

los cultivares presentaron mayor consumo de agua el cuarto día en comparación con el séptimo día. La disminución del consumo de agua puede atribuirse al taponamiento de los vasos en la base del tallo como consecuencia de la proliferación de bacterias, síntesis de metabolitos en reacción al corte, o ambos (Arévalo *et al.*, 2012; van Doorn, 2012). Las características de los tallos, vigorosos y de buena calidad, también retrasan los eventos de cavitación y mantienen por más tiempo el consumo de agua (Fanourakis *et al.*, 2012; Spinarova y Hendriks, 2005). Este hecho coincide con los resultados de esta investigación, ya que los tallos de 'Freedom' y 'Samurái' son los menos vigorosos y fueron los que consumieron menos agua al séptimo día. En general, los tallos cosechados con el índice 3 consumieron 11% más agua que los cosechados con el índice 2, pero la vida en florero fue mayor en los últimos (Cuadro 2).

'Polar Star' tuvo el mayor peso fresco y vida de florero más larga (12.4 d) contrastando con 'Samurái' que tuvo

el menor peso fresco y vida en florero (Cuadro 2). Las flores de corte incrementan su peso fresco y luego lo disminuyen de forma significativa pocos días después de la cosecha cuando permanecen en agua (Lu *et al.*, 2010; Alaey *et al.*, 2011); sin embargo, aquellas que lo mantienen por más tiempo, lograrán una vida mayor en florero (Ichimura y Shimizu-Yumoto, 2007); además, los procesos metabólicos que aportan energía a los pétalos se desarrollan mejor cuando la hidratación es mayor (van Meeteren *et al.*, 1999; Taiz y Zeiger, 2010). van Meeteren *et al.* (2006) y Arévalo *et al.* (2012) señalan que la pérdida de peso prematura en las flores de corte puede deberse a diversas causas, destacando entre ellas, procesos fisiológicos que reducen la conductividad hídrica o el crecimiento de bacterias que obstruyen físicamente los haces vasculares.

#### Vida de florero

Los tallos de 'Polar Star' tuvieron la vida mayor en florero (12.4 d) de todos los cultivares, seguidos por los de

'Blush' (9.5 d) y 'Engagement' (8.9 d). Los tallos de 'Freedom' y 'Samurái' tuvieron la menor vida en florero (7.6 y 7.3 d) del grupo estudiado, y representó 40% menos que la de 'Polar Star' (Cuadro 2, Figura 5).

## CONCLUSIONES

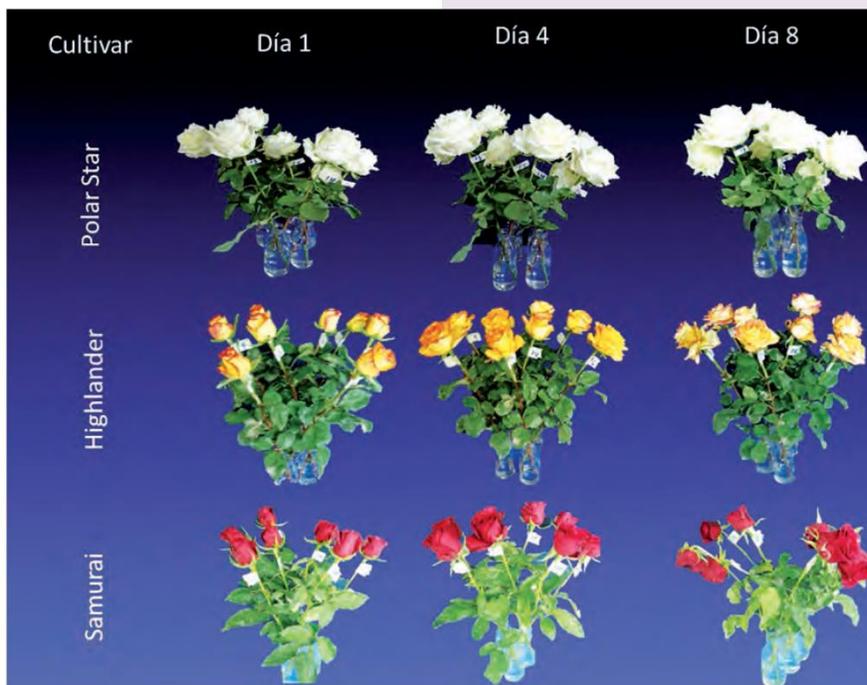
**El índice** de cosecha 2 es el óptimo para los cultivares Polar Star, Blush, Highlander, Samurái y Freedom; el corte con otros índices conducirá a fallas en la apertura floral y disminuirá la vida en florero. En contraste, el índice de cosecha no modifica la vida en florero de los cultivares Engagement y Topaz, y sus botones florales alcanzan apertura mayor a 70% independientemente del índice citado. La solución comercial de Chrysal clear® mejora el aspecto y vida de florero en los siete cultivares, pero no tiene efecto en la apertura de los botones florales.

## AGRADECIMIENTOS

A la empresa Flores Selectas de Tequexquahuac, S. de P.R. de R.L., ubicado en Tequexquahuac, Texcoco, Estado de México, por las facilidades para realizar la investigación. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo en la beca de Doctorado del primer autor.

## LITERATURA CITADA

- Arévalo Galarza L., García Osorio C., Rosas Saito G.H. 2012. Factores que afectan la vida de florero en flores de corte. *Agroproductividad* 5(3):28-35.
- Borochoy A., Woodson W.R. 1989. Physiology and biochemistry of flower petal senescence. *Hortic.Rev.* 11: 15-43.
- Dahal S. 2013. Postharvest handling of cut flower rose. Department of Horticulture, Institute of Agriculture and Animal Sciences (IAAS), Rampur, Chitwan, Nepal. 24 pp. En: [http://www.academia.edu/3276681/POST\\_HARVEST\\_HANDLING\\_OF\\_CUT\\_FLOWER\\_ROSE](http://www.academia.edu/3276681/POST_HARVEST_HANDLING_OF_CUT_FLOWER_ROSE), abril, 2014.
- Dole J.M., Wikins H.F. 1999. Floriculture principles and species. Prentice Hall, New Jersey pp.123-137.
- Fanourakis D., Carvalho S.M.P., Almeida D.P.F., van Kooten O., van Doorn W.G., Heuvelink E. 2012. Postharvest



**Figura 5.** Aspecto de los cultivares Polar Star, Highlander y Samurái durante la vida de florero.

- water relations in cut rose cultivars with contrasting sensitivity to high relative air humidity during growth. *Postharv. Biol. Technol.* 64: 64-73.
- Gamboa Zúñiga L. 1991. Cultivo de gerbera. Costa Rica: Ed. Universidad estatal a distancia, UNED. 71 pp.
- Halevy A.H., Mayak S. 1981. Senescence and postharvest physiology of cut flowers, part 2. *Hort. Rev.* 3: 59-143.
- Haserk R. 1980. Introducción a la Floricultura. San Diego, Academic Press. pp 102-104.
- Ichimura K., Kawabata Y., Kishimoto M., Goto R., Yamada K. 2002. Variation with cultivar in the vase life of cut rose flowers. *Bull. Natl. Inst. Flor. Sci.* 2: 9-20.
- Ichimura K., Shimizuko-Yumoto H. 2007. Extension of the vase life of cut roses by treatment with sucrose before and during simulated transport. *Bull. Natl. Inst. Flor. Sci.* 7:17-27.
- Juárez Hernández P., Colina León T., Valdez Aguilar L.A., Espinosa Flores A., Castro Brindis R., Cano García G.B. 2008. Soluciones y refrigeración para alargar la vida postcosecha de rosa cv. 'Black Magic'. *Fitotecnia Mexicana* 31(3): 73-77.
- Kuiper D., van Reenen H.S., Ribot S.A. 1996. Characterization of flower bud opening in roses; a comparison of Madelon and Sonia roses. *Postharv. Biol. Technol.* 9: 75-86.
- Lu P., Cao J., He S., Liu J., Li H., Cheng G., Ding Y., Joyced D.C. 2010. Nano-silver pulse treatments improve water relations of cut rose cv. 'Movie' Star flowers. *Postharv. Biol. Technol.* 57: 196-202.
- Mahdi J.M., Kafi M. 2005. Effects of Harvesting Stages, 8-Hydroxyquinoline Citrate, Silver Thiosulphate, Silver Nitrate on the Postharvest Life of Cut Narcissus tazetta. *Proc. VIIIth IS Postharvest Phys. Ornamentals* Eds. N. Marissen. *Acta Hort.* 669, ISHS 2005
- Mayak S., Halevy A.H., Sagie S., Bar-yoseph A., Bravdo B.1974. The water balance of cut rose flowers. *Physiol. Plant* 3: 15-22.
- Mosqueda L.G., Arévalo G.L., Valdovinos P.G., Rodríguez P.J., Colinas L.T. 2011. Época de corte y manejo postcosecha de ocho cultivares de rosa de corte. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3: 591-602.
- Reid, M.S. 2009. Postcosecha y Manejo de las Flores de Corte. Ediciones HortiTecnica Ltda, Bogotá, Colombia. 38 p.
- Reid M.S., Dodge L. 2014. Postcosecha. Sobre los indicadores básicos. Department of Plant Sciences University of California, Davis, CA 95616. En: <http://postharvest.ucdavis.edu/Ornamentales/Rosas/>
- Spinarova S., Hendriks L. 2005. Factors influencing acoustic emission profiles of cut roses. *Acta Horticulture* 669: 63-69.
- Taiz L., Zeiger E. 2010. *Plant Physiology*. Fifth edition. Sinauer associates, inc, publishers, Sunderland, Massachusetts. 782 pp.
- Tejeda-Santoriús O., Arévalo-Galarza M.L. 2012. La floricultura, una opción económica rentable para el minifundio mexicano. *Agroproductividad* 5(3): 11-19.
- van Doorn W.G. 2012. Water Relations of Cut Flowers: An Update. *Horticultural Reviews* 40: 55-106.
- van Meeteren U., van Gelder H., van Ieperen W. 1999. Reconsideration of the use of deionized water as vase water in post-harvest experiments on cut flowers. *Postharv. Biol. Technol.* 17: 175-187.
- van Meeteren U., Arévalo-Galarza L., van Doorn W. 2006. Inhibition of water uptake alters harvesting cut flowers role of air emboli and wound-induced processes in chrysanthemum. *Postharv. Biol. Tech.* 41: 70-77
- Wills R., McGlasson B., Graham, D., Joyce D. 1998. *Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. UNSW Press, Australia 262 p.
- Xotla Zermeño M.P., Ruiz Cirilo R. 2012. Producción y comercialización de rosas de corte en el rancho "Los Morales" de Tenancingo, Edo. de México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, Campus Xalapa, Veracruz, México.
- Yong A. 2004. El cultivo del rosal y su propagación. *Cultivos Tropicales* 25(2): 53-67.



2. De La Cruz G.G., Arévalo G.L., Lao A.T. 2014. Almacenamiento seco a temperatura ambiente de siete cultivares de *Rosa hybrida*. VI Jornadas Ibéricas de Horticultura Ornamental 68:157-164.

## Almacenamiento seco a temperatura ambiente de siete cultivares de *Rosa hybrida*

G. de la Cruz<sup>1</sup>, M.L. Arévalo<sup>1</sup>, M.T. Lao<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Recursos Genéticos y Productividad-Fisiología Vegetal, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, km 36.5 Carretera México-Texcoco. Monecillo, Estado de México, México. Email: [delacruz.gumercindo@colpos.mx](mailto:delacruz.gumercindo@colpos.mx)

<sup>2</sup>Departamento de Agronomía de la Universidad de Almería, Campus Internacional de excelencia CeiA3. Carretera Sacramento, s/n La Cañada de San Urbano, Almería. España.

### Resumen

El almacenamiento de flores cortadas a temperatura ambiente representa un riesgo pues implica un efecto combinado de privación de agua y temperatura. Sin embargo, si se evita la deshidratación de las hojas y se mantiene una alta humedad relativa dentro del empaque, los tallos florales podrán recuperar el flujo hídrico y por lo tanto su vida en florero, índice de calidad comercial fundamental. En este trabajo se comparó la respuesta de siete cultivares de *Rosa hybrida* (“Polar Star”, “Engagement”, “Topaz”, “Blush”, “Highlander”, “Samurái” y “Freedom”) al almacenamiento en seco, como alternativa para los productores, mediante un ensayo unifactorial (formas de manejo) con cinco repeticiones (tallo floral). Diez tallos florales se transportaron al laboratorio y se registró su peso inicial. Se colocaron en contenedores con agua (T<sub>1</sub>) o se envolvieron con papel kraft y bolsas negras de polietileno (T<sub>2</sub>) en ambos casos a temperatura ambiente (20 ± 3 °C) durante 24 h. Posteriormente se colocaron en floreros con 200 mL de agua. Las variables evaluadas fueron: apertura floral, peso fresco, consumo de agua y vida de florero. Los resultados indicaron que el almacenamiento en seco a temperatura ambiente estimula la apertura floral de los cultivares “Topaz”, “Blush” y “Freedom” y favorece la recuperación del flujo hídrico en “Highlander” y “Blush”. Al comparar la ganancia de peso fresco en ambos tratamientos, excepto ‘Blush’, todos los cultivares respondieron mejor al manejo en seco, aunque sin diferencias en el consumo de agua. El cultivar “Polar star” tuvo 10,5 días de vida de florero y “Samurái” 6,5 días sin diferencias entre tratamientos, es importante mencionar que el cultivar “Samurái” (rojo), tiene menor porte y mayor susceptibilidad al manejo postcosecha; mientras que el grosor y porte de los tallos de “Polar star” (blanco) es mayor, lo cual contribuye a una mayor vida de florero. Los cultivares “Engagement”, “Blush” y “Topaz” tuvieron 9,3, 8,5 y 8,3 d de vida de florero respectivamente. A pesar del estrés provocado al mantener los tallos sin agua a temperatura ambiente, no hubo diferencias en el consumo de agua y vida de florero con respecto al manejo húmedo, por lo que esta técnica puede considerarse como una opción real para el ahorro de agua, siempre y cuando se evite la deshidratación de los tallos con un empaque hermético.

**Palabras clave:** manejo seco, deshidratación de las hojas, humedad relativa, flujo hídrico, vida de florero.

### Abstract

Storage of cut flowers at room temperature is very risky due the combined effect of water stress and warm temperature. However, if the leaves drying is avoided and a high relative humidity within the package is maintained, the flower stems can recover

157

the water flow and her vase life, the main commercial quality index. In this study the response of seven *Rosa hybrida* cultivars ("Polar Star", "Engagement", "Topaz", "Blush", "Highlander", "Samurai" and "Freedom") to dry storage was compared with wet handling, as an alternative for producers, using an univariate test (ways of handling) with five replications (flower stalks) per treatment and cultivar. Ten flower stalks were transported to the laboratory and initial fresh weight was recorded. The cut stems of each cultivar were placed in containers with water (T<sub>1</sub>) or wrapped with kraft paper and black polyethylene bags (T<sub>2</sub>), in both cases environmental conditions were room temperature 20 ± 3 °C for 24 h. Subsequently, the floral stems were placed in vases with 200 mL of water. The variables evaluated were: floral opening, fresh weight, water consumption and vase life. The results showed that dry storage at room temperature improved the floral opening in "Topaz", "Blush" and "Freedom" cultivars and enhance the water flow in "Highlander" and "Blush". The gain of fresh weight in both treatments in all cultivars, except in 'Blush', responded better to dry handling, and without significant differences in water consumption. The stems of "Polar star" had 10,5 d of vase life and "Samurai" 6,5 d with no differences between treatments, it is important to mention that the cultivar "Samurai" (red color), has smaller size and greater susceptibility to postharvest handling; while the stems of "Polar Star" (white color) are thickness and longer than 'Samurai' this characteristics improve the vase life in "Polar Star". The cultivars "Engagement", "Blush" and "Topaz" had 9,3, 8,5 and 8,3 d of vase life respectively. Despite the water stress caused by the storage at room temperature, there was no difference in water consumption and vase life compared to wet handling, so this technique can be considered as a real option for saving water as long as is avoided the dehydration of the stems with a hermetic packaging.

**Keywords:** Dry handling, drying of leaves, relative humidity, water flow, vase life.

## INTRODUCCIÓN

Para conservar el valor ornamental de las flores de corte, generalmente después de la cosecha se utilizan soluciones hidratantes por lo menos en tres ocasiones, después del corte, posterior al empaque y en el centro de distribución (Reid, 2002). Sin embargo, en algunos cultivares de *Rosa hybrida* el proceso desde la cosecha, selección, empaque y almacenamiento de los tallos florales sin que hayan sido tenido contacto con agua ha mostrado una vida de florero similar o mayor que el manejo húmedo o tradicional (Mosqueda *et al.*, 2011; Ahmad *et al.*, 2012).

Con el manejo húmedo se utiliza más espacio en las cámaras frigoríficas, la apertura floral continúa y se reduce la conductividad hídrica por la proliferación de microorganismos en la base del tallo (Ahmad *et al.*, 2012). Con el manejo seco, los costos se reducen porque disminuye la manipulación y se evita el uso de soluciones preservantes, la conductividad hídrica se restablece más rápido debido al menor crecimiento bacteriano en la base del tallo y a la disminución del potencial hídrico derivado del estrés que se provoca en el sistema vascular (Faragher *et al.*, 1984; Cevallos y Reid, 2001; Macnish *et al.*, 2009).

Cuando los tallos florales se empaquetan, a temperatura ambiente, con papel suave y bolsas de polietileno selladas herméticamente, la atmósfera en el interior del contenedor se modifica. La transpiración inicial contribuye a que la humedad relativa (HR) aumente entre el 90 y 95 %, el papel absorbe el agua y evita la dispersión de las esporas de *Botrytis*, como resultado de una baja pero constante tasa de respiración la concentración de O<sub>2</sub> disminuye y los niveles de CO<sub>2</sub> se incrementan. La mayor concentración de CO<sub>2</sub> en el interior del contenedor disminuye el déficit de presión de

vapor, baja la tasa transpiratoria y el metabolismo celular y previene la acción del etileno (Goszcynska y Rudnicki, 1983; Rudnicki *et al.*, 1986; Fanourakis *et al.*, 2013).

El almacenamiento de flores cortadas a temperatura ambiente representa un riesgo pues implica un efecto combinado de privación de agua y temperatura. Sin embargo, si se evita la deshidratación de las hojas y se mantiene una alta humedad relativa dentro del empaque, los tallos florales podrán recuperar el flujo hídrico. El objetivo de este trabajo es comparar la respuesta de siete cultivares de *Rosa hybrida* al almacenamiento en seco, a temperatura ambiente ( $20 \pm 3$  °C) por 24 h, en relación al manejo en húmedo, con la finalidad de proponer un manejo alternativo a los productores.

### MATERIAL Y MÉTODOS

En un invernadero comercial del estado de México (México) se cosecharon, diez tallos florales de siete cultivares de *Rosa hybrida* “Polar star”; “Engagement”; “Topaz”; “Blush”; “Highlander”; “Samurai” y “Freedom” (Figura 1).



Figura 1. Índice de cosecha de los cultivares de rosa ‘Polar Star’ (A); ‘Engagement’ (B); ‘Topaz’ (C); ‘Blush’ (D); ‘Highlander’ (E); ‘Samurái’ (F); ‘Freedom’ (G).

Se transportaron al laboratorio donde se colocaron en contenedores con agua ( $T_1$ ) o se envolvieron con papel kraft y bolsas negras de polietileno selladas herméticamente con cinta adhesiva ( $T_2$ ) en ambos casos a temperatura ambiente fue de  $20 \pm 3$  °C durante un periodo de 24 h. Transcurrido ese tiempo, se realizó un recorte de 5 cm de la parte basal de cada tallo, quedando una longitud de los tallos de 55 cm, se eliminó el follaje inferior hasta dejar dos hojas trifoliadas y tres pentafoliadas y se registró el peso inicial. Para las evaluaciones de postcosecha, los tallos se colocaron en floreros con 200 mL de agua, distribuidos en una habitación con un fotoperiodo de 12 h, temperatura de  $20 \pm 3$  °C e irradiancia de  $50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Para cada cultivar, el diseño experimental fue unifactorial (formas de manejo) completamente al azar, y 5 repeticiones, donde la unidad experimental estuvo representada por un florero con 200 mL de agua y un tallo floral. Para determinar el efecto de las variables, en ambos tipos de manejo, se realizó análisis de varianza y pruebas de comparación de medias (Tukey, 0.05) con el paquete estadístico SAS<sup>®</sup> 9.0.

## Descripción de las evaluaciones

### Estados de apertura floral.

Para comparar el efecto de los tratamientos en la apertura floral, se definieron cuatro estados, donde A, corresponde a la apertura al momento del corte y D, a la máxima que se alcanza en el florero (Figura 2).

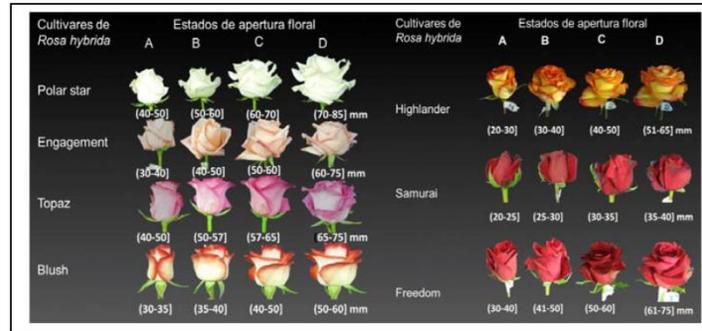


Figura 2. Estados de apertura floral de siete cultivares de rosa con la medida del diámetro del botón floral (mm).

### Recuperación del flujo hídrico en los tallos con manejo seco a temperatura ambiente.

Los tallos se colocaron en el florero y se pesaron durante 5 h a intervalos de 60 min para calcular el incremento de peso fresco (%).

### Peso fresco, manejo húmedo vs seco a temperatura ambiente.

Para registrar el peso de cada tallo se utilizó una balanza digital (Setra SI-20005) de 0.01 g de precisión y se calculó el peso fresco.

### Consumo de agua por tallo floral.

En cada unidad experimental, se registró el peso inicial y final de la solución (sin el tallo) y se obtuvo en porcentaje el consumo total de agua por tallo floral.

### Vida de florero.

Se determinó el fin de la vida de florero al observar al menos uno de los siguientes síntomas: amarillamiento y caída de hojas; flacidez, puntos necróticos, cambios de color y enrollamiento en la periferia de los pétalos, doblado de cuello.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **Estados de apertura floral.**

Los tallos florales del cultivar “Highlander” tuvieron la apertura más rápida, al tercer día llegaron al estado D sin importar el tratamiento. Para “Polar Star”, “Engagement” y “Samurai”, en los primeros 3 d, su apertura fue más rápida en húmedo que en seco, pero al cuarto día coincidieron con el estado C. Para el día 5 todos los cultivares alcanzaron la máxima apertura floral (estado D), excepto “Topaz”, “Blush” y “Freedom” que con tratamiento húmedo solo abrieron hasta el estado C, por lo que el manejo seco tuvo un efecto favorable en la apertura del botón floral en estos cultivares. El peso fresco mayor de los cultivares Topaz y Freedom con manejo seco, favoreció la apertura de los botones florales. Fanourakis *et al.* (2012) y Fanourakis *et al.* (2013) mencionan que si los tallos conservan por más tiempo su peso fresco tendrán mejor apertura floral y mayor vida de florero.

160

### Recuperación del flujo hídrico en los tallos con manejo seco a temperatura ambiente.

Rosa “Highlander” y “Blush” tuvieron mayor recuperación del flujo hídrico comparado con “Samurái” que tuvo la menor recuperación. En las primeras 3 h, el flujo hídrico de “Freedom” fue similar al de “Blush”, sin embargo, después disminuyó. Los otros cultivares tuvieron valores intermedios a los mencionados (Tabla 1).

**Tabla 1.** Tasa de recuperación de los tallos florales de 7 cultivares de *Rosa hybrida*, almacenados en seco por 24 h a  $20 \pm 3$  °C. Valores promedios de 5 repeticiones.

Cultivares	Peso fresco (%) durante las primeras 5 h en el florero				
	1	2	3	4	5
Polar Star	100.7 bc <sup>Z</sup>	103.1 c	104.9 b	105.8 bc	106.2 bc
Engagement	101.9 bc	104.7 bc	106.2 ab	107.0 abc	107.4 b
Topaz	103.5 b	104.4 bc	105.1 b	105.7 bcd	106.1 bc
Blush	103.2 b	107.5ab	108.6 ab	109.6 ab	113.2 a
Highlander	106.5 a	108.2 a	109.3 a	109.9 a	112.6 a
Samurai	99.2 c	99.4 d	100.6 c	101.8 d	102.4 c
Freedom	103.5 b	104.5 bc	105.2 b	105.5 cd	106.77 bc
DMS	2.91	3.41	3.74	3.99	4.60
CV	1.55	1.78	1.92	2.04	2.33

<sup>Z</sup>Valores seguidos con letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas (Tukey, 0.05). DMS, diferencia mínima significativa; CV, coeficiente de variación.

Los incrementos del peso fresco están asociados a un mayor consumo de agua (Durkin y Kuc, 1996; Seyf *et al.*, 2012) mayor turgencia celular y retraso de la senescencia (Chand *et al.*, 2012), lo cual sugiere que los cultivares “Highlander” y “Blush” tendrán una apertura floral más rápida y mayor vida de florero comparado con “Freedom” y “Samurai”.

### Peso fresco, manejo húmedo vs seco a temperatura ambiente.

Los tallos florales de “Blush” no mostraron diferencias significativas en peso fresco al comparar los dos tipos de manejo. Sin embargo, “Polar Star”, “Engagement”, “Topaz”, “Highlander”, “Samurai” y “Freedom” en el tratamiento seco, tuvieron respectivamente 8, 5, 4, 12, 9 y 13 % mayor peso fresco con respecto al manejo húmedo. Cabe destacar que el alto valor mostrado en el cultivar Samurai (9 %) correspondió solo a los primeros 3 días, ya que después los valores fueron similares en ambos tratamientos (Figura 3).

Como respuesta a un recorte de 3 cm en la base del tallo, que se realizó a los 5 d en todos los cultivares, “Samurai” incrementó su peso fresco después del día 6, lo cual sugiere una posible cavitación en la base del tallo, que se liberó con el recorte. Al respecto, van Doorn (1997) menciona que la pérdida prematura de turgencia en muchas especies de flores de corte, se debe a la oclusión en el sistema de conducción de agua.

Tanto en el manejo en seco como en el húmedo, los cultivares “Polar Star” y “Engagement”, mantuvieron hasta los 5d y 6d respectivamente los valores más altos de peso fresco (Figura 3) lo cual contribuyó con una mayor vida de floreo (VF). Mientras que “Samurai” con el menor peso fresco, tuvo una VF muy limitada.

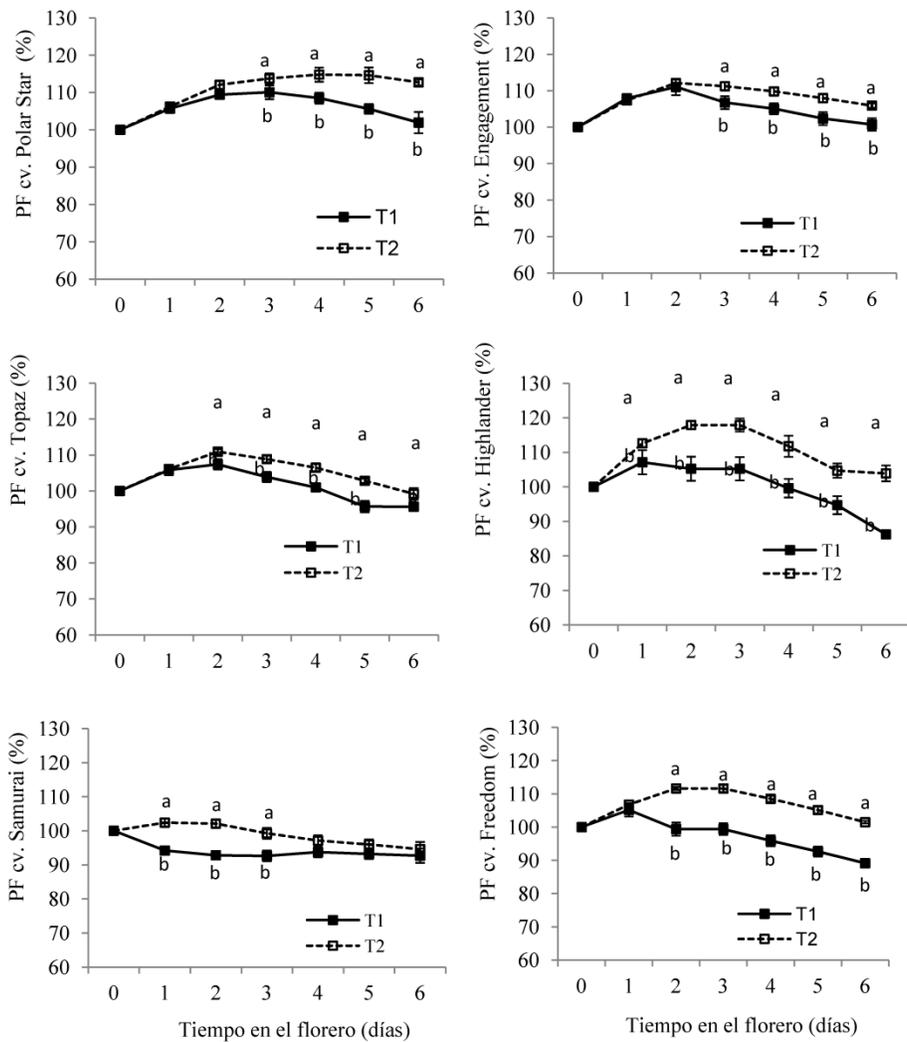


Figura 3. Peso fresco (PF) de los tallos florales de *Rosa hibryda* con manejo húmedo (T<sub>1</sub>) y seco (T<sub>2</sub>). Cada punto en las gráficas representa el promedio de 5 repeticiones ± el error estándar. Letras diferentes en cada tiempo de evaluación indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).

### **Consumo de agua por tallo floral y vida de florero.**

Los tallos florales de “Freedom” tuvieron mayor consumo de agua en manejo húmedo que seco. Los otros cultivares no mostraron diferencias por efecto de los tratamientos. Sin embargo, “Topaz”, “Blush”, “Polar Star” y “Engagement” fueron los que mayor volumen de agua consumieron (19, 15.2, 13.8 y 13.5 y mL respectivamente), mientras que “Samurai” fue el de menor consumo hídrico (9.3 mL).

Los tallos florales manejados en seco a temperatura ambiente, no mostraron diferencias en vida de florero al compararse con los de manejo húmedo. Sin embargo, se presentaron diferencias entre cultivares, por ejemplo “Polar star” tuvo la mayor VF (10.5 d), superior a “Samurái” (6.5 d). Los tallos de “Engagement”, “Blush” y “Topaz” duraron 9.3, 8.5 y 8.3 d respectivamente.

Los cultivares que tuvieron mayor VF, también tuvieron mayor peso fresco, corroborando que los primeros síntomas de senescencia se relacionan con la pérdida de peso fresco y un desbalance entre la tasa de absorción y transpiración (Rogers, 1973; Shobha y Gowda 1993). El incremento de peso fresco ocurre cuando la tasa de absorción es mayor que la de transpiración, al invertirse esta relación, se presenta un desbalance hídrico y la senescencia se acelera (Ichimura y Shimizu-Yumoto, 2007).

### **CONCLUSIONES**

La calidad de los tallos almacenados en seco durante 24 h a  $20 \pm 3$  °C es comparable a los tallos manejados de forma tradicional (en agua) sin diferencias significativas en el consumo de agua y vida de florero, lo cual indica que el manejo seco a temperatura ambiente puede considerarse como una opción real para los productores, siempre y cuando se evite la deshidratación del tallo floral y se mantenga una humedad relativa alta dentro del empaque. Este manejo postcosecha es factible de practicarse en cualquier sistema de producción de rosas, principalmente en aquellos donde la disponibilidad de agua es limitada, sin embargo es necesario evaluar su efecto en cada uno de los cultivares manejados.

### **Referencias**

- Ahmad, I., Dole, J.M., Amjad, A., Ahmad, S. (2012). Dry Storage Effects on Postharvest Performance of Selected Cut Flowers. *HortTechnology* 22:463-469.
- Cevallos, J.C., Reid, M.S. (2001). Effect of dry and wet storage at different temperatures on the vase life of cut flowers. *HortTechnology* 11:199-202.
- Chand, S., Kumar, V., Kumar, J. (2012). Effect of AgNO<sub>3</sub> and 8.HQC on vase life of cut roses. *HortFlora Research Spectrum* 1:380-382.
- Durkin, D., Kuc, R.H. (1996). Vascular blockage and senescence of the rose cut flower. *Proceedings of American Society of Horticulture Science* 89:683-688.
- Fanourakis, D., Carvalho, D. R. A., Gitonga, V. W., Heusden, A. W., van Almeida, D. P. F., Heuvelink, E. (2012). Breeding cut roses for better keeping quality: first steps. *Acta Horticulturae* 937:875-882.
- Fanourakis, D., Pieruschka, R., Savvides, A., Macnish, A. J., Sarlikioti, V., Woltering, E. J. (2013). Sources of vase life variation in cut roses: A review. *Postharvest Biology and Technology* 78:1-15.
- Faragher, J.D., Mayak, S., Tirosh, T., Halevy, A. H. (1984). Cold storage of rose flowers: Effects of cold storage and water loss on opening and vase life of 'mercedes' roses. *Scientia Horticulturae* 24:369-378.
- Goszczyńska, D., Rudnicki, R. M. (1983). Long term cool storage of bud-cut carnations. *Acta Hort.* 141:203-212.

- Ichimura, K., Shimizuko-Yumoto, H. (2007). Extension of the vase life of cut roses by treatment with sucrose before and during simulated transport. *Bull. Natl. Inst. Flor. Sci.* 7: 17-27.
- Macnish, A.J., De Theije, D., Reid, M.S., Jian, C. Z. (2009). An alternative postharvest handling strategy for cut flowers dry handling after harvest. *Acta Horticulturae* 847: 215-222.
- Mosqueda, L.G., Arévalo, G.L., Valdovinos, P. G., Rodríguez, P. J., Colinas, L. T. (2011). Época de corte y manejo postcosecha de ocho cultivares de rosa de corte. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3:591-602.
- Reid, M. S. (2002). Postharvest handling systems: ornamental crops. *In*: Kader, A. A. (ed.). *Postharvest technology of horticulture crops*. 3rd edition. University of California. Oakland, California. 535 pp.
- Rudnicki, R.M., Goszcynska, D., Noeak, J. (1986). Storage of cut flowers. *Acta Horticulturae* 181:285-296.
- Seyf, M., Khalighi, A., Mostofi, Y., Naderi, R. (2012). Study on the effect of aluminum sulfate treatment on postharvest life of the cut rose 'Boeing' (*Rosa hybrida* cv. Boeing). *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology* 16(3):128-132.
- Shobha, K.S., Gowda, J.V.N. (1993). Effect of chemical pre-treatment on vase life of rose cv. 'Queen Elizabeth'. *Indian Rose Annual* 11: 69-71.
- Van Doorn, W.G. (1997). Water relations of cut flowers. *Horticultural Reviews* 18: 1-85.

3. De La Cruz G.G., Arévalo G.L., Peña V.C., Lao A.T., Castillo G.A.M. 2015. The effect of dry and wet handling on the post-harvest quality of three cultivars of *Rosa hybrida*. *Scientia Horticulturae*. Manuscript Number: HORTI14581.

Manuscript Number: HORTI14581

Title: THE EFFECT OF DRY AND WET HANDLING ON THE POST-HARVEST QUALITY OF THREE CULTIVARS OF *Rosa hybrida*

Article Type: Research Paper

Section/Category: Ornamentals, green roofs, vertical gardens

Keywords: Botrytis, floral opening, bacteria, vase life, cold storage

Corresponding Author: Ms. Ma. de Lourdes Arevalo-Galarza, PhD

Corresponding Author's Institution: Colegio de Postgraduados

First Author: Gumercindo de la Cruz-Guzman, Master

Order of Authors: Gumercindo de la Cruz-Guzman, Master; Ma. de Lourdes Arevalo-Galarza, PhD; Cecilia Peña-Valdivia, PhD; Maria Teresa Lao, PhD; Ana Maria Castillo-Gonzalez, PhD

**Abstract:** The effect of dry and wet handling before storage (phase I) and during storage (phase II) in the vase life of three rose cultivars, 'Blush', 'Freedom' and 'Topaz', was evaluated. After harvest, the floral stems of each cultivar were collected and divided into two lots. One lot was kept under dry conditions (DPI), and the second lot was placed in containers with tap water (WPI). Both lots were left for 4 h in the greenhouse. During phase II, or storage, each lot of stems was divided again. The first lot of stems was kept dry (DPII), and the second was placed in buckets with tap water (WPII), making a total of four treatments (DPI+DPII; DPI+WPII; WPI+DPII; WPI+WPII). The lots were kept in refrigerated storage for 7 d at  $1 \pm 1^\circ\text{C}$  and 85 % RH. After storage, different variables (vase life, flower opening, stomatal opening, bacterial count (CFU) and incidence of Botrytis) were evaluated under conditions of  $10 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$  for 12 h and  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ . The results showed that the type of handling during refrigerated storage had a greater influence than that during the first phase on the post-harvest variables evaluated. The stems of 'Blush' and 'Topaz' that were dry stored during the second phase (DPI-DPII or WPI-DPII) had a significantly longer vase life than the wet stored stems (DPI-WPII or WPI-WPII). Regardless of handling, 'Freedom' had the shortest vase life (7.3 d). The stems of 'Topaz' had greater opening with dry handling in the second phase, while 'Blush' and 'Freedom' had greater opening when stored wet. Dry handling in both phases (DPI-DPII) increased fresh weight and water uptake. Water deficit occurred on the second day in 'Freedom', the third day in 'Blush' and the sixth day in 'Topaz', which explains the longer vase life in this last cultivar. The number of colony forming units (CFU mL<sup>-1</sup>) was highest in stems with wet handling in both phases. The smallest stomatal opening occurred in 'Topaz'; this indicates controlled water loss and a positive water status for a longer vase life. The 'Freedom' cultivar was the least sensitive to incidences of Botrytis. In conclusion, the three cultivars can be handled dry or wet during the first phase, but handling during the second phase must be dry for a longer vase life.

Suggested Reviewers: Roberta Paradiso PhD  
Researcher , Department of Agricultural Sciences, , University of Naples, Italy  
rparadis@unina.it  
She work in postharvest management of cut flowers

W.G. McGlasson. PhD  
Researcher , The School of Horticulture, University of Western Sydney, Hawkesbury, Richmond,  
N.S.W. 2753. Australia  
mcglasson@hotmail.com  
Expert in floriculture

John M. Dole PhD  
Researcher , Department of Horticultural Science, North Carolina State University, Raleigh, NC  
27695-7609, USA  
john\_dole@ncsu.edu  
Dr. Dole has published several papers related to postharvest management of cut flowers

Iftikhar Ahmad PhD  
Researcher , Department of Horticultural Science, , North Carolina State University, Raleigh. USA  
iftikharahmadhashmi@gmail.com  
Dr. Ahmad recently published papers in cut flowers management

Daryl Joyce PhD  
Researcher , Department of Employment, Economic Development and Innovation, Eco-Science. , Agri-  
Science Queensland, Australia  
d.joyce@uq.edu.au  
Expert in postharvest management of ornamentals

**THE EFFECT OF DRY AND WET HANDLING ON THE POST-HARVEST  
QUALITY OF THREE CULTIVARS OF *Rosa hybrid***

**ABSTRACT**

The effect of dry and wet handling before storage (phase I) and during storage (phase II) in the vase life of three rose cultivars, 'Blush', 'Freedom' and 'Topaz', was evaluated. After harvest, the floral stems of each cultivar were collected and divided into two lots. One lot was kept under dry conditions ( $D_{PI}$ ), and the second lot was placed in containers with tap water ( $W_{PI}$ ). Both lots were left for 4 h in the greenhouse. During phase II, or storage, each lot of stems was divided again. The first lot of stems was kept dry ( $D_{PII}$ ), and the second was placed in buckets with tap water ( $W_{PII}$ ), making a total of four treatments ( $D_{PI}+D_{PII}$ ;  $D_{PI}+W_{PII}$ ;  $W_{PI}+D_{PII}$ ;  $W_{PI}+W_{PII}$ ). The lots were kept in refrigerated storage for 7 d at  $1 \pm 1^\circ\text{C}$  and 85 % RH. After storage, different variables (vase life, flower opening, stomatal opening, bacterial count (CFU) and incidence of *Botrytis*) were evaluated under conditions of  $10 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$  for 12 h and  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ . The results showed that the type of handling during refrigerated storage had a greater influence than that during the first phase on the post-harvest variables evaluated. The stems of 'Blush' and 'Topaz' that were dry stored during the second phase ( $D_{PI}-D_{PII}$  or  $W_{PI}-D_{PII}$ ) had a significantly longer vase life than the wet stored stems ( $D_{PI}-W_{PII}$  or  $W_{PI}-W_{PII}$ ). Regardless of handling, 'Freedom' had the shortest vase life (7.3 d). The stems of 'Topaz' had greater opening with dry handling in the second phase, while 'Blush' and 'Freedom' had greater opening when stored wet. Dry handling in both phases ( $D_{PI}-D_{PII}$ ) increased fresh weight and water uptake. Water deficit occurred on the second day in

`Freedom`, the third day in `Blush` and the sixth day in `Topaz`, which explains the longer vase life in this last cultivar. The number of colony forming units (CFU mL<sup>-1</sup>) was highest in stems with wet handling in both phases. The smallest stomatal opening occurred in `Topaz`; this indicates controlled water loss and a positive water status for a longer vase life. The `Freedom` cultivar was the least sensitive to incidences of *Botrytis*. In conclusion, the three cultivars can be handled dry or wet during the first phase, but handling during the second phase must be dry for a longer vase life.

**Key words:** *Botrytis*, floral opening, bacteria, vase life, cold storage

1           **THE EFFECT OF DRY AND WET HANDLING ON THE POST-HARVEST**

2                           **QUALITY OF THREE CULTIVARS OF *Rosa hybrid***

3

4   Gumercindo de la Cruz-Guzman<sup>ab</sup>, Lourdes Arévalo-Galarza<sup>a\*</sup>, Cecilia Peña-Valdivia<sup>a</sup>,

5   Maria Teresa Lao<sup>c</sup>, Ana María Castillo González<sup>d</sup>.

6   <sup>a</sup>Colegio de Postgraduados. Recursos Genéticos y Productividad-Fisiología Vegetal.

7   Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, México.

8   <sup>b</sup>Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala,

9   Tlalnepantla, México.

10   <sup>c</sup>Departamento de Agronomía de la Universidad de Almería, Campus Internacional de

11   excelencia Ceia3. Carretera Sacramento, s/n La Cañada de San Urbano, Almería.

12   <sup>d</sup> Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5, Carretera México-Texcoco, Chapingo,

13   México.

14

15   \*Corresponding author: Tel +52 -5959520200 x 1571. E-mail address: [larevalo@colpos.mx](mailto:larevalo@colpos.mx)

16   (L. Arevalo)

17

18

19

20

21

22

23

24

## ABSTRACT

25

26

27         The effect of dry and wet handling before storage (phase I) and during storage  
28 (phase II) in the vase life of three rose cultivars, 'Blush', 'Freedom' and 'Topaz', was  
29 evaluated. After harvest, the floral stems of each cultivar were collected and divided into  
30 two lots. One lot was kept under dry conditions ( $D_{PI}$ ), and the second lot was placed in  
31 containers with tap water ( $W_{PI}$ ). Both lots were left for 4 h in the greenhouse. During phase  
32 II, or storage, each lot of stems was divided again. The first lot of stems was kept dry ( $D_{PII}$ ),  
33 and the second was placed in buckets with tap water ( $W_{PII}$ ), making a total of four  
34 treatments ( $D_{PI}+D_{PII}$ ,  $D_{PI}+W_{PII}$ ,  $W_{PI}+D_{PII}$ ,  $W_{PI}+W_{PII}$ ). The lots were kept in refrigerated  
35 storage for 7 d at  $1 \pm 1^\circ\text{C}$  and 85 % RH. After storage, different variables (vase life, flower  
36 opening, stomatal opening, bacterial count (CFU) and incidence of *Botrytis*) were evaluated  
37 under conditions of  $10 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$  for 12 h and  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ . The results showed that the  
38 type of handling during refrigerated storage had a greater influence than that during the first  
39 phase on the post-harvest variables evaluated. The stems of 'Blush' and 'Topaz' that were  
40 dry stored during the second phase ( $D_{PI}-D_{PII}$  or  $W_{PI}-D_{PII}$ ) had a significantly longer vase life  
41 than the wet stored stems ( $D_{PI}-W_{PII}$  or  $W_{PI}-W_{PII}$ ). Regardless of handling, 'Freedom' had  
42 the shortest vase life (7.3 d). The stems of 'Topaz' had greater opening with dry handling in  
43 the second phase, while 'Blush' and 'Freedom' had greater opening when stored wet. Dry  
44 handling in both phases ( $D_{PI}-D_{PII}$ ) increased fresh weight and water uptake. Water deficit  
45 occurred on the second day in 'Freedom', the third day in 'Blush' and the sixth day in  
46 'Topaz', which explains the longer vase life in this last cultivar. The number of colony  
47 forming units ( $\text{CFU mL}^{-1}$ ) was highest in stems with wet handling in both phases. The

2

48 smallest stomatal opening occurred in `Topaz`; this indicates controlled water loss and a  
49 positive water status for a longer vase life. The `Freedom` cultivar was the least sensitive to  
50 incidences of *Botrytis*. In conclusion, the three cultivars can be handled dry or wet during  
51 the first phase, but handling during the second phase must be dry for a longer vase life.

52

53 **Keywords:** *Botrytis*, floral opening, bacteria, vase life.

54

## 55 **1. Introduction**

56

57 During the post-harvest handling of cut flowers, growers use hydrating solutions or  
58 tap water to maintain turgor. Depending on the system used, it is possible that stems may  
59 have periods of hydration (wet handling) or no hydration (dry handling) when they are  
60 transported for packing or are stored (Rudnicki et al., 1986; Arévalo-Galarza et al., 2012).

61 Wet handling consists of placing the floral stems in containers with only water or in  
62 combination with hydrating or preserving solutions, while dry handling consists of packing  
63 floral stems and storing them without hydration treatment (Mosqueda et al., 2012). Both  
64 have advantages and disadvantages. Dry handling is used for extended storage periods,  
65 while wet handling is preferred for short time periods (Reid, 2009). With dry handling,  
66 more stems are stored per unit area in the cold chamber, labour costs are lower and space  
67 and water are saved (Macnish et al., 2009; Mosqueda et al., 2011).

68 However, not all species tolerate dry storage; for example, dahlia (*Dahlia hybrida*),  
69 freesia (*Freesia hybrida*), gerbera (*Gerbera jamesonii*) and gypsophila (*Gypsophila*  
70 *elegans*) can only be wet stored (Nowak and Rudnicki, 1990). Stems of lisianthus (*Eustoma*  
71 *grandiflorum*) stored at  $2 \pm 1^{\circ}\text{C}$  decrease their vase life by 54 % when stored dry and 42 %

3

72 when stored wet. In the rose cultivars `Kardinal`, `Angelique`, `Polar Star`, `Blush`,  
73 `Highlander`, `Engagement`, `Topaz`, `Freedom` and `Samurai`, the type of handling has  
74 no effect on floral bud opening and water absorption; however, vase life is greater with dry  
75 handling (Ahmad et al., 2012; De La Cruz et al., 2014). The effects that wet or dry storage  
76 before storage (phase I) or during storage (phase II) have on the post-harvest quality of cut  
77 flowers are still unknown. Therefore, the aim of this research was to evaluate the influence  
78 of post-harvest wet or dry handling during phases I and II on the vase life of the *Rosa*  
79 *hybrida* cvs. `Blush`, `Freedom` and `Topaz`.

80

## 81 **2. Materials and methods**

82

### 83 *2.1. Plant material and treatments*

84

85 A total of 40 flowering stems were harvested from each of the *Rosa hybrida*  
86 cultivars `Blush`, `Freedom` and `Topaz` in a commercial greenhouse at 7 am, maintaining  
87 a uniform length (70 cm). Immediately after harvest, the stems were divided into two lots  
88 of 20 stems each. During this first phase (PI), the first lot of stems was wrapped in Kraft  
89 paper, placed in black polyethylene bags, and kept in the greenhouse for 4 h ( $D_{PI}$ ). The  
90 second lot of stems was placed in containers with tap water (pH 7.5; EC 563 mS cm<sup>-1</sup>) with  
91 stem bases immersed to 10 cm and left for 4 h in the greenhouse ( $W_{PI}$ ). Average conditions  
92 inside the greenhouse were  $22 \pm 3^{\circ}\text{C}$  and 77 % RH.

93 After four hours, all the stems were transported to the laboratory; each stem was  
94 weighed individually and cut 5 cm from its base. Each lot was divided again into two lots  
95 for storage at  $1 \pm 1^{\circ}\text{C}$  and 85 % RH for 7 d (PII). One lot of stems was placed in containers

4

96 with tap water ( $W_{PII}$ ) and the other was wrapped in Kraft paper and kept in black  
97 polyethylene bags ( $D_{PII}$ ). This resulted in four treatments ( $D_{PI}+D_{PII}$ ,  $D_{PI}+W_{PII}$ ,  $W_{PI}+D_{PII}$ ,  
98  $W_{PI}+W_{PII}$ ).

99 At the end of storage, a cut of 5 cm was made in the basal part of the stems. Foliage  
100 was removed, leaving 2 trifoliolate and 3 pentafoliolate leaves. To evaluate post-harvest quality  
101 variables, the experimental units (one floral stem in a container with 200 mL of tap water)  
102 were randomly distributed in a room with the following conditions: lighting of 10  $\mu$ moles  
103  $m^{-2} s^{-1}$ , photoperiod of 12 h and temperature of  $20 \pm 3^{\circ}C$ .

104

## 105 2.2. *Vase life (VL) and floral opening*

106

107 The following symptoms of senescence were obtained by quantifying the number of  
108 days from placement in a vase until the appearance of necrotic spots on the periphery of the  
109 petals, loss of turgor pressure, bending of the neck, petal drop and yellowing or abscission  
110 of the leaf.

111

112 On the third day after placing the stems in the vases, floral opening was obtained by  
113 recording the diameter in the upper part of the floral buds with the 0.01 mm precision  
114 Truper<sup>®</sup> digital calliper. The following equation was used:

115

$$IA = \frac{\text{Floral opening}}{\text{Desired floral opening}}$$

116

117 According to De La Cruz *et al.* (2015), the desired floral opening for each rose  
118 cultivar is 67.2 mm for `Freedom`, 88.7 mm for `Topaz` and 90.3 mm for `Blush`.

119

### 120 2.3. Fresh weight (FW), water absorption and evapotranspiration rate

121

122 Individual floral stems were weighed daily on a digital scale (Setra SI-20005, 0.01 g  
123 precision), and the percentage of fresh weight was obtained using the equation:

124

$$FW = \frac{FWn}{FWo} \times 100$$

125

126 where FW = Fresh weight (%); FWn = fresh weight of the floral stem on day 1, 2, 3, n; and

127 FWo = fresh weight of the floral stem on the previous day.

128 In addition, the solution of each vase was weighed (without stems), and water  
129 absorption (WA) was determined using the equation:

$$WA = \frac{(WSn - 1) - WSn}{WiS}$$

130 where WA = water absorption (mL g<sup>-1</sup>); WSn-1 = weight of the solution on the previous

131 day; WSn = weight of the solution on day 1, 2, 3, n; and WiS = initial weight of the

132 respective floral stem.

133 The daily evapotranspiration (ET) rate was obtained with the fresh weight and

134 absorption rate using:

$$ET = \frac{[(FWn) - (FWo)] + [(WSn - 1) - WSn]}{WiS}$$

135 where ET = evapotranspiration rate ( $\text{g g}^{-1}$ ); FWn = weight of the floral stem on day 1, 2, 3,  
136 n; FWo = weight of the stem on the previous day; WSn-1 = weight of the solution on the  
137 previous day; WSn = weight of the solution on day 1, 2, 3, n; and WiS = initial weight of  
138 the flowering stem.

139

#### 140 *2.4 Colony forming units (CFU)*

141

142 Colony forming units were evaluated on the first and fourth days of vase life. For  
143 each cultivar, a duplicate 1 mL of water was taken for each treatment vase. Tap water  
144 without a flowering stem was used as the control. Each sample was placed in the middle of  
145 a plate for total aerobic counts (Petrifilm 3M<sup>TM</sup>) and incubated at room temperature for 72  
146 h. The CFU count was then performed.

147

#### 148 *2.5 Number of stomata and stomatal pore opening*

149

150 The number of stomata and stomatal pore openings were evaluated on days 1 and 4 of  
151 vase life. Epidermal impressions of the second pentafoliate leaf were obtained. A layer of  
152 transparent cosmetic varnish was applied between veins and left to dry for 30 min. The coat  
153 was then removed and mounted on a slide, with the imprinted side toward the microscope.  
154 Photographs were taken using a photomicroscope with a 6.3X power objective (III, Carl  
155 Zeiss) with an integrated digital camera for microscopy (PAXcam 3). The number of  
156 stomata per square millimetre was quantified, and the area of the stomatal pore was  
157 measured from photographs taken with the 40 X objective lens of the same microscope.

158 The segmentation of pores was performed with the free software GIMP, 2.8.4, and area was  
159 obtained with the Image tool (3.40) (Willcox et al., 2002).

160

## 161 *2.6 Incidence of Botrytis*

162

163 On day seven of vase life, the incidence of *Botrytis* was determined using a visual  
164 scale that considers four levels of damage: 0) absence of visible symptoms; 1) necrotic  
165 spots on the petals (maximum of 3 per petal or 5 on several petals); 2) necrotic patches on a  
166 maximum of three petals; 3) brown patches on the apex of the petals and turgor loss; and 4)  
167 brown patches over most of the surface, including the centre, wilt and petal drop (Figure 1).  
168 Vase life was considered finished when the stems reached level 3 even though the leaves  
169 were turgid.

170

## 171 *2.7 Statistical analysis*

172

173 The analysis for the variables vase life and floral opening index was performed as  
174 three factors with random treatments: 1. Rose cultivars: 'Blush', 'Topaz' and 'Freedom'; 2.  
175 Dry and wet handling (phase I); and 3. Dry and wet handling (phase II) with 10  
176 replications. For variables evaluated more than twice, an analysis of variance and  
177 comparison of means was performed (Tukey's  $< 0.05$ ) for treatments during each  
178 evaluation period. The statistical package SAS<sup>®</sup> 9.0 for Windows was used.

179

180

181

182 **3. Results and discussion**

183

184 *3.1. Vase life (VL) and floral opening*

185

186 The stems of the Topaz cultivar had the longest vase life (8.37 d) compared to the  
187 other cultivars (Table 1). In both post-harvest phases, the stems of all the dry-handled  
188 cultivars had a 13 % higher vase life compared to those with wet handling. The cultivar-  
189 phase relationship was highly significant, demonstrating that in the `Blush` and `Topaz`  
190 cultivars, dry conditions during phase II were a determining factor for improved vase life.  
191 In the `Freedom` cultivar, wet handling in both phases significantly reduced vase life  
192 (Table 1).

193 It has been reported that rose floral stems have greater vase life when dry handled  
194 than wet handled during the entire post-harvest period, without dividing it into phases  
195 (Faragher, 1984; Mor, 1988; Mosqueda et al., 2012; Ahmad et al., 2012). Wet storage  
196 keeps the hydraulic conductivity in the stem as a consequence of metabolic activity,  
197 resulting in shorter vase life after storage. For example, floral buds of lisianthus stored in  
198 tap water at  $2 \pm 1^\circ\text{C}$  for 1 to 3 weeks continued to grow. However, when they were moved  
199 to the vase, premature bud dropping occurred, leaving on average of 2.8 buds per floral  
200 stem. Under dry conditions, the number of buds that reached opening was 3.7 (Singh et al.,  
201 2004; Ahmad et al., 2012).

202 The stems of `Topaz` had a floral opening index of 10 and 20 % greater than  
203 `Freedom` and `Blush`, respectively. The cultivar\*phase I relationship did not have an  
204 effect on floral opening, while the cultivar\*phase II relationship was highly significant,

205 demonstrating that floral opening in the stems of the 'Freedom' cultivar was favoured by  
206 wet conditions, contrary to 'Topaz' (Table 2).

207 The opening index is related to floral bud maturity, sugar reserves and the  
208 absorption of water necessary for petal expansion (Wills et al., 1998; Reid, 2009; Ichimura  
209 and Shimizuko-Yumoto, 2007). Stems of 'Freedom' had a lower fresh weight ( $38.2 \pm 0.94$   
210 g) and vase life than those of 'Blush' and 'Topaz' but intermediate water absorption ( $0.38$   
211  $\text{mL g}^{-1}$ ), demonstrating that carbohydrate reserves in the stem and petals are important for  
212 flower opening (Evans and Reid, 1988).

213

### 214 3.2. Fresh weight (FW), absorption and evapotranspiration rate

215

216 During the first day in the vase, the stems of the three cultivars increased their fresh  
217 weight to 102 %, being highest in the treatments  $D_{PI}-D_{PII}$  in 'Freedom' (108 %) and  $D_{PI}-$   
218  $D_{PII}$  and  $W_{PI}-D_{PII}$  in 'Topaz' (109 %). After the second day, fresh weight continuously  
219 decreased for all treatments. The stems that were dry handled for the two phases ( $D_{PI}-D_{PII}$ )  
220 had a significantly lower decrease in fresh weight compared to the wet-handled stems ( $W_{PI}-$   
221  $W_{PII}$ ) because during storage in water, the tissues were hydrated and the stomatal openings  
222 were 20 % larger than the stems under dry storage. Open stomata maintain a transpiration  
223 gradient that favours water absorption at the base of the stems.

224 On day 7, the fresh weight of the 'Blush' and 'Freedom' cultivars was between 85  
225 and 90 %, while in 'Topaz', it was between 92 and 95 %. A fresh weight in these ranges led  
226 to a better opening and greater vase life. Weight loss of more than 15 % in the stems of the  
227 three cultivars showed wilt, without the possibility of recovery.

228 After storage, the absorption rate was significantly higher (0.37, 0.48 and 0.65 mLg<sup>-1</sup>)  
229 <sup>1</sup>) in the stems of the D<sub>PI</sub>-D<sub>PII</sub> treatment compared to the W<sub>PI</sub>-W<sub>PII</sub> treatment, which  
230 absorbed 0.26, 0.29 and 0.48 mL g<sup>-1</sup> for `Blush`, `Freedom` and `Topaz`, respectively. The  
231 higher absorption in D<sub>PI</sub>-D<sub>PII</sub> is due to stress generating a higher water potential gradient  
232 compared to those cultivars that had been previously hydrated in either of the two phases.  
233 On day 7, `Topaz` had a 30 % greater absorption compared to `Blush` and `Freedom` (0.21  
234 mL g<sup>-1</sup>), which had shorter vase lives. On the first day, the evapotranspiration rate was  
235 lower than the absorption rate of water, so it remained in positive water balance. However,  
236 in the `Freedom` rose, a water deficit occurred during the second day and in `Blush` on day  
237 3, while in `Topaz`, it occurred on the 6th day, resulting in greater vase life. When the rate  
238 of absorption is greater than that of transpiration and there is a positive water balance, fresh  
239 weight is maintained longer and vase life increases. However, if transpiration exceeds  
240 absorption, either from metabolic activity or vascular occlusion, a water deficit occurs,  
241 causing wilting or premature folding of the floral peduncle (bent neck) (Reddy and Singh,  
242 1996; Robinson et al., 2009; Macnish et al, 2009; Hussen and Hassen, 2013).

243

### 244 3.3. Colony-forming units (CFU)

245

246 In the three cultivars, floral stems with wet handling (W<sub>PI</sub>, W<sub>PII</sub>) for both phases had  
247 more bacteria on the first day (136 to 189 CFU mL<sup>-1</sup>) than those with dry handling (D<sub>PI</sub>,  
248 D<sub>PII</sub>; 63 to 134 CFU mL<sup>-1</sup>; Figure 2).

249 The number of CFU in the vase solution correlates positively with their presence in  
250 the basal part of the stem, with the rose being one of the most susceptible species to the  
251 presence of micro-organisms, affecting the absorption of water and reducing vase life (van

252 Doorn and Witte, 1991; Bleeksma and van Doorn, 2003; Arévalo-Galarza et al., 2012).  
253 Concentrations of  $10^7$  CFU mL<sup>-1</sup> decrease the hydraulic conductivity (Kh) and vase life of  
254 the rose cultivar 'Sonia', while water flow occlusion occurs when the number of bacteria in  
255 the basal part of the flowering stem is greater than or equal to  $10^8$  CFU mL<sup>-1</sup> (Witte and van  
256 Doorn, 1988; Bleeksma and van Doorn, 2003). In the vase solutions evaluated, the amount  
257 of bacteria was less than  $10^7$  CFU mL<sup>-1</sup>. However, this demonstrates the disadvantages of  
258 wet handling because if the initial quantity of bacteria in the basal part of the stem is  
259 significant; coupled with poor hygiene, the risk of occlusion by bacteria increases.

260

#### 261 *3.4. Number of stomata and stomatal pore opening*

262

263 The leaves of 'Topaz' have 73.8 stomata per mm<sup>2</sup>, which is significantly greater  
264 than 'Blush' and 'Freedom', with 54 stomata per mm<sup>2</sup>. Similar results have been reported  
265 for the rose cultivars 'Vega' (57.6) and 'Grand Gala' (60.4 stomata mm<sup>-2</sup>; Hernández et al.,  
266 2009). Stomatal density depends on the genetic characteristics of the material as well as the  
267 growing conditions; however, the area of the stomatal pore opening can change quickly  
268 according to treatment.

269 On day 1, the cultivars with dry handling during the first phase ( $D_{PI-D_{PII}}$  and  $D_{PI-}$   
270  $W_{PII}$ ) had smaller stomatal pore opening compared to the wet-handled cultivars ( $W_{PI-D_{PII}}$   
271 and  $W_{PI-W_{PII}}$ ). In other words, dry handling during the first phase determined the stomatal  
272 opening during the post-harvest period, resulting in a longer vase life. 'Freedom' had the  
273 largest stomatal opening (89 to 102  $\mu\text{m}^2$ ) and the shortest vase life, while 'Topaz' had the

274 smallest opening (22.7 to 32  $\mu\text{m}^2$ ) and a longer vase life, suggesting an effect of the  
275 stomatal opening on post-harvest life (Figure 3).

276

### 277 3.5. Incidence of *Botrytis*

278

279 In the three rose cultivars, the incidence of *Botrytis* in petals was lower when the  
280 floral stems were dry handled in the two phases of the post-harvest ( $D_{PI}-D_{PII}$ ). Wet handling  
281 during phase II or storage ( $D_{PI}-W_{PII}$  or  $W_{PI}-W_{PII}$ ) increased the incidence of *Botrytis* by 50  
282 % in 'Freedom' and 75 % in 'Blush' and 'Topaz'. When the flowering stems were wet  
283 handled during the first phase and dry handled during the second ( $W_{PI}-D_{PII}$ ), incidence was  
284 moderate (Figure 4).

285 Germination of *Botrytis* conidia depends on handling and temperature changes that  
286 cause water condensation on the surface of the petals (Latorre and Rioja, 2002) as well as  
287 on the characteristics of the cultivar. For example, the rose cultivars 'Avalanche' and  
288 'Aqua' are more tolerant than 'Red Naomi' (Harkema et al., 2013).

289

## 290 4. Conclusions

291

292 Handling (wet or dry) during the first phase of the post-harvest has less influence on  
293 the post-harvest life of rose stems than the storage phase. During storage at low  
294 temperature, keeping stems without water increases their longevity and floral bud opening,  
295 which reflects a more attractive visual appearance for the consumer and reduces the  
296 incidence of *Botrytis*. Dry storage of roses decreases the cost of manipulating the stems and

297 the use of preserving solutions and is a good option in places where the availability of good  
298 quality water is scarce.

299

### 300 **Acknowledgments**

301 This research was supported by the PhD scholarship number 265094 of Gumercindo de la  
302 Cruz-Guzman from the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT-México).

303

### 304 **References**

305 Ahmad, I., Dole, J.M., Amjad, A., Ahmad, S. 2012. Dry Storage Effects on Postharvest  
306 Performance of Selected Cut Flowers. *HorTechnology*, 22:463-469.

307 Arévalo-Galarza L., García-Osorio C., Rosas-Saito G. H. 2012. Factores que afectan la vida  
308 de florero en flores de corte. *Agroproductividad* 5(3):28-35.

309 Bleeksmá, H.C., van Doorn, W.G. 2003. Embolism in rose stems as a result of vascular  
310 occlusion by bacteria. *Postharvest Biology and Technology* 29:334-340.

311 De la Cruz, G.G., Arévalo-Galarza, M.L., Lao, A.T. 2014. Almacenamiento seco a  
312 temperatura ambiente de siete cultivares de *Rosa hybrida*. VI Jornadas Ibéricas de  
313 Horticultura Ornamental. 68:157-164.

314 De la Cruz, G.G., Arévalo-Galarza, M. L., Peña, V. C., Castillo, G. A., Colinas, L. T.,  
315 Mandujano, P. M. 2015. Influencia del índice de cosecha en la vida de florero de  
316 siete cultivares de *Rosa hybrida*. *Agroproductividad* 8(2):3-11.

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

- 319 Evans, R. Y., Reid, M.S. 1988. Changes in carbohydrates and osmotic potential during  
320 rhythmic expansion of petals. Amer. Soc. Hort. Sci. 113(6):884-888.
- 321 Faragher, J.D., Mayak, S., Tirosh, T. and Halevy, A. H. 1984. Cold storage of rose flowers:  
322 Effects of cold storage and water loss on opening and vase life of 'Mercedes' roses.  
323 Sci. Hortic. 24:369-378.
- 324 Harkema, H., Mensink, M.G.J., Somhorst, D.P.M., Pedreschi, R.P., Westra, E.H. 2013.  
325 Reduction of *Botrytis cinerea* incidence in cut roses (*Rosa hybrida* L.) during long  
326 term transport in dry conditions. Post. Biol. Technol. 76:135-138.
- 327 Hernández, H. F., Arévalo-Galarza, M.L., Colinas, L.M.T., Zavaleta, M.H.A., Valdez C.J.  
328 2009. Diferencias anatómicas y uso de soluciones de pulso en dos cultivares de rosa  
329 (*rosa* sp.). Revista Chapingo Serie Horticultura 15(2):11-16.
- 330 Hussien, S., Hassen, Y. H. 2013. Review on the impact of different vase solutions on the  
331 postharvest life of rose flower. Int. J. Agric. Res. Rev. 1(2):13-17.
- 332 Ichimura, K., Shimizuko-Yumoto, H. 2007. Extension of the vase life of cut roses by  
333 treatment with sucrose before and during simulated transport. Bull National Institute  
334 Florida Science 7: 17-27.
- 335 Latorre, B.A., Rioja, M.E. 2002. Efecto de la temperatura y de la humedad relativa sobre la  
336 germinación de conidias de *Botrytis cinerea*. Ciencia e Investigación Agraria  
337 29(2):67-71
- 338 Macnish, A.J., Thejje, D.D., Reid, M.S., Jian, C.Z. 2009. An alternative postharvest  
339 handling strategy for cut flowers dry handling after harvest. Acta Hortic. 847: 215-  
340 222.
- 341 Mor, Y. 1988. Long term storage of roses. Acta Hortic. 261:271-279.

- 342 Mosqueda, L., Arévalo Galarza, M. L., Valdovinos, P. G., Rodríguez, P.E., Colinas, L. T.  
343 2012. Manejo y almacenamiento en seco y húmedo de cuatro cultivares de rosa de  
344 corte. Revista Chapingo Serie Horticultura 18(3): 317-323, 2012
- 345 Mosqueda, L.G., Arévalo-Galarza, M.L., Valdovinos, P.G., Rodríguez, P.J., Colinas L.T.  
346 2011. Época de corte y manejo de ocho cultivares de rosa de corte. Revista  
347 Mexicana de Ciencias Agrícolas, 3:591-602.
- 348 Nowak, J., Rudnicki, R.M. 1990. Postharvest handling and storage of cut flowers, florist  
349 greens and potted plant. Portland: Timber Press p. 210.
- 350 Reddy, B.S., Singh, K. 1996. Effects of selected chemicals on vase life of tuberose cut  
351 flowers. J. Maharashtra Agricultural Universities. 21:201-203.
- 352 Reid, M. S. 2009. Postcosecha y Manejo de las Flores de Corte. Ediciones HortiTecnia  
353 Ltda, Bogotá, Colombia. 38 p.
- 354 Robinson, T., Graham, M., Dixon, A., Zheng, Y. 2009. Aqueous ozone can extend vase-life  
355 in cut rose. J. Hortic. Sci. Biotech. 84: 97-101.
- 356 Rudnicki, R.M., Goszcynska, D., Nowak, J. 1986. Storage of cut flowers. Acta Hortic.  
357 181:285-296.
- 358 Singh, K., Sing, P.J., Kumar, R. 2004. Effect of some chemicals on keeping quality of cut  
359 roses. Adv. Hort. Sci. 18:161-167.
- 360 van Doorn, W.G., de Witte Y. 1991. Effect of dry storage on bacterial counts in stems of  
361 cut rose flowers. HortScience 26(12):1521-1522.
- 362 Willcox, D., Dove, B., McDavid, D., Greer, D. 2002. Image Tool for Windows ver. 3.0.  
363 The University of Texas Health Science Center in San Antonio U.S.A. 275 p.

364 Wills, R., McGlasson, B., Graham, D., Joyce D. 1998. Postharvest: An introduction to the  
365 physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. UNSW Press,  
366 Australia 262 p.  
367  
368  
369  
370  
371

Tables

Table 1. Vase life of three rose cultivars handled dry and/or wet before (phase I) and during storage (phase II).

Treatments	Cultivars		
	Blush	Freedom <sup>z</sup>	Topaz
Means	7.35 ± 0.44 b	7.30 ± 0.38 b	8.37 ± 0.32 a
<b>Cultivar*Phase I</b>			
D	7.80 ± 0.36 a	7.75 ± 0.25 a	9.05 ± 0.20 a
W	6.90 ± 0.23 b	6.85 ± 0.25 b	7.70 ± 0.13 b
Interaction C*PI	ns		
<b>Cultivar*Phase II</b>			
D	8.45 ± 0.23 a	7.55 ± 0.25 a	8.50 ± 0.26 a
W	6.25 ± 0.14 b	7.05 ± 0.29 b	8.25 ± 0.19 b
Interaction C*PII	**		
<b>Cultivar*PI*PII</b>			
D <sub>PI</sub> +D <sub>PII</sub>	9.20 ± 0.29 a	7.60 ± 0.37 a	9.40 ± 0.22 a
D <sub>PI</sub> +W <sub>PII</sub>	6.40 ± 0.16 c	7.90 ± 0.35 a	7.60 ± 0.22 c
W <sub>PI</sub> +D <sub>PII</sub>	7.70 ± 0.15 b	7.50 ± 0.34 a	8.70 ± 0.30 b
W <sub>PI</sub> +W <sub>PII</sub>	6.10 ± 0.23 c	6.20 ± 0.25 b	7.80 ± 0.13 c
Interaction C*PI*PII	**		

<sup>z</sup>The means in each column with different letter within classes are statistically different Tukey (P < 0.05). D, dry; W, wet; PI, phase I; PII, phase II; ns, no significant; \*\*, significant at 1 %.

Tables

Table 2. Flower opening index (FO) of three rose cultivars handled dry and/or wet before (phase I) and during storage (phase II).

Treatments	Cultivars		
	Blush	Freedom	Topaz
Means	0.68 ± 0.03 c	0.76 ± 0.05 b	0.84 ± 0.06 a
Cultivar*Phase I			
D	0.68 ± 0.02 a	0.73 ± 0.04 a	0.79 ± 0.05a
W	0.69 ± 0.03 a	0.79 ± 0.03 a	0.88 ± 0.04 a
Interaction C*PI	ns		
Cultivar*Phase II			
D	0.67 ± 0.03 a	0.67 ± 0.03 b	1.00 ± 0.02 a
W	0.70 ± 0.02 a	0.84 ± 0.02 a	0.67 ± 0.03 b
Interaction C*PII	**		
Cultivar*PI*PII			
D <sub>PI</sub> +D <sub>PII</sub>	0.65 ± 0.03 b	0.61 ± 0.04 c	1.00 ± 0.03 a
D <sub>PI</sub> +W <sub>PII</sub>	0.71 ± 0.02 a	0.84 ± 0.02 a	0.72 ± 0.02 b
W <sub>PI</sub> +D <sub>PII</sub>	0.63 ± 0.05 b	0.73 ± 0.04 b	1.00 ± 0.03 a
W <sub>PI</sub> +W <sub>PII</sub>	0.70 ± 0.03 a	0.85 ± 0.04 a	0.74 ± 0.04 b
Interaction C*PI*PII	*		

<sup>z</sup> The means in each column with different letter within classes are statistically different Tukey (P < 0.05). D, dry; W, wet; PI, phase I; PII, phase II; ns, no significant; \*, significant at 5%; \*\*, significant at 1%.

Figures



Fig. 1. Visual scale related to *Botrytis* incidence

Figures

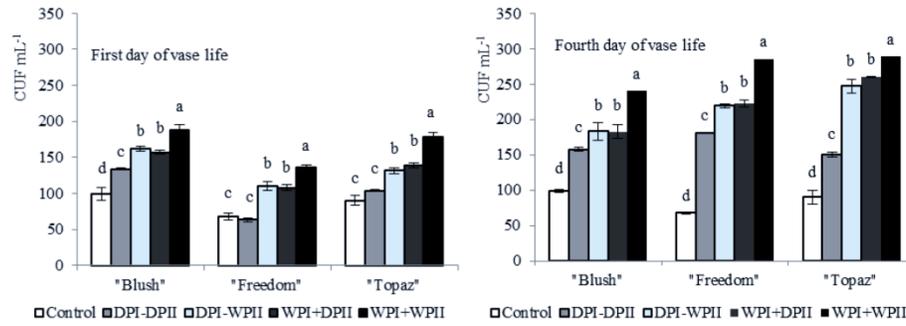


Fig. 2. Colony forming units (CFU mL<sup>-1</sup>) in three rose cultivars handled dry and/or wet before (phase I) and during storage (phase II). Values are presented as the mean ± SE (n=2). Different letters in each cultivar are significantly different. Tukey (P < 0.05).

## Figures

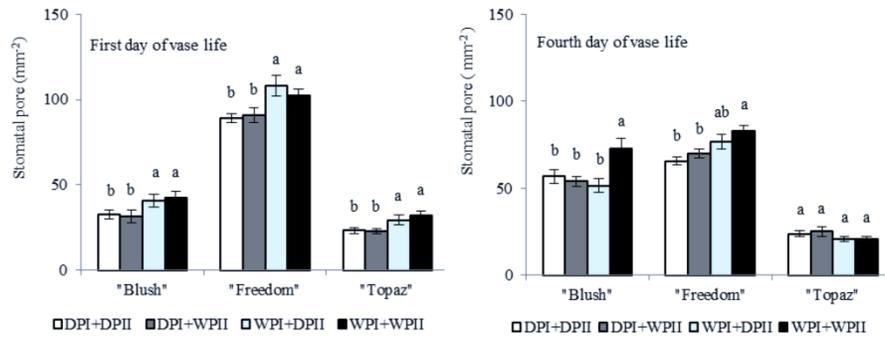


Fig. 3. Stomatal opening in three rose cultivars handled dry and/or wet before (phase I) and during storage (phase II). Values are presented as the mean  $\pm$  SE (n=15). Different letters in each cultivar are significantly different. Tukey ( $P < 0.05$ ).

## Figures

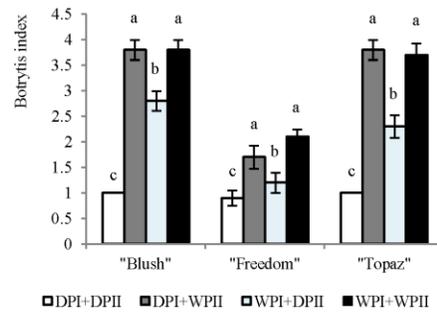


Fig. 4. *Botrytis* index in three rose cultivars handled dry and/or wet before (phase I) and during storage (phase II). Values are presented as the mean  $\pm$  SE (n=10). Different letters in each cultivar are significantly different. Tukey ( $P < 0.05$ ).