

## Evaluación de preservantes florales en la poscosecha de tres variedades de clavel estándar

Evaluation of floral preservatives in the postharvest of three varieties of standard carnation

Paola López<sup>1</sup>, Diana Patricia Neisa<sup>1</sup>, Cecilia Bacca<sup>2</sup> y Víctor Julio Flórez<sup>3</sup>

### RESUMEN

En clavel es imprescindible el tratamiento poscosecha a base de tiosulfato de plata (STS), para garantizar una mayor longevidad floral; sin embargo, los tratamientos anti-etilénicos a base del ión plata implican contaminación ambiental. El objetivo de este estudio fue realizar la evaluación de diferentes compuestos en la poscosecha de clavel estándar variedades Nelson, Dream y Delphi, como posibles sustitutos del STS. Para este fin, se utilizaron tratamientos a base de STS, SR-AOA (ácido aminooxacético de liberación lenta) y quitosán. En seguida a la cosecha de los tallos florales se realizó una simulación de viaje con una duración aproximada de 21 días; posteriormente, las flores fueron sometidas a evaluaciones de longevidad, velocidad de apertura, color y consumo de agua. En la evolución de la vida en florero, se observó la misma tendencia para las tres variedades: un primer grupo de mayor longevidad floral, conformado por los tratamientos a base de SR-AOA y STS, con un promedio de durabilidad de 14 a 20 días; y el segundo grupo, de menor longevidad floral, conformado por los tratamientos a base de quitosán, quitosán más ácido cítrico, quitosán más AOA y testigo absoluto, con una duración promedio de 6 a 8 días.

**Palabras clave:** quitosán, tiosulfato de plata, ácido aminooxácético, compuestos anti-etilénicos, contaminación ambiental.

### ABSTRACT

In cut carnation, it is indispensable the postharvest treatment based on silver thiosulphate (STS) in order to guarantee high flower longevity; nevertheless, the anti-ethylene treatments with the silver ions imply an environmental pollution. The objective of this study was to carry out the evaluation of different compounds in the post harvest of standard carnation varieties Nelson, Dream and Delphi, as possible replacements of the STS treatment. For this purpose, the treatments based on STS, SR-AOA (slow release aminooxyacetic acid) and chitosan were used. Following the harvest of flower stalks, a trip simulation for 21 day was carried out; subsequently, the flowers stalks were evaluated for longevity, blooming speed, color and water consumption. In the evolution of the vase life, the same tendency for the three varieties was observed: a first group of higher flower longevity conformed by treatments based on SR-AOA and STS had an average duration from 14 to 20 days; and the second group of lower flower longevity conformed by the treatments based on chitosan, chitosan plus citric acid, chitosan plus AOA and absolute control had an average duration from 6 to 8 days.

**Key words:** chitosan, silver thiosulphate, amino oxyacetic acid, anti-ethylene compounds, environmental contamination.

### Introducción

En la poscosecha del clavel el efecto del etileno sobre el tejido vegetal es uno de los aspectos a controlar. Esta fitohormona causa un rápido enrollamiento de los pétalos, adormecimiento o incapacidad de apertura de los botones florales y reduce significativamente la longevidad de la flor en el florero, produciendo senescencia, marchitamiento y cambio en el color de los pétalos (Reid y Hunter, 2000; Reid y Dodge, 2007). La aplicación de etileno en rosas Golden Wave aumenta la velocidad de la apertura floral, pero promueve la senescencia de las flores tratadas, y la disminución del tamaño de los pétalos (Mayak y Halevy, 1972).

Entre los efectos del etileno estaría la alteración de la integridad de las membranas celulares durante la senescencia. Al respecto, Suttle y Kende (1980) afirman que el aumento de la permeabilidad de las membranas celulares es producido por la pérdida masiva de fosfolípidos, evento que desequilibra la relación esterol:fosfolípidos aumentando así la microviscosidad de las membranas.

Como en otras Caryophyllaceae, en clavel es imprescindible el tratamiento poscosecha a base de tiosulfato de plata (STS) para aumentar la longevidad floral. En la Sabana de Bogotá, el ión plata es ampliamente utilizado para la conservación de flores de corte, ya que su uso como inhibidor

Fecha de recepción: noviembre 11 de 2007. Aceptado para publicación: abril 9 de 2008

<sup>1</sup> Licenciadas en Química, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá. josohannalopez@hotmail.com; neisapatricia@yahoo.com.mx

<sup>2</sup> Profesora titular, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá. cbacca@pedagogica.edu.co

<sup>3</sup> Profesor asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. vjfllorez@unal.edu.co

de etileno es eficaz. No obstante, un efecto indirecto de los tratamientos que contienen este ión es su acción negativa sobre el componente biótico debido a su difícil degradación y alta persistencia (Nell, 1992, citado por Bowyer *et al.*, 2003).

En el comercio existen diversos productos con efecto anti-etilénico: algunos a base de STS, como Chrysal AVB, Floríssima 125 y Florissant 100 y otros con impacto ambiental menos negativo. Entre ellos, se encuentran los productos derivados del ácido aminooxacético (AOA), como Chrysal EVB y Floríssima 135, además del 1-metil ciclopropano (1-MCP).

El AOA es un potente inhibidor de la primera etapa específica de la síntesis del etileno. Actúa inhibiendo la enzima ACC sintasa, dependiente de fosfato de piridoxal, bloqueando la conversión de la S-adenosilmetionina (SAM) en ácido 1-amino-ciclopropano-1-carboxílico (ACC) (Yang, 1985; Taiz y Zeiger, 1998).

Se han reportado resultados positivos con productos a base de AOA aplicados al clavel; Cubillos *et al.* (2001) encontraron que el uso de Floríssima 135, producto a base de AOA, preserva criterios aceptables de valor decorativo como color y grado de apertura floral.

Sin embargo, estos compuestos mantienen una longevidad floral siempre menor que la de los tratados con STS (Staby *et al.*, 1993). Esto se debe a que el AOA inhibe la síntesis del etileno, pero no impide el efecto del etileno proveniente de otras fuentes.

Por otro lado, entre otras aplicaciones, la quitina-quitosan tendría acción como germicida de amplio espectro (Benavides, 2002) y según Shepherd *et al.* (1997), al ser un polisacárido de carga positiva, puede ser usado para precipitar moléculas de carga negativa (acción floculante); razón por la cual se supone su eficiencia como ingrediente en preservantes florales. Este compuesto es un polímero biodegradable que proviene del tratamiento químico de la quitina, principal componente del exoesqueleto de camarones, cangrejos y otros crustáceos.

En Colombia, según cifras del Departamento Nacional de Planeación y del Instituto Nacional de Pesca Artesanal, entre industrias pesqueras de mayor y menor escala se genera un volumen anual aproximado de 5.000 ton de desechos, incrementando el nivel de contaminación en los puertos pesqueros del país. Un uso de estos desechos es la extracción

del quitosan, compuesto con resultados alentadores en el campo de la medicina y biotecnología, que le coloca entre los candidatos a posibles polímeros del futuro (Benavides, 2002). Sin embargo, la utilización del quitosan en el campo agronómico ha sido poco explorada.

En este estudio se vislumbran posibilidades del uso de sustitutos de compuestos a base de plata en la conservación de flores de exportación, particularmente en clavel, para lo cual fueron evaluados diversos compuestos en la longevidad floral de clavel (*Dianthus caryophyllus* L.), variedades Nelson, Dream y Delphi.

## Materiales y métodos

El ensayo se realizó en la finca Splendor Flowers (El Corzo), ubicada en el municipio de Facatativá a una altitud de 2.586 msnm, con promedios de temperatura de 14 °C y de humedad relativa del 70%.

En los laboratorios de la Universidad Pedagógica Nacional se estandarizó el método para la síntesis de quitosan y la consecuente obtención del gel; posteriormente, se prepararon las soluciones de hidratación, que fueron empleadas en evaluaciones de las distintas fases.

En las instalaciones de la finca se llevó a cabo la cosecha, la clasificación, la hidratación y la simulación de viaje de los tallos florales de clavel estándar empleados en el ensayo. Para todas las fases, la cosecha se realizó a primer pico de producción, en punto semiajustado y a primera hora de la mañana. Se utilizaron ramos de calidad Fancy, los cuales se confeccionaron con 20 flores cada uno y en un solo nivel para evitar maltrato. En el proceso de hidratación en poscosecha se usaron baldes con capacidad de 5 L, donde la lámina de agua fue de 10 cm, de tal forma que la solución cubriera la base de los tallos florales. Por cada tratamiento se hidrataron 30 tallos.

Para la obtención de la solución de tiosulfato de plata se emplearon las siguientes soluciones madres: tiosulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ )  $1,8 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ , nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ )  $0,9 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  y citrato de hidroxiquinoleína  $0,15 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ . Una vez preparadas las soluciones con agua destilada y por separado se llevó a cabo su mezcla, teniendo especial cuidado con el manejo de la luz, preferiblemente en cuarto oscuro. La adición del nitrato de plata se realizó en último lugar para evitar precipitaciones. En los tratamientos con quitosan más ácido cítrico, éste se utilizó con la finalidad de ajustar el pH de la solución.

## Síntesis del gel de quitosan

La tabla 1 presenta el procedimiento para la síntesis y obtención del gel de quitosan a partir de desechos de crustáceos.

## Fases del trabajo

El trabajo se organizó en cuatro fases: 1) optimización de las condiciones de trabajo y de los criterios de eliminación en flor, tallos y follaje. Se emplearon 250 tallos de la variedad Delphi, utilizando ocho tallos florales por florero, con los cuales se evaluaron las soluciones de hidratación respectivas (tabla 2); 2) evaluación de los tratamientos de la fase previa, aplicados a las variedades Nelson, Dream y Delphi e insistiendo en el compuesto quitosan más ácido cítrico. Se cosecharon 250 tallos florales de cada una de las variedades, utilizando seis tallos florales por florero para evaluar las soluciones de hidratación correspondientes (tabla 2); 3) evaluación de la longevidad floral en los laboratorios de Florcontrol (empresa especializada en manejo poscosecha de flor de corte), con la finalidad de contrastar los resultados de las fases anteriores, empleando los tratamientos que mostraron mejor desempeño. Se cosecharon 500 tallos florales de cada una de las variedades en estudio, acondicionando seis tallos por florero en las soluciones de hidratación que se muestran para esta fase en la tabla 2, y; 4) evaluación de la longevidad floral en la finca para corroborar los mejores tratamientos de hidratación de la

flor. Se cosecharon 300 tallos florales de cada una de las tres variedades, hidratando cinco tallos por florero con las diferentes soluciones de hidratación de esta fase (tabla 2).

## Simulación de viaje

De forma secuencial, sin interrupciones y de acuerdo con el protocolo previamente propuesto por la finca, entre el 21 de febrero y el 10 de noviembre de 2005 se hizo la simulación de viaje, así: 24 h de rotación en cuarto frío (2-3 °C), 24 h a temperatura ambiente (6-14 °C), 17 días en cuarto frío (2-3 °C) y 48h a temperatura ambiente (6-14 °C). Las cajas fueron recubiertas con icopor antes de colocarlas en cuarto frío con la finalidad de simular un “pallet”. Durante el proceso se midieron las variables temperatura y humedad relativa. Para ello, se colocó un higrotermómetro (TempTale H) en el interior de la caja, a 25 cm de uno de los extremos, asegurándolo contra la pared de cartón.

## Longevidad floral

Para la evaluación de la longevidad floral se acondicionó un laboratorio en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, en donde no entra radiación directa ni se permite el intercambio de aire, evitando la entrada directa de viento. Se mantuvo un fotoperiodo de 12 h con luz fluorescente, con lo que se obtuvieron 107 footcandles, a la altura de los botones florales. La longevidad floral se evaluó a partir del día en el que se acondicionaron los tallos florales en el florero

**TABLA 1.** Proceso de síntesis y preparación del gel de quitosan a partir de desechos orgánicos de crustáceos.

| Metodología  | Desarrollo  |
|--|---|
| Extracción del quitosan                                  | Triturar el cefalotórax hasta obtener tamaños de partículas entre 0,5 y 2 cm <sup>2</sup> . El empleo de cefalotórax precocido facilita la trituración. Previo a este paso pueden recuperarse las vísceras y el resto de tejido muscular adherido sin que esto afecte al procedimiento ni los rendimientos finales.   |
|  | Añadir alcohol en relación sólido:líquido 1:2 y agitar esporádicamente durante 16 h en caso de que quiera recuperarse el tensoactivo en la fase alcohólica. Este paso puede obviarse.   |
|  | Añadir NaOH 0,5% en relación sólido-líquido 1:3 y agitar durante 0,5-1 h a 60-80 °C. Separar el sólido del sobrenadante y repetir con el sólido remanente esta operación. Los dos sobrenadantes se unen y se neutralizan con HCl. El rendimiento de extracción medio es un 2% de proteína bruta en solución, lo que equivale a un 10-12% de proteína removida, de decir, el 75-85% del total proteico existente en el material original.  |
| Parte I. Material de partida cefalotórax fresco y húmedo | El sólido resultante de la extracción se lava con agua acidulada y se somete a la descarbonatación con HCl 2N (relación sólido:líquido 1:5) durante 1-2 h a temperatura ambiente y con agitación ocasional. Teniendo en cuenta la alta proporción de carbonatos del material original (28% base seca) se obtiene en este proceso una buena cantidad de CO <sub>2</sub> , prácticamente puro recuperable mediante las tecnologías habituales y aprovechables, por ejemplo, en la producción de refresco. La solución ácida remanente contiene como promedio un 5% de CaCl <sub>2</sub> , impuro, con buenas propiedades deshidratantes. El tiempo y la concentración de ácido deben ajustarse no sólo con base al contenido de cenizas, sino además en dependencia del peso molecular final deseable en el polímero. |
|  | El sólido resultante del paso anterior (30-40% del peso inicial) se somete a dos tratamientos diferentes según se requiera obtener quitina o quitosan.  |
| Obtención de quitina                                     | a. Se adiciona NaOH 2% en una relación sólido:líquido 1:5 y se agita de 0,5 a 1 h entre 70 y 80 °C. El sólido resultante es quitina. El rendimiento es de un 6% después de seco y molido respecto al material húmedo inicial.   |
| Obtención de quitosan                                    | b. Se adiciona NaOH 50% (w:w) en relación sólido - líquido 1:7 - 1:10 y se agita de 0,5 a 1 h a 100 °C en atmósfera de aire. Se lava con agua el sólido resultante. El rendimiento de quitosan es de un 5% después de seco y molido respecto al material húmedo inicial.  |

**TABLA 2.** Tratamientos de hidratación aplicados en la poscosecha a los tallos florales de clavel estándar variedades Delphi, Dream y Nelson, para el montaje de las cuatro fases del ensayo.

| <b>Primera fase - var. Delphi (4 h de hidratación)</b>         |  |
|--|--|
| 1.   | Testigo (agua finca)   |
| 2.   | STS (0,9 g·L <sup>-1</sup> de AgNO <sub>3</sub> + 1,8 g·L <sup>-1</sup> de Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )     |
| 3.   | SR-AOA (6 mL·L <sup>-1</sup> )   |
| 4.   | SR-AOA (10 mL·L <sup>-1</sup> )  |
| 5.   | Floríssima 125 (20 mL·L <sup>-1</sup> )  |
| 6.   | Quitosan (5 mg·L <sup>-1</sup> )   |
| 7.   | Quitosan (10 mg·L <sup>-1</sup> )  |
| 8.   | Quitosan-AOA 1 (Quitosan (5 mg·L <sup>-1</sup> ) + SR-AOA (6 mL·L <sup>-1</sup> )).  |
| <b>Segunda fase - Tres variedades (4 h de hidratación)</b>     |  |
| 1.   | Testigo (agua finca)   |
| 2.   | STS (0,9 g·L <sup>-1</sup> de AgNO <sub>3</sub> + 1,8 g·L <sup>-1</sup> de Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )     |
| 3.   | SR-AOA (6 mL·L <sup>-1</sup> )   |
| 4.   | SR-AOA (10 mL·L <sup>-1</sup> )  |
| 5.   | Floríssima 125 (20 mL·L <sup>-1</sup> )  |
| 6.   | Quitosan (5 mg·L <sup>-1</sup> )   |
| 7.   | Quitosan (10 mg·L <sup>-1</sup> )  |
| 8.   | Quitosan (5 mg·L <sup>-1</sup> ) + ácido cítrico   |
| 9.   | Quitosan (10 mg·L <sup>-1</sup> ) + ácido cítrico  |
| 10.  | Quitosan-AOA 1 (Quitosan (5 mg·L <sup>-1</sup> ) + SR-AOA (6 mL·L <sup>-1</sup> ))   |
| <b>Tercera fase - Tres variedades (1 y 2 h de hidratación)</b> |  |
| 1.   | Testigo (agua finca) 2 h   |
| 2.   | STS (0,9 g·L <sup>-1</sup> de AgNO <sub>3</sub> + 1,8 g·L <sup>-1</sup> de Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) 2 h |
| 3.   | SR-AOA (4 mL·L <sup>-1</sup> ) 1 h   |
| 4.   | SR-AOA (4 mL·L <sup>-1</sup> ) 2 h   |
| 5.   | SR-AOA (6 mL·L <sup>-1</sup> ) 2 h   |
| 6.   | Floríssima 125 (20 mL·L <sup>-1</sup> )  |
| 7.   | Quitosan-AOA 2 (Quitosan (2 mg·L <sup>-1</sup> ) + SR-AOA (4 mL·L <sup>-1</sup> ))   |
| <b>Cuarta fase - Tres variedades (1 y 2 h de hidratación)</b>  |  |
| 1.   | Testigo (agua finca) 2 h   |
| 2.   | STS (0,9 g·L <sup>-1</sup> de AgNO <sub>3</sub> + 1,8 g·L <sup>-1</sup> de Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) 2 h |
| 3.   | SR-AOA de (6 mL·L <sup>-1</sup> ) 1 h  |
| 4.   | SR-AOA de (4 mL·L <sup>-1</sup> ) 1 h  |
| 5.   | SR-AOA de (3 mL·L <sup>-1</sup> ) 2 h  |
| 6.   | Floríssima 125 (20 mL·L <sup>-1</sup> ) 2 h  |
| 7.   | Quitosan-AOA 2 (Quitosan (2 mg·L <sup>-1</sup> ) + SR-AOA (4 mL·L <sup>-1</sup> ))   |

hasta la pérdida del valor de ornato, con mediciones realizadas entre el 15 de marzo y 30 de noviembre de 2005. Las variables de calificación y los respectivos criterios para descarte de tallos florales que se tuvieron en cuenta durante el proceso de evaluación de la longevidad floral fueron los siguientes: 1) criterios de eliminación en flor: apertura excesiva (más del 50% de los pétalos de la flor

con apertura mayor de 180°), deformidad (más del 25% de los pétalos deformes), dormancia (flores que no abren –más del 25%– al tercer día en florero), caída de pétalos o de flores (afectando a más del 50% de los pétalos o de flores), cuellos doblados (apenas se presente), senescencia (presente en más del 50% de los pétalos); y, 2) criterios de eliminación en tallo y follaje: colapso del tallo (apenas se presente), geotropismo (doblamiento mayor de 30°), ausencia de follaje (afectando a más del 50% del follaje). También se usaron como criterios de eliminación en flor y en tallo: daño por hongo (apenas presente cualquier tipo de lesión sin importar su tamaño), decoloración (afectando a más del 50% de la flor o del follaje), deshidratación (presente en más del 50% de los pétalos o del follaje), y necrosis (manchas de necrosis presentes en la corola o en el follaje sin importar el tamaño de estas).

Durante las evaluaciones se midió temperatura y humedad relativa, empleando un higrotermómetro (TempTale H), ubicado a la altura de los floreros.

### Valoración del color de la flor y del follaje

Para establecer el color de la flor y del follaje durante las evaluaciones y determinar el cambio en la coloración, se marcaron dos tallos por florero, realizando mediciones por comparación con las cartas de color de la *Royal Society of Horticulture of England*, en las cuales se observan las diferentes tonalidades de color y los respectivos códigos. La valoración de color fue realizada los días 0, 7 y 15.

### Grado y velocidad de apertura floral

El grado de apertura de la flor se midió teniendo en cuenta la posición de los pétalos externos con relación a la parte superior del cáliz, diferenciando así cinco grados de apertura: grado 1, flor cerrada hasta pétalo recto; grado 2, de pétalo recto hasta los 25° de apertura; grado 3, de 25° hasta los 65°; grado 4, hasta los 90°; y, por último grado 5, más de 90° de apertura. En la figura 1 se observan los estadios de apertura floral considerados en este estudio.

Para calcular la velocidad de apertura floral, se tomó como referencia la fórmula para calcular la velocidad de germinación en semillas propuesta por Labouriau (1983),

$$t = (\sum n_i t_i) / \sum n_i$$

donde  $t$  representa la velocidad promedio de apertura floral, calculada como la media ponderada de los tiempos de apertura floral  $t_i$ , utilizando como pesos de ponderación el número  $n_i$  de flores en el estadio a evaluar en los intervalos de tiempo sucesivos. Este cálculo se realizó asumiendo que más del 50 % de los tallos florales se encontraban en el mismo estadio.



**FIGURA 1.** Estadios de desarrollo de la apertura floral en clavel estándar var. Nelson, considerados como referencia en el presente ensayo.

Estadio 1 = flor cerrada hasta pétalo recto.

Estadio 2 = pétalo recto hasta 25° de apertura.

Estadio 3 = de 25° hasta 65° de apertura.

Estadio 4 = hasta 90° de apertura.

Estadio 5 = apertura superior a 90°.

### Consumo de agua

Durante la evaluación de la longevidad floral se llevó el control del consumo de agua por florero. Para ello, en el florero se marcó el día de descarte de los tallos florales y el número de tallos restantes en el florero. El promedio de consumo diario de agua se calculó considerando los días de evaluación y la evaporación del agua, que fue medida en un florero sin flores dispuesto para este fin. Además, se tuvo en cuenta la cantidad de tallos por día en cada florero y para cada tratamiento. Este promedio se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\bar{C} = (\bar{C} - \zeta) / (d \cdot f)$$

considerando  $\bar{C}$  como el promedio de consumo de agua diario por tallo, donde  $\bar{C}$  es el consumo diario de agua por florero y  $\zeta$  la evaporación diaria en el florero;  $d$  equivale a la cantidad de días para el consumo  $\bar{C}$  y  $f$  la cantidad de tallos para  $d$  días. Este dato fue tomado una vez se realizaban descartes de tallos florales por algún criterio de eliminación durante el proceso de evaluación.

### Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con cuatro repeticiones por tratamiento en cada una de las fases evaluadas, en donde el florero fue la unidad experimental. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza utilizando el programa SAS, y los promedios fueron comparando por la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).

## Resultados y discusión

### Simulación de viaje

En la figura 2 se presentan los promedios diurnos y nocturnos de temperatura y humedad relativa obtenidos a través

del monitoreo de las variables durante las diferentes fases de esta investigación. De forma general, se observa que las fases uno y tres presentaron respectivamente valores extremos para temperatura (3,8 °C y 16,9 °C) y humedad relativa (92% y 62,2%). En la segunda y cuarta fase se presentaron valores intermedios de temperatura y humedad relativa.

### Evaluación de la longevidad floral

Durante la evaluación de la longevidad floral se encontraron promedios diurnos y nocturnos de temperatura y humedad relativa en cada una de las fases, como sigue (tabla 3): para la primera fase 22,7 °C y 54,2%; para la segunda 21,3 °C y 55%; para la tercera fase 20 °C y 57,3%; y para la cuarta fase 22,9 °C y 57,6%.

### Efecto de las diferentes soluciones sobre la longevidad floral

En las tablas 3 (primera fase) y 4 (segunda a cuarta fase) se presentan los promedios de longevidad floral para las variedades de clavel hidratadas en las diferentes soluciones utilizadas en cada una de las fases del experimento.

### Primera fase

En esta fase se observan dos grupos con diferencias estadísticas significativas: el grupo de mayor longevidad, compuesto por los tratamientos Floríssima 125, SR-AOA (10 mL·L<sup>-1</sup>), SR-AOA (6 mL·L<sup>-1</sup>) y STS; y el grupo de menor longevidad, conformado por los tratamientos quitosan (5 mg·L<sup>-1</sup>), quitosan-AOA 1, testigo absoluto y quitosan (10 mg·L<sup>-1</sup>) (tabla 3). Los tratamientos que conforman el primer grupo muestran una longevidad promedio superior a los 15 días, con diferencias no mayores a 1,5 días entre ellos, mientras que el segundo grupo no superó en promedio los 10 días de longevidad floral.

**TABLA 3.** Promedios de longevidad floral en tallos de clavel estándar variedad Delphi sometidos a 4 h de hidratación con diferentes tratamientos, durante la primera fase del ensayo.

| Tratamiento                             | Longevidad floral (días) |
|---|--------------------------|
| Floríssima 125 (20 mL·L <sup>-1</sup> ) | 17,1 a                   |
| SR-AOA (10 mL·L <sup>-1</sup> )         | 16,1 a                   |
| SR-AOA (6 mL·L <sup>-1</sup> )          | 16,0 a                   |
| STS                                     | 15,0 a                   |
| Quitosan (5 mg·L <sup>-1</sup> )        | 10,2 b                   |
| Quitosan - AOA 1                        | 9,3 b                    |
| Testigo                                 | 7,8 b                    |
| Quitosan (10 mg·L <sup>-1</sup> )       | 7,7 b                    |

AOA = ácido aminoacético.

Floríssima 125 = producto comercial a base de STS.

Quitosan - AOA 1 = quitosan (5 mg·L<sup>-1</sup>) más SR-AOA (6 mL·L<sup>-1</sup>).

STS = tiosulfato de plata.

\* Promedios seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas por la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).

### Segunda fase

Para esta fase (tabla 4) en la variedad Nelson se observan dos grupos con diferencias estadísticas significativas: el grupo que presentó mayor longevidad, del que hacen parte los tratamientos Floríssima 125, SR-AOA (6 mL·L<sup>-1</sup>) y SR-AOA (10 mL·L<sup>-1</sup>); y el grupo de menor longevidad floral conformado por los tratamientos quitosan-AOA 1, quitosan (10 mg·L<sup>-1</sup>), testigo absoluto, quitosan (5 mg·L<sup>-1</sup>), quitosan (10 mg·L<sup>-1</sup>) más ácido cítrico y quitosan (5 mg·L<sup>-1</sup>) más ácido cítrico. Por su parte, los tratamientos STS y quitosan-AOA 1 hacen parte del grupo de compuestos que muestran un comportamiento intermedio, ya que sus respectivos promedios no difieren del grupo con mayor ni del grupo con menor longevidad floral. Los tratamientos que conforman el primer grupo muestran una longevidad promedio superior a los 16 días, con diferencia no mayor a 1 día entre ellos. Por otro lado, el segundo grupo no superó en promedio los 10 días de longevidad floral.

De forma similar, para la variedad Dream se observan dos grupos con diferencias estadísticas significativas: el grupo con mayor longevidad, conformado por los tratamientos Floríssima 125 y STS; y el grupo de menor longevidad, donde se encuentran los tratamientos quitosan-AOA 1, testigo, quitosan (10 mg·L<sup>-1</sup>) más ácido cítrico, quitosan (5 mg·L<sup>-1</sup>) más ácido cítrico, y quitosan (10 mg·L<sup>-1</sup>). Al igual que en la fase anterior, existe un grupo intermedio, conformado por los tratamientos SR-AOA (6 mL·L<sup>-1</sup>), SR-AOA (10 mL·L<sup>-1</sup>) y quitosan (5 mg·L<sup>-1</sup>), cuyos tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí, ni difieren de los tratamientos de menor y mayor longevidad

**TABLA 4.** Promedios de longevidad floral en tallos de clavel estándar variedades Nelson, Dream y Delphi sometidos a diferentes tratamientos en poscosecha durante cada una de las fases.

| Tratamiento                                     | Longevidad floral en días |         |          |
|---|---------------------------|---------|----------|
|   | Nelson                    | Dream   | Delphi   |
| Segunda fase (4 h de hidratación)               |                           |         |          |
| Floríssima 125 (20 mL·L <sup>-1</sup> )         | 17,1 a*                   | 12,8 a  | 16,5 a   |
| SR-AOA (6 mL·L <sup>-1</sup> )                  | 17,1 a                    | 10,4 ab | 16,2 a   |
| SR-AOA (10 mL·L <sup>-1</sup> )                 | 16,1 ab                   | 10,5 ab | 12,9 abc |
| STS   | 12,9 bc                   | 12,6 a  | 13,9 ab  |
| Quitosan-AOA 1                                  | 9,9 cd                    | 5,7 b   | 11,1 bcd |
| Quitosan (10 mg·L <sup>-1</sup> )               | 8,4 d                     | 5,4 b   | 8,6 cd   |
| Testigo   | 8,3 d                     | 3,9 b   | 8,8 cd   |
| Quitosan (5 mg·L <sup>-1</sup> )                | 8,2 d                     | 7,4 ab  | 10,3 bcd |
| Quitosan (10 mg·L <sup>-1</sup> ) + ac. cítrico | 7,7 d                     | 5,9 b   | 8,3 cd   |
| Quitosan (5 mg·L <sup>-1</sup> ) + ac. cítrico  | 6,8 d                     | 5,8 b   | 7,9 d    |
| Tercera fase (1 y 2 h de hidratación)           |                           |         |          |
| Floríssima 125 (20 mL·L <sup>-1</sup> )         | 21,9 a*                   | 16,5 a  | 17,9 ab  |
| Quitosan-AOA 2                                  | 21,9 a                    | 8,2 ab  | 17,8 ab  |
| SR-AOA (4 mL·L <sup>-1</sup> )2 h               | 19,6 a                    | 13,1 a  | 17,2 ab  |
| SR-AOA (6 mL·L <sup>-1</sup> )2 h               | 19,5 a                    | 12,0 ab | 21,1 a   |
| STS   | 18,1 a                    | 7,4 ab  | 13,2 bc  |
| SR-AOA (4 mL·L <sup>-1</sup> )1 h               | 16,5 ab                   | 9,8 ab  | 20,5 a   |
| Testigo   | 11,8 b                    | 3,0 b   | 10,4 c   |
| Cuarta fase (1 y 2 h de hidratación)            |                           |         |          |
| Floríssima 125 (20 mL·L <sup>-1</sup> )         | 14,1 a*                   | 6,0 a   | 10,3 a   |
| SR-AOA (6 mL·L <sup>-1</sup> )1 h               | 12,0 ab                   | 6,0 a   | 8,9 a    |
| SR-AOA (4 mL·L <sup>-1</sup> )1 h               | 11,8 ab                   | 6,4 a   | 8,5 a    |
| STS   | 11,2 ab                   | 3,0 a   | 10,1 a   |
| SR-AOA (3 mL·L <sup>-1</sup> )2 h               | 10,0 ab                   | 5,6 a   | 8,9 a    |
| Testigo   | 7,5 b                     | 3,0 a   | 5,8 b    |
| Quitosan-AOA 2                                  | 7,5 b                     | 3,0 a   | 11,0 a   |

AOA = ácido aminoacético.

Floríssima 125 = producto comercial a base de STS.

Quitosan - AOA 1 = quitosan (5 mg·L<sup>-1</sup>) más SR-AOA (6 mL·L<sup>-1</sup>).

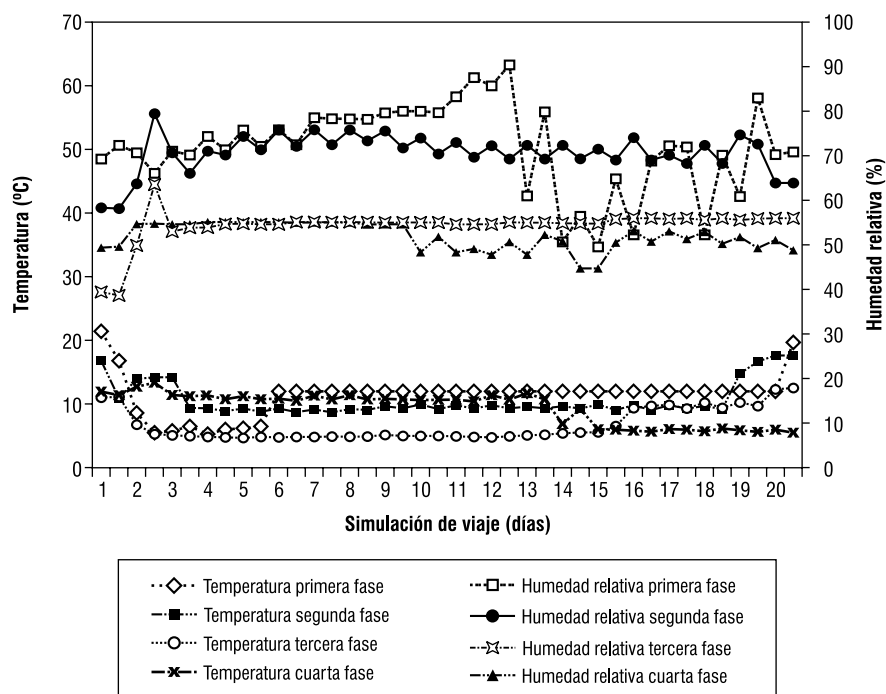
Quitosan - AOA 2 = quitosan (2 mg·L<sup>-1</sup>) más SR-AOA (4 mL·L<sup>-1</sup>).

STS = tiosulfato de plata.

\* Promedios seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas por la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).

floral. Los tratamientos que conforman el primer grupo presentan una longevidad promedio superior a los 12 días, con diferencia no mayor a 0,5 días entre ellos; mientras que el segundo grupo no superó en promedio los 6 días de longevidad floral.

En la variedad Delphi se evidencian dos grandes grupos con diferencias significativas, al interior de los cuales se observan subgrupos que presentan límites cercanos entre



**FIGURA 2.** Promedios diurnos y nocturnos de la variación de temperatura y humedad relativa durante la simulación de viaje de clavel estándar variedades Delphi, Nelson y Dream, sometidas a diferentes tratamientos en poscosecha.

los mejores tratamientos, subgrupos que a su vez no difieren de los tratamientos con menor longevidad floral. El primer grupo está conformado por los tratamientos Floríssima 125, SR-AOA (6 mL·L<sup>-1</sup>), SR-AOA (10 mL·L<sup>-1</sup>) y STS. El grupo de menor longevidad floral lo conforman los tratamientos quitosan-AOA 1, quitosan 10 mg·L<sup>-1</sup>, testigo, quitosan 5 mg·L<sup>-1</sup>, quitosan 10 mg·L<sup>-1</sup> más ácido cítrico, y quitosan 5 mg·L<sup>-1</sup> más ácido cítrico.

### Tercera fase

En esta fase no se observan para la variedad Nelson diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (tabla 4), excepto con el tratamiento testigo, el cual presentó una longevidad floral menor. Por otro lado, el tratamiento SR-AOA (4 mL·L<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>) presenta un comportamiento intermedio, sin diferenciarse del testigo ni de los mejores tratamientos. Estos últimos muestran una longevidad promedio superior a los 16 días, mientras que el tratamiento testigo no superó los 12 días de longevidad floral.

De manera análoga, para la variedad Dream el tratamiento testigo fue significativamente inferior con respecto a los tratamientos Floríssima 125 y SR-AOA (4 mL·L<sup>-1</sup>·2 h<sup>-1</sup>); sin embargo, se observa un grupo que no difiere de los dos mejores promedios ni del testigo. Estos tratamientos son quitosan-AOA 2, SR-AOA (4 mL·L<sup>-1</sup>·1 h<sup>-1</sup>), SR-AOA (6

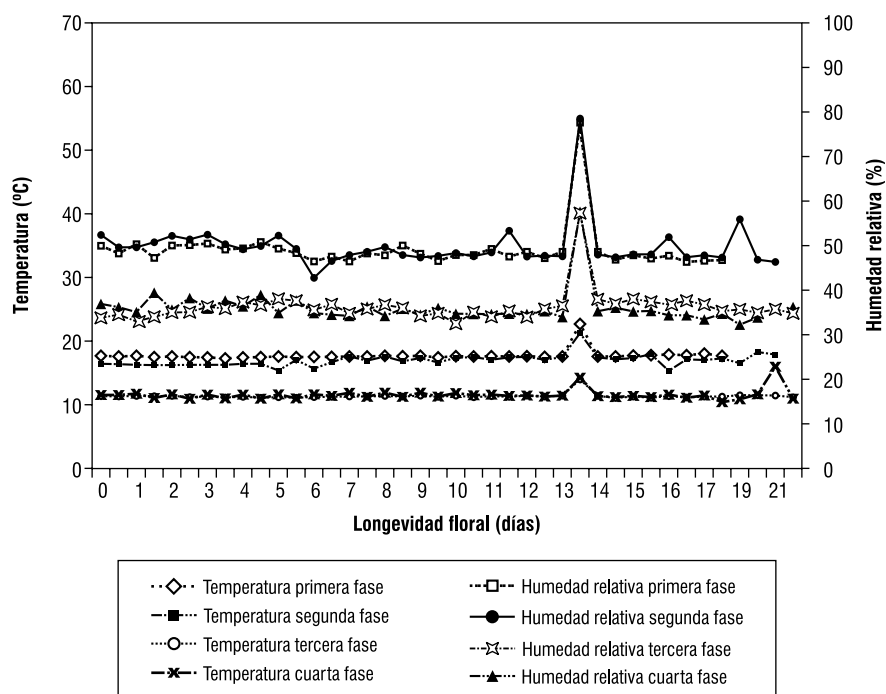
mL·L<sup>-1</sup>·2 h<sup>-1</sup>) y STS. Los mejores tratamientos muestran una longevidad promedio superior a los siete días; mientras que el testigo no superó en promedio los tres días de longevidad floral.

La mayor longevidad floral en la variedad Delphi se observó en los tratamientos SR-AOA (6 mL·L<sup>-1</sup>·2 h<sup>-1</sup>) y SR-AOA (4 mL·L<sup>-1</sup>·1 h<sup>-1</sup>), sin embargo, no tuvieron diferencia estadísticamente significativa con los tratamientos Floríssima 125, quitosan-AOA 2 y SR-AOA (4 mL·L<sup>-1</sup>·2 h<sup>-1</sup>). De forma inesperada, el tratamiento STS no fue significativamente diferente del testigo.

### Cuarta fase

Para la variedad Nelson se observan diferencias significativas entre el tratamiento Floríssima 125 con respecto al testigo y a quitosan-AOA 2. Con valores intermedios de la longevidad floral se presentaron los tratamientos SR-AOA (6 mL·L<sup>-1</sup>·1 h<sup>-1</sup>), SR-AOA (4 mL·L<sup>-1</sup>·1 h<sup>-1</sup>), STS y SR-AOA (3 mL·L<sup>-1</sup>·2 h<sup>-1</sup>), con una longevidad promedio de 11 días.

Por otro lado, mientras que los promedios de la variedad Dream no presentaron diferencias entre la variedad de tratamientos, en la variedad Delphi, como se esperaban, el testigo fue significativamente inferior, en comparación con los demás tratamientos.



**FIGURA 3.** Promedios diarios y nocturnos de la variación de temperatura y humedad relativa durante la evaluación de longevidad floral de clavel estándar variedades Delphi, Nelson y Dream, sometido a diferentes tratamientos en poscosecha.

De forma general, la variedad Nelson presentó promedios de longevidad floral mayor en los diferentes tratamientos con relación a las demás variedades, lo cual podría estar asociado con características inherentes a la propia variedad. Los tratamientos con promedios más altos fueron Floríssima 125, SR-AOA (4 mL·L<sup>-1</sup>·2 h<sup>-1</sup>), SR-AOA (6 mL·L<sup>-1</sup>·2 h<sup>-1</sup>) y quitosan-AOA 2. Este último, sin embargo, utilizado en las fases 3 y 4, presentó resultados inconsistentes: en la fase 3 obtuvo una longevidad de 21,9 días, mientras que en la fase 4 apenas de 7,5 días.

El promedio de longevidad floral de los diferentes tratamientos en la variedad Dream fue inferior en comparación con las demás variedades. La flor de esta variedad presenta pétalos aserrados, razón por la cual habría mayor incidencia de pétalo quemado y, en consecuencia, mayor susceptibilidad a botrytis. Esto significa que la calidad poscosecha de la flor de esta variedad depende en gran parte del cuidado en su manipulación. Entre los tratamientos con mayores promedios para longevidad floral se destacan Floríssima 125, STS y SR-AOA (4 mL·L<sup>-1</sup>·2 h<sup>-1</sup>).

En la variedad Delphi se observan tiempos de longevidad floral constantes en cada una de las fases, lo que podría estar asociado con la rusticidad propia de la variedad. Los tratamientos con promedios más altos en esta variedad son

Floríssima 125, SR-AOA (6 mL·L<sup>-1</sup>) en diferentes tiempos de hidratación (4 h en la segunda y 2 h en la tercera fase) y SR-AOA (4 mL·L<sup>-1</sup>) en 1 h de hidratación.

Un aspecto interesante respecto del SR-AOA es que se detectó una respuesta favorable cuando la concentración del compuesto en la solución es baja; es decir, cuando se usan 4 mL·L<sup>-1</sup> ó 6 mL·L<sup>-1</sup> en lugar de 10 mL·L<sup>-1</sup>. Sin embargo, entre estos tratamientos no se constataron diferencias estadísticas. También es de anotar que las soluciones combinadas de SR-AOA con quitosan tuvieron mejor efecto en concentraciones bajas Quitosan-AOA 2 (Quitosan (2 mg·L<sup>-1</sup>) + SR-AOA (4 mL·L<sup>-1</sup>)) que en concentraciones altas (Quitosan-AOA 1 (Quitosan (5 mg·L<sup>-1</sup>) + SR-AOA (6 mL·L<sup>-1</sup>))). Probablemente en concentraciones altas el quitosan interfiere con el desempeño del SR-AOA como preservante floral.

En clavel, el periodo de longevidad, que está determinado por la senescencia y por el marchitamiento de los pétalos, puede ser acortado por la producción endógena de etileno. Los tratamientos con soluciones a base de AOA hacen parte de los grupos que presentaron mayor longevidad floral, esto en concordancia con trabajos previos en *Hibiscus rosa-sinensis* L. cv. Pink Versicolor, donde se encontró que el uso del AOA retarda procesos como la senescencia y el



enrollamiento de los pétalos como consecuencia de su acción inhibitoria sobre la síntesis de etileno (Woodson *et al.*, 1985). La acción del etileno se vio comprometida en los tratamientos con soluciones a base de STS, como Florissima y STS, que interfiere en la oxidación del etileno y consecuentemente en su acción (Beyer, 1976).

### Velocidad de apertura

En la tabla 5 se presentan las velocidades de apertura floral de los diferentes tratamientos. En la primera fase

del experimento, usando solamente la variedad Delphi, a excepción de los tratamientos STS y Florissima, se encontró que la mayoría de los tratamientos tardaron 7,8 días para alcanzar el estadio de apertura 5 (grado máximo de apertura floral).

En la segunda fase del experimento, para llegar al estadio 5 las flores de las variedades Nelson, Delphi y Dream tardaron de 1,8 a 3,8, de 1,7 a 3,2 y de 1,5 a 3,2 días, respectivamente.

**TABLA 5.** Promedios de velocidad de apertura floral en clavel estándar variedades Nelson, Delphi y Dream, entre los estadios de apertura 2 y 5, en tallos sometidos a diferentes tratamientos poscosecha, en diferentes fases del ensayo.

| Tratamientos                                    | Velocidad de apertura (días) |     |     |     |        |     |     |     |       |     |     |     |
|---|------------------------------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|
|   | Nelson                       |     |     |     | Delphi |     |     |     | Dream |     |     |     |
|   | 2                            | 3   | 4   | 5   | 2      | 3   | 4   | 5   | 2     | 3   | 4   | 5   |
| Primera fase (4 h de hidratación)               |                              |     |     |     |        |     |     |     |       |     |     |     |
| STS   | -                            | -   | -   | -   | 0      | 1,5 | 4,4 | 7,4 | -     | -   | -   | -   |
| Florissima 125 (20 mL <sup>-1</sup> )           | -                            | -   | -   | -   | 0      | 1,5 | 4,5 | 7,5 | -     | -   | -   | -   |
| SR-AOA (10 mL <sup>-1</sup> )                   | -                            | -   | -   | -   | 0      | 1,5 | 4,4 | 7,8 | -     | -   | -   | -   |
| SR-AOA (6 mL <sup>-1</sup> )                    | -                            | -   | -   | -   | 0      | 1,5 | 4,4 | 7,8 | -     | -   | -   | -   |
| Quitosan (10 mg <sup>-1</sup> )                 | -                            | -   | -   | -   | 0      | 1,5 | 4,4 | 7,8 | -     | -   | -   | -   |
| Quitosan (5 mg <sup>-1</sup> )                  | -                            | -   | -   | -   | 0      | 1,5 | 4,4 | 7,8 | -     | -   | -   | -   |
| Quitosan - AOA 1                                | -                            | -   | -   | -   | 0      | 1,5 | 4,4 | 7,8 | -     | -   | -   | -   |
| Testigo   | -                            | -   | -   | -   | 0      | 1,5 | 4,4 | 7,8 | -     | -   | -   | -   |
| Segunda fase (4 h de hidratación)               |                              |     |     |     |        |     |     |     |       |     |     |     |
| STS   | 0                            | 0,5 | 1,5 | 2,0 | 0      | 2,0 | 2,5 | 2,0 | 0     | 0,5 | 1,5 | 2,2 |
| Florissima 125 (20 mL <sup>-1</sup> )           | 0                            | 1,0 | 1,2 | 2,3 | 0      | 2,0 | 2,5 | 2,8 | 0     | 1,5 | 1,2 | 2,7 |
| SR-AOA (10 mL <sup>-1</sup> )                   | 0                            | 1,5 | 2,7 | 2,8 | 0      | 3,0 | 2,8 | 0,0 | 0     | 2,0 | 2,5 | 2,2 |
| SR-AOA (6 mL <sup>-1</sup> )                    | 0                            | 1,5 | 2,5 | 2,6 | 0      | 1,5 | 1,7 | 1,7 | 0     | 1,0 | 2,0 | 2,5 |
| Quitosan (10 mg <sup>-1</sup> ) + ácido cítrico | 0                            | 1,0 | 1,2 | 3,8 | 0      | 1,5 | 2,5 | 2,6 | 0     | 1,5 | 2,5 | 1,5 |
| Quitosan (5 mg <sup>-1</sup> ) + ácido cítrico  | 0                            | 0,8 | 1,1 | 2,6 | 0      | 2,0 | 1,7 | 3,1 | 0     | 1,0 | 1,7 | 0,0 |
| Quitosan (10 mg <sup>-1</sup> )                 | 0                            | 1,5 | 1,9 | 3,2 | 0      | 1,0 | 1,7 | 2,5 | 0     | 1,0 | 1,2 | 1,8 |
| Quitosan (5 mg <sup>-1</sup> )                  | 0                            | 1,0 | 1,2 | 1,8 | 0      | 1,5 | 1,5 | 3,0 | 0     | 3,0 | 2,8 | 0,0 |
| Quitosan - AOA 1                                | 0                            | 1,5 | 2,5 | 2,0 | 0      | 2,0 | 1,7 | 2,6 | 0     | 1,5 | 2,0 | 3,2 |
| Testigo   | 0                            | 1,5 | 2,0 | 3,5 | 0      | 1,5 | 2,0 | 3,2 | 0     | 1,5 | 1,2 | 0,0 |
| Cuarta fase (1 y 2 h de hidratación)            |                              |     |     |     |        |     |     |     |       |     |     |     |
| STS   | 0                            | 1,0 | 1,8 | 1,9 | 0      | 2,0 | 2,5 | 2,8 | 0     | 0,5 | 1,0 | 2,0 |
| Florissima 125 (20 mL <sup>-1</sup> )           | 0                            | 1,0 | 1,2 | 2,3 | 0      | 2,0 | 2,5 | 2,0 | 0     | 1,5 | 1,2 | 2,7 |
| SR-AOA (6 mL <sup>-1</sup> )                    | 0                            | 1,5 | 2,7 | 2,8 | 0      | 2,0 | 1,7 | 2,6 | 0     | 2,0 | 2,5 | 2,2 |
| SR-AOA (4 mL <sup>-1</sup> ) 1 h                | 0                            | 1,0 | 1,2 | 3,8 | 0      | 1,5 | 2,5 | 2,6 | 0     | 1,5 | 2,0 | 3,2 |
| SR-AOA (3 mL <sup>-1</sup> ) 2 h                | 0                            | 1,5 | 2,5 | 4,0 | 0      | 1,0 | 1,7 | 2,5 | 0     | 1,0 | 1,7 | 0,0 |
| Quitosan - AOA 2                                | 0                            | 1,0 | 1,2 | 1,8 | 0      | 1,5 | 1,5 | 3,0 | 0     | 1,5 | 2,5 | 1,5 |
| Testigo   | 0                            | 0,8 | 1,1 | 2,6 | 0      | 1,5 | 2,0 | 3,2 | 0     | 1,5 | 1,2 | 0,0 |

STS = tiosulfato de plata.

Florissima 125 = producto comercial a base de STS.

AOA = ácido aminooxácético.

Quitosan - AOA 1 = quitosan (5 mg<sup>-1</sup>) más SR-AOA (6 mL<sup>-1</sup>).

Quitosan - AOA 2 = quitosan (2 mg<sup>-1</sup>) más SR-AOA (4 mL<sup>-1</sup>).

Es importante señalar que las flores del clavel Delphi sometidas al tratamiento SR-AOA ( $10 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ ) no alcanzaron el grado de apertura 5; así como tampoco las flores de Dream en quitosán ( $5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) más ácido cítrico, quitosán ( $5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) y en el tratamiento testigo.

En la cuarta fase del experimento, para alcanzar el estadio 5, las flores de las variedades Nelson y Delphi tardaron de 1,9 a 4 días y de 2 a 3,2 días, respectivamente. La variedad Dream tardó entre 1,5 y 3,2 días para alcanzar este mismo estadio; sin embargo, los tallos florales de esta variedad sometidos al tratamiento SR-AOA ( $3 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}\cdot 2 \text{ h}^{-1}$ ) no alcanzaron el estadio de apertura en mención.

Con relación a las demás variedades, Delphi presenta apertura más uniforme. Si bien en la segunda fase Nelson mostró los valores más homogéneos de apertura floral, en la cuarta fase fueron las velocidades de apertura floral de la variedad Delphi las más uniformes. La diferencia en días entre grados de apertura floral estaría asociada con las distintas velocidades de apertura y con la posición de los pétalos internos y externos con relación al cáliz, así como con variaciones de turgencia celular (Pérez y Martínez, 1994).

### Consumo de agua

En las flores de corte el consumo y la pérdida de agua declinan rápidamente en un periodo de cinco días desde el tiempo de corte. En este periodo la pérdida supera el consumo de agua gradualmente. Sin embargo, estas flores continúan desarrollándose si son mantenidas en condiciones adecuadas de hidratación (Zieslin y Gottesman 1986, citado por Burge *et al.*, 1996).

En los tratamientos de la primera fase, el promedio de consumo de agua fue mayor con relación a las fases siguientes. En la primera fase, los tratamientos testigo y STS presentaron respectivamente el mayor y el menor promedio ponderado de consumo de agua; mientras que en la segunda fase, los tratamientos que registraron los mayores promedios ponderados fueron STS, SR-AOA ( $10 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ ) y STS en las variedades Nelson, Dream y Delphi, respectivamente. Para la cuarta fase, los promedios más altos de esta variable para las tres variedades se presentaron en el tratamiento SR-AOA ( $4 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}\cdot 2 \text{ h}^{-1}$ ) (datos no mostrados).

Lo que pudo ocurrir en la primera fase, con el incremento del promedio ponderado de consumo de agua por tallo en cada uno de los tratamientos, podría estar asociado con los cambios de temperatura y humedad relativas en el laboratorio para esta fase.

Durante el desarrollo de esta investigación en los tratamientos quitosán, quitosán - AOA y testigo, a diferencia de los demás, se observó una notable disminución de la turgencia de los tejidos, consistencia flácida y marchitez, lo que podría estar asociado con una mayor incidencia de deshidratación auspiciada por estos tratamientos.

En cada uno de los ensayos se observaron promedios ponderados altos y bajos del consumo de agua por tallo, que dependen de la variedad y en algunos casos del tratamiento de hidratación al que fueron sometidos, sin embargo, no se evidencia una tendencia clara de la información obtenida.

### Valoración de color en flor y follaje

Durante el transcurso del ensayo, la variedad Nelson presentó una decoloración mayor con relación a las demás variedades, mientras que, para Dream la pérdida del color fue gradual. Por otro lado, en la variedad Delphi no se observaron cambios importantes en el color de la flor ni en el follaje. En las observaciones realizadas (datos no mostrados) se manifiestan cambios notables en la decoloración de los pétalos de las flores, que podrían estar relacionados con la clase de luz y la intensidad lumínica que reciben los tallos florales, además de la senescencia normal que estos manifiestan.

Aunque los tratamientos a base de STS serían la mejor alternativa anti-etilénica en la poscosecha de clavel, durante los ensayos de esta investigación se logró evidenciar de forma consistente que no hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos con SR-AOA y STS. En consecuencia, el tratamiento a base de SR-AOA podría convertirse en una alternativa viable para el sector floricultor, sin presentar un impacto ambiental representativo.

### Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a Brenntag Colombia S.A. por el apoyo financiero que hizo viable la presente investigación.

### Literatura citada

- Benavides C., M.A. 2002. Quitina y quitosana: los polímeros del futuro. División de comunicaciones SENA-Dirección general, Bogotá. pp. 1-13.
- Beyer, E.M. 1976. A potent inhibitor of ethylene action in plants. *Plant Physiol.* 58, 268-271.
- Bowyer, M.C., R.B.H. Wills, D. Badiyan y V.V.V. Ku. 2003. Extending the postharvest life of carnations with nitric oxide—comparison of fumigation and in vivo delivery. *Postharvest Biol. Technol.* 30, 281-286.

- Burge, G.K., P.A. Bicknell y B.G. Dobson. 1996. Postharvest treatments to increase water uptake and the vase life of *Leptospermum scoparium* Forst. New Zealand J. Crop Hort. Sci. 24, 371-378.
- Cubillos, E., V. Molina, V.J. Flórez y G. Fischer. 2001. Efecto inhibidor de etileno en la longevidad floral del clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) como probables sustitutos del tiosulfato de plata (STS). Agron. Colomb. 18, 7-13.
- Labouriau, L. G. 1983. A germinação das sementes. Secretaria-geral da Organização dos Estados Americanos, Washington. 172 p.
- Mayak, S. y A.H. Halevy. 1972. Interrelationships of ethylene and abscisic acid in the control of rose petal senescence. Plant Physiol. 50, 341-346.
- Pérez, F. y L. Martínez. 1994. Introducción a la fisiología vegetal. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 218 p.
- Reid, M. S. y D. Hunter. 2000. Manejo de la poscosecha. pp. 165-175. En: Pizano de Márquez, M. (ed.). Clavel. Ediciones HortiTécnica Ltda. Bogotá.
- Reid, M.S. y L. Dodge. Clavel. 2007. Department of Environmental Horticulture. University of California, Davis. En: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/Clavel.shtml>; consulta: noviembre de 2007.
- Shepherd, R., S. Reader y A. Falshaw. 1997. Chitosan functional properties. Glycoconjugate J. 14, 535-542.
- Staby, G.L., R.M. Basel, M.S. Reid y L.L. Dodge. 1993. Efficacies of commercial anti-ethylene products for fresh cut flowers. HortTechnol. 3(2), 199-202.
- Suttle, J.C. y H. Kende. 1980. Ethylene action and loss of membrane integrity during petal senescence in *Tradescantia*. Plant Physiol. 65, 1067-1072.
- Taiz, L. y E. Zeiger. 1998. Plant physiology. 2<sup>nd</sup> edition. Sinauer Associates, Inc., Publishers, Sunderland. 792 p.
- Woodson, W.R., S.H. Hanchey y D.N. Chisholm. 1985. Role of ethylene in the senescence of isolated *Hibiscus* petals. Plant Physiol. 79, 679-683.
- Yang, S.F. 1985. Regulation of ethylene biosynthesis. HortScience 15, 238-243.