

# EFECTO DE INHIBIDORES DE ETILENO EN LA LONGEVIDAD FLORAL DEL CLAVEL (*Dianthus caryophyllus* L.) COMO PROBABLES SUSTITUTOS DEL TIOSULFATO DE PLATA (STS)

Effect of ethylene inhibitors in extending the vase life of carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) cut flowers as substitutes of silver thiosulfate (STS)

Eliberto Cubillos<sup>1</sup>, Viviana Molina<sup>1</sup>, Víctor Julio Flórez<sup>2</sup> y Gerhard Fischer<sup>3</sup>

## RESUMEN

En Colombia el sector de flores de corte para exportación se ha constituido en un renglón de gran importancia económica. Sin embargo, los altos costos de producción y los bajos precios han hecho que la rentabilidad de esta industria haya decaído en los últimos años. El tiosulfato de plata (STS) es uno de los productos más empleados en poscosecha de flores, pero en la actualidad es visto como un posible contaminante ambiental. Con el objetivo de comparar la respuesta de productos tradicionales en poscosecha, cuyo ingrediente principal es el ion  $Ag^+$ , con otros de mayor degradabilidad, se llevó a cabo un ensayo con clavel estándar de la variedad 'Nelson'. Los tallos florales fueron cosechados en cultivo bajo condiciones de invernadero en una finca comercial de la Sabana de Bogotá, seleccionados y sometidos a diferentes soluciones de poscosecha para prolongar la vida en florero. Posteriormente, se les realizó la simulación de transporte durante un periodo de diez días y, en seguida, llevados al laboratorio de Fisiología de Cultivos de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, en donde, se monto el ensayo para realizar las respectivas mediciones. En el laboratorio, los tallos se mantuvieron hidratados en agua destilada, en condiciones de 12 h de fotoperiodo (luz artificial de 6 a.m. a 6 p.m.) y con ventilación de 30 min en las horas de la mañana para evitar la acumulación del etileno. Las condiciones ambientales promedio del laboratorio fueron de 19°C y H. R. de 75%. Los productos comerciales empleados fueron Tiosulfato de Plata (STS) elaborado en la finca, 1-Metilciclopropano (1-MCP), Chrysal AVB, Chrysal EVB, Florissima 125, Florissima 135 y Florissant 100. Los mejores resultados en longevidad floral se obtuvieron con la combinación de 1-MCP + Florissima 135 (22 días), Florissima 125 (21,7 días) y STS finca (21,5 días). Se comprobó que algunos productos que no contienen el ion  $Ag^+$  (Florissima 135 y Chrysal EVB) presentaron resultados similares a los compuestos que contenían dicho ion y, por lo tanto, pueden ser eficientes en el reemplazo del STS, que es potencialmente un contaminante ambiental.

**Palabras claves:** Poscosecha, tratamientos anti-etilénicos, 1-MCP,  $Ag^+$ , AOA, senescencia.

## SUMMARY

In Colombia the sector of cut flower exportation has great economic importance. However, high production costs and low prices have reduced the profitability of flowers in the last years. With the objective of compared the response of traditional products in postharvest, whose main ingredient is the  $Ag^+$  ion, with other products of more degradability, a research was carried out with standard carnation variety 'Nelson'. The floral stalks were harvested in a crop under greenhouse conditions in a commercial production farm of the Bogotá plateau. Flowers were graded and treated with different postharvest solutions in order to prolong vase life. Later on, they were kept in simulated transport conditions during a period of ten days; then, postharvest measurements were made in the Laboratory of Plant Physiology of the National University of Colombia, Bogotá. In the laboratory stems were kept in distilled water, under photoperiod conditions of 12 h (artificial light from 6 a.m. to 6 p.m.) and with ventilation of 30 min in the morning hours to avoid ethylene accumulation. Environmental conditions of the laboratory were 19°C and relative humidity of 75%. The commercial preservative products used were: Silver Thiosulfate (STS) elaborated in the farm, 1-Methylcyclopropane (1-MCP), Chrysal AVB, Chrysal EVB, Florissima 125, Florissima 135 and Florissant 100. The best results in floral longevity were obtained with the combination of 1-MCP + Florissima 135 (22 days), Florissima 125 (21,7 days) and STS (21,5 days). It was proven that some products that not contain the  $Ag^+$  ion (Florissima 135 and Chrysal EVB) presented similar results as compared to the compounds that contained the  $Ag^+$  ion. Therefore, Florissima 135 and Chrysal EVB can be efficient in the substitution of STS which is potentially an environmental pollutant.

**Key words:** Postharvest, anti-ethylenic treatments, 1-MCP,  $Ag^+$ , AOA, senescence.

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

<sup>2</sup> Profesor Asistente, Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. E-mail: vjflorez@bacata.usc.unal.edu.co

<sup>3</sup> Profesor Asociado, Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. E-mail: gerfis@impsat.net.co

## INTRODUCCION

En Colombia el sector de flores de corte para exportación se ha constituido en un renglón de gran importancia económica, con un área aproximada de 4900 ha. Es el subsector agroindustrial más dinámico en generación de empleo permanente para la población semirural no calificada, generando alrededor de 75.000 empleos directos, de los cuales el 70% corresponde a mano de obra femenina. En 1998, el sector florícola alcanzó un volumen en ventas de 146.562 ton, equivalentes a US\$ 554 millones (Agricultura de las Américas, 1998). Para 1999, la participación en el volumen total de flores de exportación fue de 22,5% de clavel estándar y 11,4% de clavel miniatura, siendo 'Nelson' una variedad tradicional de color rojo, de las que más se cultiva y más se exporta. Sin embargo, los altos costos de producción y los bajos precios han hecho que la rentabilidad de esta industria haya decaído en los últimos años.

El clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) pertenece a la familia *Caryophyllaceae*, presenta hojas opuestas, decusadas por pares y glaucas, tallo herbáceo de forma lineal y con un terminal floral, cuya inflorescencia es una cima. Las especies nativas de clavel son de origen mediterráneo, sin embargo, a mediados del siglo XIX se desarrolló el híbrido americano tipo estándar, de los cuales el grupo 'Sim' fue el más difundido (Bunt y Cockshull, 1983), pero hoy poco cultivado, debido a la susceptibilidad a patógenos.

El clavel es considerado una especie muy sensible al etileno, tanto en el tipo estándar como en el miniclavel, y sus síntomas más frecuentes son adormecimiento del botón floral y marchitamiento de los pétalos (Salisbury y Ross, 1994). Las flores de clavel producen pequeñas cantidades de etileno, observándose un pico de su producción pocos días después de la cosecha, antes de que los pétalos empiecen a marchitarse.

El etileno se deriva de los carbonos 3 y 4 del aminoácido metionina, donde interviene un compuesto similar a un aminoácido, el ácido 1-amino-ciclopropano-1-carboxílico (ACC) como precursor cercano al etileno (Yang, 1980). El átomo de azufre de la metionina se conserva en un proceso cíclico de ahorro, sin el cual el azufre reducido podría limitar la cantidad de metionina y la velocidad de la síntesis del etileno. Otras características importantes son la esencialidad de ATP, para la conversión de metionina en S-adenosinmetionina (SAM), y la necesidad de oxígeno para la conversión final del ACC en etileno. Los requerimientos de ATP y O<sub>2</sub> explican el porque la producción de etileno llega a un punto mínimo en condiciones hipóxicas severas.

Las flores sintetizan etileno, en especial antes de marchitarse, y en la mayoría de las especies causa senescencia y abscisión. Además, el etileno está involucrado en la inducción de cambios en la permeabilidad de las membranas celulares, que incluyen modificaciones en composición, propiedades físicas y funcionales: un ligero aumento en la permeabilidad de la membrana es característico de las flores en estados avanzados de senescencia (Faragher y Mayak, 1984). El etileno, además de ser producido por las plantas también está presente en la atmósfera, aumentando en órganos vegetales en respuesta a condiciones adversas, tales como estrés hídrico, baja intensidad lumínica, daños mecánicos y enfermedades. La reacción del tallo floral, al ser cortado de la planta, es incrementar la producción de etileno, para que los órganos reproductivos

maduren con mayor rapidez y así asegurar su sobrevivencia. Sin embargo, ésta es una característica indeseada en flores de corte, ya que disminuye su longevidad floral y, por lo tanto, su valor comercial.

La tendencia de las investigaciones actuales es generar nuevos productos que actúen contra el etileno endógeno y exógeno, cuyos ingredientes sean fácilmente degradables, para así emplearlos a nivel comercial no solo en poscosecha de flores sino también en otros productos de origen vegetal. En el caso del clavel, la ingeniería genética ha creado plantas transgénicas cuyos receptores no responden al etileno y se puede esperar que sean de real interés comercial pese a sus elevados costos de producción (Bouzayen y Pech, 1997). El etileno como hormona vegetal, además de la senescencia floral, también está involucrado en otros procesos fisiológicos, principalmente en situaciones de estrés. Estaría por verificarse el comportamiento de éstas plantas transgénicas en condiciones de invernadero y producción comercial (Flórez, 1998).

Tanto el etileno que se encuentra en el aire como el sintetizado por la planta son responsables de la disminución en la longevidad floral y, por lo tanto, de la pérdida o reducción del valor comercial. Para reducir sus efectos, se emplean distintas alternativas y tratamientos.

Para prevenir los daños ocasionados por el etileno se pueden emplear los inhibidores de su síntesis y/o de su acción. El tiosulfato de plata (STS) tiene amplia aplicación en productos de tipo comercial porque retarda los efectos deletéreos del etileno en plantas florecidas (Cameron y Reid, 1981). Su ingrediente activo como inhibidor de la acción del etileno es el ion Ag<sup>+</sup>. Se puede emplear en solución acuosa o aplicado en aspersión en plantas florecidas y ha respondido muy bien combinado con sacarosa. Pese a que el STS tiene amplia aplicación en la poscosecha de flores de corte, es visto como un posible contaminante ambiental, y su uso en plantas florecidas en macetas ha sido restringido en algunos países (Serek y Reid, 1993).

Se encontró que la aminoetoxivinilglicina (AVG) y el ácido aminooxácético (AOA) son potentes inhibidores de la síntesis de etileno. Éstos compuestos actúan inhibiendo de forma competitiva enzimas que necesitan fosfato de piridoxal como coenzima, bloqueando la conversión de la SAM en ACC (Yang, 1985; Taiz y Zeiger, 1991).

Se han reportado resultados positivos con productos a base de AOA aplicados en clavel, sin embargo, la longevidad floral de claveles tratados con AOA ha sido siempre menor que la de los tratados con STS (Staby *et al.* 1993). Esto se debe a que como el AOA es un inhibidor de la síntesis de etileno, no impide el efecto del etileno proveniente de otras fuentes. Además, los mejores resultados se han obtenido cuando el tratamiento es prolongado y no parece tener efectos positivos en otras especies susceptibles al etileno. Sin embargo, como no es nocivo al medio ambiente, se ha convertido en una de las alternativas viables ecológicamente.

El 1-Metilciclopropano (1-MCP) es un compuesto orgánico volátil relativamente simple que modifica la unión del etileno al sitio activo y, por lo tanto, previene la acción del etileno exógeno que pueda actuar en la senescencia floral. Inhibe la acción del etileno cuando las plantas son tratadas con concentraciones bajas (0.5 nL/L) (Sisler, 1993, datos no publicados; Sisler y Serek, 1997), y el efecto de inhibición del etileno se incrementan linealmente con la concentración de 1-MCP. Tampoco es tóxico al

medio ambiente y puede ser el sustituto del STS en la industria ornamental (Nell, 1992). Su aplicación comercial podría ser antes del empaque, en los vehículos de transporte o en áreas de almacenamiento. El 1-MCP ha dado buenos resultados en flores como gypsophila y clavel (Peiser, 1986).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficacia del tiosulfato de plata (STS), del 1-metil ciclopropano (1-MCP) y del ácido aminooxácético (AOA) en la inhibición de la síntesis y/o la acción del etileno, midiendo su efecto en la longevidad floral del clavel estándar, var. 'Nelson', proveniente de cultivo hidropónico.

## MATERIALES Y METODOS

El ensayo se llevó a cabo en dos etapas: en la primera, realizada en la finca Sagaro, ubicada en la vía Suba-Cota, a 2600 msnm, se aplicaron los tratamientos poscosecha; en la segunda etapa se realizaron las respectivas mediciones y ésta se llevó a cabo en el laboratorio de Fisiología de Cultivos, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

### Material vegetal

Se utilizaron tallos florales de clavel estándar, tipo mediterráneo, variedad 'Nelson', pertenecientes a un mismo bloque de producción y cultivados con el sistema hidropónico. En el culti-

vo, la densidad de siembra fue de 42 plantas/m<sup>2</sup>/cama y los tallos florales se cosecharon en primer pico de producción, aproximadamente a las 26 semanas de edad de las plantas. Una vez en la poscosecha, los tallos florales se clasificaron y se procedió a confeccionar ramos de porte 'Fancy', observando, entre otros parámetros de calidad, la longitud de 65 cm.

### Metodología

Para los tratamientos anti-etilénicos se emplearon productos a base de STS, AOA y 1-MCP, según la dosis comercial recomendada (Cuadro 1). El STS y el AOA se diluyeron en agua deionizada, mientras que el 1-MCP se aplicó en una cámara sellada de 1m<sup>3</sup>, elaborada con plástico calibre seis, la cual se colocó sobre una tina, con una lamina de agua de aproximadamente 10 cm de altura, para impedir el escape del gas. El 1-MCP se colocó, en la dosis recomendada, en un recipiente apropiado, y se agregó agua caliente de tal forma que cubriera el producto. En seguida, se mezcló ligeramente y se procedió al tratamiento en condiciones herméticas.

En la etapa de laboratorio, los tallos florales se cortaron a 62 cm y se colocaron en agua destilada. En promedio, las condiciones del laboratorio fueron: fotoperiodo de 12h (luz artificial de 6 a.m. a 6 p.m.), temperatura de 19°C y H.R. del 75 %. El laboratorio se ventiló durante 30 min en las horas de la mañana para remover etileno.

Cuadro 1. Productos, dosis y tiempos empleados en la evaluación de longevidad floral de clavel estándar var. «Nelson», sometido a diferentes tratamientos en poscosecha.

Tratamientos (Productos)	Dosis	Tiempo de tratamiento (horas)
STS finca	10 mL L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O	1
1-MCP	0,5 g.m <sup>-3</sup>	4
Chrysal AVB (STS)	2 mL L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O	2
Chrysal EVB (AOA)	10 mL L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O	1
Florissima 125 (STS)	30 mL L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O	1
Florissima 135 (AOA)	10 mL L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O	4
Florissant 100 (STS)	2,5 mL L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O + Agral 1 mL L <sup>-1</sup>	1
1-MCP + Chrysal EVB (AOA)	(0,5 g.m <sup>-3</sup> ) + (5 mL L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O)	4
1-MCP + Florissima 135 (AOA)	(0,5 g.m <sup>-3</sup> ) + (10 mL L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O)	4
Testigo (Agua deionizada)	-	1

### Variables medidas

Se midieron las variables longevidad floral, grado de apertura, color, manchas en el tallo, pétalo quemado en el borde, daño por etileno, consumo de agua, masa fresca y masa seca total, de la flor, del tallo y de las hojas.

En la evaluación de la longevidad floral se descartaron los tallos que presentaron síntomas de daños por etileno, pétalos quemados en los bordes y tallo quebrado. El tratamiento se dejó de evaluar cuando más del 50 % de los tallos florales se descartaron por alguno de los motivos anteriores.

El grado de apertura se midió teniendo en cuenta la posición de los pétalos más externos con relación a la parte superior del cáliz y observando, como parámetro, una escala con 5 grados de apertura (figura 1), así: grado 1, flor cerrada hasta pétalos rectos; grado 2, de pétalo recto hasta los 22,5° de apertura; grado 3, de 22,5° hasta los 67° de apertura floral; grado 4, de 67° de apertura floral hasta los 90° y el grado 5 más de 90° de apertura floral.

El color se comparó a través de las Cuadros de colores de la Royal Horticultural Society, tomando como color de partida el 144 B.

Se consideró la aparición de manchas de tejido necrótico en el tallo, las cuales fueron coalesciendo formando manchas mayo-

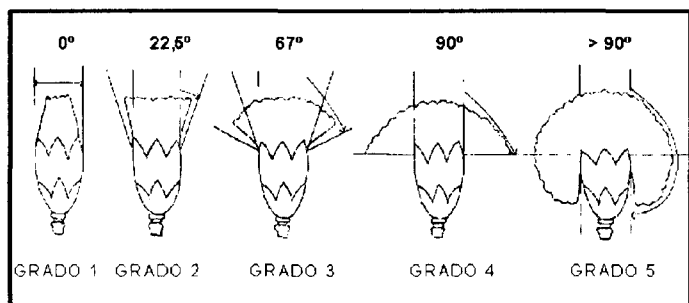


Figura 1. Grados de apertura para la evaluación del clavel estándar var. 'Nelson'.

res. Éstas solo se presentaron en los tratamientos a base del ion  $Ag^+$ . Las manchas en el tallo se evaluaron desde el día de su aparición, mediante una escala con tres grados: grado 1, presencia de las manchas hasta 1 cm; grado 2 manchas de 1 a 2 cm y grado 3, manchas de más de 2 cm.

Los pétalos quemados en los bordes se evaluaron desde su observación, a través de una escala visual con tres grados: grado 1, desde la aparición hasta menos del 10% de la flor afectada; grado 2, menos del 20% de la flor con el síntoma y el grado 3, 30% de la flor con este fenómeno. Los tallos florales en grado 3 fueron descartados del experimento.

Los síntomas por etileno se evaluaron mediante 2 grados. El grado 1, para las flores que presentaron deshidratación leve de los pétalos externos y el grado 2, para las flores con pétalos externos y centrales deshidratados. Este grado causó el descarte del tallo floral. El síntoma de daño por etileno también se observó por entorchamiento de los pétalos y adormecimiento del botón floral.

El consumo de agua se midió mediante el uso de una bureta, completando diariamente a un volumen de 2,5 litros, que se había marcado previamente en los floreros. Para ésta evaluación se descontó la evaporación promedio del laboratorio, mediante el uso de dos floreros, los cuales no contenían tallos florales.

La masa fresca y la masa seca total, de la flor, del tallo y de las hojas se cuantificaron mediante el uso de una balanza digital. La masa fresca total se evaluó diariamente y la masa seca total, de la flor, del tallo y de las hojas con un intervalo de tres días, está evaluación fue de tipo destructivo. Para la masa seca se utilizó una estufa de secado marca THELCO modelo 27 a 105 °C durante 24 h, cuando se obtuvo masa constante.

Cuadro 2. Longevidad floral en clavel estándar var. 'Nelson' sometido a diferentes tratamientos anti-etilénicos en poscosecha.

Tratamientos	Ingrediente activo	Longevidad floral (Días)	Diferencia respecto a la media
1-MCP + Florissima 135	1-MCP + AOA	22,00 a	+ 3,25
Florissima 125	$Ag^+$	21,75 a	+ 3,00
STS finca	$Ag^+$	21,50 a	+ 2,75
Florissima 135	AOA	21,00 ab	+ 2,25
1-MCP + Chrysal EVB	1-MCP + AOA	20,20 abc	+ 1,50
Chrysal AVB	$Ag^+$	19,00 bc	+ 0,25
Chrysal EVB	AOA	18,50 c	- 0,25
1-MCP	1-MCP	16,25 d	- 2,50
Florissant 100	$Ag^+$	15,75 d	- 3,00
Testigo	Agua deionizada	11,50 e	- 7,25
Promedio 18,7			

C.V. (%) = 7,1

## Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar, con 6 repeticiones por tratamiento, para un total de 240 flores a evaluar. Las variables longevidad floral y masa fresca total se sometieron a análisis de varianza. Las demás variables se analizaron mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, dado el hecho que son variables de tipo categórico y con residuales del modelo no susceptibles de ser normalizados. Para el análisis se tuvieron en cuenta las evaluaciones realizadas los días 1, 6, 11, 16 y 21. En función del balanceo de los datos se utilizaron las pruebas de comparación de medias por contrastes ortogonales o por Student Newman Keuls, y para longevidad floral y grado de apertura la prueba de Duncan. Se usó el programa estadístico SAS, v 6.12.

Las variables grado de apertura, manchas en el tallo y pétalo quemado en el borde también se evaluaron evolutivamente los días 6, 11, 16 y 21. Se consideró evolución, el comportamiento diferencial y progresivo, en un rango de tiempo con una duración de 5 días.

El grado 5 de apertura, que es el que se busca por su valor decorativo (flor completamente abierta), las manchas en el tallo, los pétalos quemados en los bordes y los daños por etileno, también se evaluaron en cuanto a su día de aparición.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Longevidad floral

En la Cuadro 2 se puede observar que, a excepción del Florissant 100, los tratamientos con los productos a base del ion  $Ag^+$  (Florissima 125, STS finca y Chrysal AVB) presentan una diferencia positiva con respecto al promedio de la longevidad floral.

En la Cuadro 2 también se observa que entre los tratamientos a base de AOA (Florissima 135 y Chrysal EVB) los mejores resultados se obtuvieron con Florissima 135, pues con este tratamiento se prolongó la longevidad floral en relación con Chrysal EVB. Los productos a base de AOA son más costosos que los a base de STS.

El 1-MCP requiere para su aplicación de una infraestructura de cámara sellada, con tiempo de tratamiento de cuatro horas. Sin embargo, este tratamiento presentó una longevidad floral inferior al promedio (Cuadro 2).

La aplicación simultánea de productos de modo de acción diferente: AOA inhibidor de la síntesis y STS inhibidor de la acción del etileno, era innovadora porque se pretendió inhibir tanto el etileno endógeno como el exógeno, esperándose prolongar significativamente la vida en florero. Sin embargo, la aplicación de los tratamientos 1-MCP + Florissima 135 y 1-MCP + Chrysal EVB no difirieron significativamente de tratamientos tradicionales a base de STS (Florissima 125 y STS finca) o mismo del tratamiento con Florissima 135, a base de AOA (Cuadro 2).

La duración del tratamiento testigo estuvo por debajo del promedio de longevidad floral, seguido por el tratamiento con Florissant 100 (Cuadro 2).

## Grado de apertura

En el análisis estadístico no paramétrico para los días 1, 6, 11, 16 y 21 no se presentaron diferencias estadísticamente significativas. En cuanto al número de días necesarios para la aparición del grado 5 de apertura floral, se verificaron diferencias significativas entre tratamientos y por los contrastes se observa (Cuadro 3) que el tratamiento testigo (agua deionizada) alcanza más rápido el grado 5 de apertura floral. Esto probable-

mente es debido a que el etileno influye en la apertura floral y al no presentarse inhibición, las flores abren en menor tiempo. Entre las combinaciones 1-MCP + Chrysal EVB y 1-MCP + Florissima 135 también se presentan diferencias significativas: se observa una apertura más uniforme y en menor tiempo con el tratamiento 1-MCP + Chrysal EVB. El Florissant 100 es el tratamiento con STS que alcanza más rápido el grado 5 de apertura floral. Los productos basados en AOA no presentaron diferencias significativas cuanto a este parámetro.

En el análisis de tipo evolutivo para el día 6 no se presentaron diferencias significativas. En el día 11 los tratamientos Florissima 135, STS finca y Florissant 100 presentaron mayor grado de apertura floral (Cuadro 3). Para los días 16 y 21 no se presentaron diferencias significativas.

No parece existir relación entre ingrediente activo y apertura floral, ya que algunos tratamientos con el mismo ingrediente activo logran la misma apertura en tiempos diferentes. Por ejemplo, con el tratamiento Florissant 100 (STS) se logra el grado 5 de apertura floral a los 11,25 días y con Chrysal AVB (STS) se obtiene el mismo grado de apertura a los 15,75 días de vida en florero.

Esta velocidad de apertura floral podría estar influenciada por otros ingredientes de los productos comerciales diferentes al ion  $Ag^+$ . Los botones florales afectados por el etileno tienden a cerrarse progresivamente, pierden volumen y las flores no abren cuando inicialmente no fueron protegidas por los inhibidores de etileno.

Cuadro 3. Tiempo necesario para que las flores de clavel estándar var. 'Nelson', sometidas a diferentes tratamientos poscosecha, obtuvieran el mayor porcentaje de flores en grado 5 de apertura floral y porcentaje de apertura al día 11 de vida en florero.

Tratamientos	Ingrediente activo	Días a grado 5 de apertura floral	Grado 5 de apertura floral en el día 11 (%)
Testigo	Agua Deionizada	8,75 a	0,00
1-MCP	1-MCP	11,25 b	87,50
Florissant 100	$Ag^+$	11,25 b	93,75
Florissima 135	AOA	11,50 b	100,00
Florissima 125	$Ag^+$	12,00 b	87,50
1-MCP + Chrysal EVB	1-MCP + AOA	12,00 b	87,50
Chrysal EVB	AOA	12,25 b	75,00
STS finca	$Ag^+$	12,50 b	93,75
1-MCP + Florissima 135	1-MCP + AOA	15,25 c	62,50
Chrysal AVB	$Ag^+$	15,75 c	25,00
Promedio 12,24			

C.V. (%) = 25,2

Grado 5 de apertura floral = flor completamente abierta.

## Color

En la Cuadro 4 se presentan los resultados de la evaluación de color correspondiente a 11, 16 y 21 días de vida en florero. Para esta variable, el análisis estadístico no paramétrico correspondiente a los días 1 y 6 no presenta diferencias significativas, debi-

do a que las flores de clavel apenas iniciaban su vida en florero y no presentaban decoloración. Para el día 11 se presentan diferencias significativas y los tratamientos que presentan mejor color son: Chrysal EVB, el testigo y el 1-MCP, en relación con los demás tratamientos, que van perdiendo el color. En los días 16 y 21 el mejor color lo presenta el tratamiento con Florissima 135. Como

Cuadro 4. Análisis no paramétrico para la variable color en clavel estándar var. 'Nelson', sometido a diferentes tratamientos poscosecha. Los resultados se presentan en forma descendente.

Día 11	Día 16	Día 21
Chrysal EVB	Florissima 135	Florissima 135
Testigo	1-MCP + Florissima 135	1-MCP + Chrysal EVB
1-MCP	1-MCP	STS finca
STS finca	1-MCP + Chrysal EVB	1-MCP + Florissima 135
Florissima 135	Chrysal AVB	Florissima 125
1-MCP + Florissima 135	STS finca	-
Florissant 100	Chrysal EVB	-
Florissima 125	Florissima 125	-
1-MCP + Chrysal EVB	Florissant 100	-
Chrysal AVB	-	-

consecuencia de la pérdida de turgor, la flor empieza a marchitarse, lo que frecuentemente va acompañado por modificaciones en el color (Paulin, 1997). Los pétalos senescentes pierden su brillo y los afectados por el etileno se tornan de color rojo oscuro.

### Manchas en el tallo

En el análisis estadístico no paramétrico para el día 1 no se presentaron diferencias significativas. Para los días 6, 11, 16 y 21, el tratamiento STS finca presentó el mayor porcentaje de manchas en el tallo, seguido por el Florissima 125 (Cuadro 5). Para los días 6 y 11 los tratamientos Chrysal AVB no presentaron este fenómeno.

Cuadro 5. Porcentaje de manchas en los tallos florales del clavel estándar var. 'Nelson', sometidos a tratamientos en poscosecha a base de STS.

Tratamientos	Días de Evaluación (%)				
	1	6	11	16	21
STS Finca	0,0	29,1	29,1	35,2	38,4
Chrysal AVB	0,0	0,0	0,0	0,0	6,25
Florissima 125	0,0	8,3	12,5	19,0	20,0
Florissant 100	0,0	0,0	0,0	7,1	-

Estas manchas solo se presentaron en productos que contienen STS y parecen estar influenciadas por su concentración, ya que el tratamiento con Florissant 100 presentó bajo porcentaje de manchas y demoró más tiempo en evidenciarlas, pero también fue uno de los tratamientos con menor longevidad floral (Cuadro 2). Las alteraciones en los tallos de clavel se han observado utilizando soluciones de STS a razón de 0.2 mM  $\text{AgNO}_3$  y 25 mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{O}_3\text{H}_2\text{O}$ , aplicadas durante dos horas (Staden y Armitage, 1994).

### Pétalo quemado en el borde

En las evaluaciones correspondientes a los días 1, 6 y 11 no se presentaron diferencias significativas para esta variable. Para el día 16, el tratamiento con Florissima 135 presentó el mayor porcentaje de pétalos quemados en el borde. En el día 21, los tratamientos con Florissima 125, Florissima 135, 1-MCP + Florissima 135 y STS de la finca, en orden descendente, presentaron el mayor porcentaje de flores con presencia de pétalo quemado. En el análisis de tipo evolutivo y día de aparición de la anomalía, no se presentaron diferencias significativas.

La aparición de este síntoma se presentó más rápido en el testigo que en los demás tratamientos. Los bordes quemados en los pétalos de la flor son una consecuencia de la senescencia, que se asocia con la pérdida progresiva y general del RNA celular (Woodson, 1987).

### Daños por etileno

Los daños por etileno representan un porcentaje alto cuando se consideran las variables observadas en el descarte de los tallos florales. En cuanto al análisis estadístico de esta variable para los días 1, 6, 11, 16 y 21 y día de aparición de la sintomatología, se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 6). El tratamiento testigo fue uno de los que presentó estos síntomas en mayor porcentaje y en el menor tiempo, debido, probablemente, a la ausencia de inhibidores de la síntesis y/o de la acción del etileno. En consecuencia, fue el tratamiento que más rápido se descartó.

### Consumo de agua

En cuanto al consumo de agua no se presentaron diferencias significativas en los días 1, 6, 11, 16 y 21 de vida en florero. Tampoco se verificaron diferencias significativas entre los tratamientos con igual o diferente ingrediente activo y según los resultados, el consumo de agua fue homogéneo para todos los trata-

Cuadro 6. Porcentaje de daño causado por etileno, en el día del descarte o al final de la evaluación, en flores de clavel estándar var. 'Nelson' sometidas a diferentes tratamientos en poscosecha.

Tratamiento	Ingrediente activo	Daño por etileno (%)
STS finca	Ag <sup>+</sup>	18,70
1-MCP	1-MCP	43,75
Chrysal AVB	Ag <sup>+</sup>	37,50
Chrysal EVB	AOA	50,00
Florissima 125	Ag <sup>+</sup>	12,50
Florissima 135	AOA	18,75
Florissant 100	Ag <sup>+</sup>	50,00
1-MCP + Chrysal EVB	1-MCP + AOA	50,00
1-MCP + Florissima 135	1-MCP + AOA	0,00
Testigo	Agua deionizada	50,00

mientos. Esto podría indicar que el consumo de agua no tuvo relación con los diferentes ingredientes de los productos y que este se realizó de manera independiente.

### Masa fresca y masa seca total de flor, tallo y hojas

En cuanto a la masa fresca total no se presentaron diferencias significativas en las evaluaciones de los días 1, 6, y 11 (Cuadro 7). Para la evaluación del día 16, el tratamiento con STS finca presentó diferencias significativas, en comparación con los demás tratamientos, siendo éste el de menor masa. Para el día 21 no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos que aún quedaban en evaluación (STS finca, Florissima 125, Florissima 135 y 1-MCP + Florissima 135).

Cuadro 7. Promedios de masa fresca total en clavel estándar var. 'Nelson' sometido a diferentes tratamientos poscosecha, en diferentes días de evaluación.

Tratamientos	Días de Evaluación				
	1	6	11	16	21
STS finca	24,9	27,3	27,4	26,6	26,1
1-MCP	25,6	27,5	27,5	27,1	-
Chrysal AVB	26,0	27,8	28,0	28,2	-
Chrysal EVB	24,9	28,1	28,6	27,8	-
Florissima 125	24,4	28,7	29,0	28,5	27,1
Florissima 135	25,4	27,6	27,7	27,1	26,4
Florissant 100	24,5	27,1	27,5	-	-
1-MCP + Chrysal EVB	25,9	28,7	29,0	28,4	-
1-MCP + Florissima 135	24,2	27,0	27,4	27,2	26,6
Testigo	25,1	27,0	27,1	-	-

En cuanto a masa fresca no se verificaron diferencias significativas para los tratamientos en ninguna de las evaluaciones. El material dentro de cada tratamiento se mantuvo homogéneo, independiente del ingrediente activo utilizado. Para la variable masa fresca de la flor, del tallo y de las hojas no se presentaron diferencias significativas para ninguna de las evaluaciones y la ganancia en masa fresca se presentó sobre todo en el segundo día de evaluación.

Con relación a la masa seca total, de la flor, del tallo y de las hojas no se presentaron diferencias significativas para ninguno de los días de evaluación.

Así, los tratamientos de poscosecha empleados no parecen influir en el aumento ni de masa fresca ni de masa seca.

De forma general, los productos a base de STS requieren para su acción de 1 ó 2 horas, son de fácil aplicación y la duración del producto una vez en solución de hasta una semana, los hacen eficaces en la poscosecha, pese a sus desventajas ambientales.

En poscosecha también se mide la efectividad de un producto por la duración del tratamiento, para así evitar acumulación de la flor, sobre todo en temporadas de alta demanda. Pese a las ventajas ambientales del 1-MCP, por la duración prolongada del tratamiento, su acción efectiva sería de difícil adopción. Además, presentó longevidad floral inferior al promedio.

Considerando que las variables de color y grado de apertura forman en su conjunto el valor decorativo, se notó que el Florissima 135 y las combinaciones de 1-MCP + Florissima 135 y 1-MCP + Chrysal EVB son tratamientos que podrían reemplazar a los compuestos con el ion Ag<sup>+</sup> como ingrediente activo, el cual es visto como un posible contaminante ambiental.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a los doctores Hermes Valderrama, gerente general, y Hernando Callejas, jefe de poscosecha. A los ingenieros agrónomos Rafael la Rotta y Pedro Bolívar. Al señor Juan García y a los trabajadores de la finca Sagaro, por su colaboración para la realización de este trabajo.

**LITERATURA CITADA**

- BOUZAYEN, M. y PECH, J. C. From weeds spring eternal flowers. *Nature Biotechnology* 15:418. 1997
- BUNT, A. C. y COCKSHULL, K. E. *Dianthus caryophyllus* L. In: *Handbook of flowering*. Vol.II. p. 433-439. 1983
- CAMERON, A. C. y REID, M. S. The use of silver anionic complex as a foliar spray to prevent flower abscission of *Zigocactus*. *HortScience* 16: 761-762. 1981
- FARAGHER, J. D. y MAYAK, S. Physiological responses of cut rose flowers to exposure to low temperature: changes in membrane permeability and ethylene production. *J. Expt. Bot.* 35: 965-974. 1984
- FLOREZ R., V. J. Biosíntesis de etileno y su regulación. *Acopaflor* 5(5): 49-55. 1998
- IMPACTO DE LAS FLORES COLOMBIANAS EN EL EXTERIOR. *Agricultura de las Américas*. Edición 265:26-28. 1998
- NELL, T. A. Taking silver safely out of the longevity picture. *Grower Talks*. June: 35-38. 1992
- PAULIN, A. La poscosecha de las flores cortadas bases fisiológicas. *Ediciones HortiTecnía Ltda*. Bogotá, p. 142. 1997.
- PEISER, G. Levels of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) synthase activity, ACC and ACC-conjugate in cut carnation flowers during senescence. *Acta Horticulturac*, 181:99-103. 1986
- SALISBURY, F. B. y ROSS, C. W. *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica. México, p. 435-438 y 441-442. 1994
- SEREK, M., SISLER, E. C. y REID, M. S. Novel gaseous ethylene binding inhibitor prevents ethylene effects in potted flowering plants. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(6): 1230-1233. 1994
- SISLER, E. C. y SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments. *Physiologia Plantarum* 100: 557-587. 1997
- SEREK, M. y REID, M. S. Anti-ethylene treatments for potted flowering plants-Relative efficacy of inhibitors of ethylene action and biosynthesis. *HortScience* 28: 1180-1181. 1993
- STABY, G., BASEL, R., REID, M. y DODGE, L. Efficacy of commercial anti-ethylene products for fresh cut flowers. *Hort. Tech.* 3: 199-202. 1993
- STADEN, J. V. y ARMITAGE, A. E. Stem bending in carnation flowers subjected to senescence delaying treatments. *J. South. Afr. Soc. Hort. Sci.* 4(2): 19-20. 1994
- TAIZ, L. y ZEIGER, E. *Introduction to Plant Physiology*. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Redwood city, p. 565. 1991
- WOODSON, W. R. Changes in protein and mRNA populations during carnation petal senescence. *Physiologia Plantarum* 71: 445-502. 1987
- YANG, S. F. Regulation of ethylene biosynthesis. *HortScience*, 15(3):238-243. 1980
- YANG, S. F. Biosynthesis and action of ethylene. *HortScience*, 20(1):41-45. 1985