



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

**EFFECTO DEL COBALTO Y CALCIO EN SOLUCIONES
PRESERVANTES SOBRE LA VIDA POSTCOSECHA DE *Lilium*
HIBRIDO ORIENTAL 'Star Fighter' Y 'Star Gazer'**

**T E S I S
Q U E P R E S E N T A :**

MANUEL MANDUJANO PIÑA

**COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS EN
HORTICULTURA**



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



Instituto de Horticultura

Chapingo, Estado de México, Junio de 2010

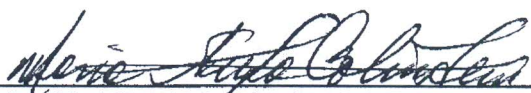
**EFFECTO DEL COBALTO Y CALCIO EN SOLUCIONES PRESERVANTES SOBRE LA
VIDA POSTCOSECHA DE *Lilium* HIBRIDO ORIENTAL 'Star Fighter' Y 'Star Gazer'**

Esta tesis fue realizada por Manuel Mandujano Piña bajo la dirección del Consejo Particular que se indica, ha sido aprobada por él mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTORA:


DRA. MA. TERESA COLINAS LEON

ASESORA:


DRA. ANA MARIA CASTILLO GONZALEZ

ASESOR:


DR. IRAN ALIA TEJACAL

ASESOR:


DR. LUIS ALONSO VALDEZ AGUILAR

LECTOR EXTERNO:


DRA. MA. TERESA MARTINEZ DAMIAN

Chapingo, Estado de México. Junio de 2010

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Universidad Autónoma Chapingo, por permitir dar continuidad a mi formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo para realizar mis estudios doctorales.

A la Dra. Ma. Teresa Colinas León por dirigir la presente investigación. Así como, por su apoyo, paciencia y dedicación para finalizarlo.

A la Dra. Ana María Castillo González, por su apoyo y asesoría en todo momento para la realización de este trabajo.

Al Dr. Iran Alia Tejacal, por formar parte del consejo asesor, así como por el apoyo y orientación para la realización de la presente investigación.

Al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar, por formar parte del consejo asesor, así como por su apoyo y sus atinadas sugerencias al presente trabajo.

A la Dra. Ma. Teresa Martínez Damián, por su colaboración como lectora externa, así como por sus atinadas sugerencias.

A los académicos del Instituto de Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo por sus consideraciones en el trato profesional y personal que me brindaron.

Al Químico Cecilio Bautista Bañuelo, al Maestro José Cutberto, al Sr. Anastasio Ramírez C., a la Sra. Ángela, a Don Toño, a Don Víctor, a Don Gumaro, a Wences, a Vale y a Max, por su amistad y enorme apoyo en el trabajo de laboratorio y campo.

A mis maestros, amigos y compañeros, que siempre estuvieron alentándome para seguir adelante: Alberto Arriaga F., Sergio González M., Martha O. Salcedo A., Juan Gerardo Ortiz M., Gumerindo De La Cruz G., Salvador Gracián S., Hugo Perales V., Josefina Vázquez M., Rafael Quintanar Z., Ana Lilia Muñoz V., Socorro Sánchez C., Elías Piedra I., Tzasna Hernández D., Alejandro Monsalvo R., Antonia Trujillo H., Graciela Molina G., Martha M., Ernesto Aguirre L., Ma. Eugenia Heres P., Edith López V., Celia Trujillo B., Ramón V. Moreno T., Alejandro Castillo T., María Elena Moctezuma., Ismael A., Eloy González F., Martha Alicia González, Raúl Esparza A., Silvia Chavez M., por su apoyo incondicional. Gracias.

A mis compañeros y amigos de estudio en la Universidad Autónoma Chapingo y de manera especial a David M., Juan A., José M., Juan M., Carlos N., Guadalupe V., Norman A., Jacob B., Víctor G., Edith M., y Nadia J. con mucho aprecio.

DEDICATORIA

A LA MEMORIA DE MI PADRE:

Después de leer tantas páginas que el tiempo escribe con mi mano,
quedo triste, Tarumba, de no haber dicho más,
quedo triste de ser tan pequeño
y quedo triste y colérico de no estar solo.
(fragmento, poema de Jaime Sabines)

A MI MADRE:

Tu amor, tu fortaleza y tu comprensión son un ejemplo para mí.

A MIS MUJERES:

Lourdes, Avril Monserrat y Sara Ximena, por su amor y paciencia.

A MIS HERMANOS:

*Ma. Ausencia, Miguel, Antonio, María, Carmen, Lilia (†) y Martha Elena, con el cariño de
siempre.
GRACIAS.*

A TODOS MIS SOBRINOS CON MUCHO CARIÑO.

**Al compañero Delfino y toda la familia Vera-Sobreira, así como a la familia Mendoza
Ramírez. Por los buenos momentos, GRACIAS.**

DATOS BIOGRAFICOS

El autor del presente trabajo, Manuel Mandujano Piña, es originario del Estado de Guanajuato. Realizó sus estudios de pregrado en Biología y la Maestría en Biología de Recursos Vegetales en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México y cubrió sus estudios de Doctorado en Horticultura en la Universidad Autónoma Chapingo. Actualmente desempeña actividades de docencia e investigación como profesor asociado en la carrera de Biología de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, de la UNAM.

CONTENIDO

RESUMEN GENERAL.....	viii
GENERAL ABSTRACT	x
I. INTRODUCCION GENERAL.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN GENERAL.....	2
1.2 PLANTA EN ESTUDIO.....	4
1.2.1 Características botánicas del género <i>Lilium</i>	4
1.2.2 Importancia económica del género <i>Lilium</i>	7
1.2.3 Características fisiológicas de la flor de corte	8
1.2.4 Etileno	10
1.2.5 Biosíntesis del etileno.....	11
1.2.6 Uso de soluciones preservadoras	13
1.3 OBJETIVO GENERAL	15
1.3.1 Objetivos particulares.....	15
II. COBALTO COMO RETARDANTE DE LA SENESCENCIA DE <i>Lilium</i> EN POSTCOSECHA.....	17

2.1 COBALTO COMO RETARDANTE DE LA SENESCENCIA DE *LILIUM* EN

POSTCOSECHA.....	18
2.2 RESUMEN	18
2.3 ABSTRACT.....	19
2.4 INTRODUCCIÓN.....	20
2.5 MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
2.5.1 Diseño experimental.....	22
2.5.2 Variables evaluadas	22
2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
2.6.1 Consumo de solución preservante	23
2.6.2 Cambio en peso fresco	26
2.6.3 Longevidad floral	28
2.6.4 Medición de color en hojas mediante unidades SPAD.....	29
2.6.5 Concentración nutrimental	31
2.7 CONCLUSIONES.....	37
2.8 LITERATURA CITADA	38

III. CALCIO COMO RETARDANTE DE LA SENESCENCIA DE *LILIUM*

HIBRIDO ORIENTAL EN POSTCOSECHA	42
--	-----------

3.1 CALCIO COMO RETARDANTE DE LA SENESCENCIA DE *LILIUM*

HIBRIDO ORIENTAL EN POSTCOSECHA	43
3.2 RESUMEN	43
3.3 ABSTRACT.....	44

3.4 INTRODUCCIÓN.....	45
3.5 MATERIALES Y MÉTODOS.....	46
3.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
3.6.1 Consumo de solución preservante	49
3.6.2 Cambio en peso fresco	51
3.6.3 Longevidad Floral.....	53
3.6.4 Medición de color en hojas mediante unidades SPAD.....	55
3.6.5 Concentración nutrimental	57
3.6.6 Actividad de peroxidasa.....	62
3.6.7 Etileno y CO ₂	64
3.7 CONCLUSIONES.....	66
3.8 LITERATURA CITADA	67

IV. CALCIO EN SOLUCIONES PRESERVANTES Y PRESENCIA DE

COBALTO COMO RETARDANTES DE LA SENESCENCIA DE *LILIAM*

HIBRIDO ORIENTAL EN POSTCOSECHA	71
---------------------------------------	----

4.1 CALCIO EN SOLUCIONES PRESERVANTES Y PRESENCIA DE

COBALTO COMO RETARDANTES DE LA SENESCENCIA DE *LILIAM*

HIBRIDO ORIENTAL EN POSTCOSECHA	72
---------------------------------------	----

4.2 RESUMEN	72
-------------------	----

4.3 ABSTRACT.....	73
-------------------	----

4.4 INTRODUCCIÓN.....	74
-----------------------	----

4.5 MATERIALES Y MÉTODOS.....	77
-------------------------------	----

4.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	80
4.6.1 Consumo de solución preservante	80
4.6.2 Peso fresco	84
4.6.3 Longevidad floral	86
4.6.3 Medición de color en hojas mediante unidades SPAD.....	88
4.6.4 Concentración nutrimental	90
4.6.5 Actividad de peroxidasa.....	97
4.6.6 Etileno y CO ₂	100
4.6.7 Transpiración.....	102
4.7 CONCLUSIONES.....	104
4.8 LITERATURA CITADA	105
 V. DISCUSION GENERAL	 113
5.1 DISCUSION GENERAL	114
 VI. CONCLUSIONES GENERALES.....	 120
6.1 CONCLUSIONES GENERALES	121
 7. LITERATURA CITADA.....	 124

EFECTO DEL COBALTO Y CALCIO EN SOLUCIONES PRESERVANTES SOBRE LA VIDA POSTCOSECHA DE *Lilium* HIBRIDO ORIENTAL 'Star Fighter' Y 'Star Gazer'

RESUMEN GENERAL

Las flores de corte son transportadas de los centros de producción a los sitios de consumo por vía aérea o terrestre, y son manipuladas por una variedad de distribuidores, mayoristas y minoristas antes de ser vendidas al consumidor. Lo anterior, implica un tiempo, entre seis y diez días después de haber sido cosechadas. Todo ello conduce a una disminución en la calidad debido a los períodos de exposición a temperaturas cálidas, estrés hídrico y daños mecánicos. Diversas investigaciones han identificado una serie de etapas: para prolongar la vida postcosecha de las flores, entre las que resaltan; el uso de soluciones preservantes que además puedan inhibir la síntesis de etileno. En la presente investigación se evaluó el efecto de cobalto, calcio y su combinación sobre la fisiología poscosecha en *Lilium* híbrido oriental., cv. Star Gazer y cv Star Fighter. Los tallos florales fueron obtenidos en Villa Guerrero y Texcoco, Estado de México. Una vez cosechados se transportaron en seco a la Universidad Autónoma Chapingo, donde se estableció un Diseño Experimental Completamente al Azar, con un arreglo factorial. Los factores fueron: cultivar y concentración. Para evaluar vida postcosecha con el uso de soluciones que incluyeron como fuente de carbono sacarosa al 4 % y las siguientes concentraciones de cobalto: 0.0, 0.1, 0.2, 0.4 y 0.8 mM y calcio en concentraciones de: 0.0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 y 8.0 mM. Así como las combinaciones de calcio: 0.5, 1.0, 2.0 mM adicionado con cobalto 0.1 mM, ajustando el pH a 3.5 con ácido cítrico. Los resultados óptimos se observaron en los tratamientos de

0.1 y 0.2 mM de cobalto, 0.5 y 1.0 mM de calcio y la combinación de 0.5 mM de calcio, adicionado con 0.1 mM de cobalto. Lo anterior permitió establecer que la presencia del cobalto, calcio y la combinación de ambos favorecieron el retraso de los síntomas de senescencia en tallos de *Lilium*.

Palabras clave: flor de corte, etileno, peso fresco

EFEC OF COBALT AND CALCIUM IN PRESERVATIVE SOLUTIONS ON THE POSTHARVEST LIFE OF *Lilium* ORIENTAL HYBRID ‘Star Fighter’ AND ‘Star Gazer’

GENERAL ABSTRACT

Cut flowers are transported from areas of production to places where they are sold, either by air or ground, and are handled by a variety of distributors, wholesalers and retailers before they reach the consumer, implying between six and ten days after harvesting. All this leads to quality reduction due to the exposure to high temperatures, water stress, and mechanical damage. In various studies a series of critical aspects have been identified in order to increase postharvest life of flowers, among which is the use of solutions that can also inhibit ethylene synthesis. In this study the effect of cobalt, calcium and their combination in the postharvest physiology of *Lilium* oriental hybrid., cv. Star Gazer and cv Star Fighter was evaluated. The floral stems were obtained from Villa Guerrero and Texcoco, State of México. After harvest they were transported under dry conditions to the Universidad Autónoma Chapingo. A completely random factorial experimental design was established to evaluate postharvest life using solutions that included sucrose 4%, as a carbon source, and the following concentrations of cobalt chloride 0.0, 0.1, 0.2, 0.4 y 0.8 mM, and calcium chloride in concentrations of: 0.0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 y 8.0 mM. As well as cobalt 0.1 mM combined with calcium: 0.5, 1.0, 2.0 mM, adjusting pH to 3.5 with citric acid. The best results were obtained with the treatments of 0.1 and 0.2 mM cobalt, 0.5 and 1.0 mM calcium and the combination of 0.5 mM calcium, with 0.1 mM cobalt. These results allowed to establish that the

inclusion of cobalt, calcium and their combination delayed senescence symptoms in *Lilium* stems.

Key words: cut flower, ethylene, weigh fresh

I. INTRODUCCION GENERAL

1.1 INTRODUCCIÓN GENERAL

La producción, distribución y comercialización de las flores frescas han cambiado durante los últimos años en todo el mundo. En la actualidad la mayor parte de las flores de corte son transportadas largas distancias por vía aérea y/o camión refrigerado y manipuladas por una variedad de distribuidores, mayoristas y minoristas antes de ser vendidas al consumidor entre seis y diez días después del corte. Todo esto conduce a una pobre calidad debido a los largos períodos de exposición a temperaturas cálidas, estrés hídrico y daños mecánicos (Nell y Reid, 2000).

Diversas investigaciones han identificado una serie de áreas críticas para prolongar la vida de las flores cortadas entre las que resaltan: el control de la temperatura, la higiene del procesamiento postcosecha, y el uso de soluciones preservadoras (Paulin, 1997).

Las dos primeras recaen principalmente en las actividades de los productores, desde el manejo de la temperatura durante el transporte y almacenamiento, hasta la higiene misma de las flores, baldes, cortadoras y otras herramientas utilizadas en el proceso (Nell y Reid, 2000).

Respecto al uso de soluciones preservantes, se ha demostrado que alargan la vida de las flores al actuar sobre uno o varios parámetros que caracterizan su senectud. Actualmente se utilizan soluciones con sacarosa o glucosa para aportar azúcares (Michalezuk *et al*, 1992; Arriaga y Guerrero, 1995); soluciones con reguladores de crecimiento para prevenir el amarillamiento foliar (Hickenton, 1991; Van Doorn *et al*, 1992); soluciones de nitrato de plata para inhibir el crecimiento bacterial; y soluciones con tiosulfato de plata (STS) para prevenir los efectos del etileno (Paulin, 1997).

El etileno juega un papel importante en el control del envejecimiento de los pétalos en especies de varias familias de flores, limitan su desarrollo, reducen su apertura, provocan su caída junto con la de los botones florales, promueven el amarillamiento foliar y reduce significativamente la vida de las flores cortadas (Nell y Reid, 2000). Es precisamente respecto al etileno que la investigación a nivel mundial ha producido importantes aplicaciones prácticas, y es de uso extendido la aplicación de sales de plata como medida para prolongar la vida de las flores. Pero, a pesar de su eficiencia, la utilización de sales de plata presenta problemas relacionados con su comprobada toxicidad y los riesgos de contaminación de las aguas subterráneas al momento de disponer de sus residuos, lo que lleva a la búsqueda de otras alternativas.

Pardha y Mohan (1989) reportan que el uso de cloruro de cobalto como preservante, incrementó la longevidad en flores cortadas de crisantemo. Se sabe que el ión cobalto es un inhibidor de la biosíntesis de etileno, bloquea la conversión del ácido 1-aminociclopropano carboxílico (ACC) a etileno, por lo que puede ser otra posibilidad: También se ha relacionado al calcio con el síndrome de senescencia (Huang *et al.*, 1997; White, 2003), y en la orquídea *Phalaenopsis*, una concentración de calcio 1.0 mM, junto con un ionóforo aumenta la sensibilidad de la flor al etileno por lo que la senescencia se acelera, mientras que con la aplicación de Etilenglicol de Acido Tetracético (EGTA), como quelato de calcio, se observó una disminución en sensibilidad.

1.2 PLANTA EN ESTUDIO

1.2.1 Características botánicas del género *Lilium*

El género *Lilium* pertenece a la familia de las Liliáceas, incluye aproximadamente 100 especies con una distribución entre los 10° y 60° de latitud norte en Asia (50 a 60 especies), América del Norte (24 especies) y Europa (12 especies). Lo cual genera una controversia en cuanto a su clasificación botánica. Para algunos autores los subgéneros *Cardiocrinum*, considerado por otros como un género distinto. *Eulirion* y *Liliocharis* pueden ser considerados subgéneros, el último de estos como intermedio entre los géneros *Lilium* y *Nomocharis*, diferenciados entre sí claramente. Se les conoce con los nombres comunes de lilí, lirio, lirios orientales, lirios asiáticos, lirio japonés, lirios híbridos. Existen numerosos híbridos y cultivares. Se cultivan tanto como plantas perennes para jardín, como para flor de corte en campo e invernadero y para maceta. Las flores de corte y plantas en maceta se cultivan ya sea para fiestas específicas o para una producción anual regular. Aunque colectivamente reciben el nombre de “lirios de color”, los términos “Lirios Asiáticos” y “Lirios Orientales” se utilizan frecuentemente. Los híbridos asiáticos incluyen colores de flor como el naranja, rojo, amarillo, marrón y blanco; las flores están usualmente orientadas hacia arriba despidiendo o no un aroma ligero. Los híbridos orientales presentan zonas sombreadas en rojo, rosa y blanco con flores fuertemente aromáticas orientadas horizontalmente. Las hojas de los híbridos comerciales y de la mayoría de especies están uniformemente espaciadas a lo largo del tallo, pero en otras especies están en espirales muy claras. De las cruces entre *Lilium*

longiflorum y los lirios asiáticos han resultado los “Híbridos L. A.”, mientras que de las cruces entre *L. longiflorum* y los tipos orientales se han producido los “Híbridos L. O.”.(Huxley *et al*, 1992; Bañón *et al*, 1993; Dole y Wilkins, 1999).

La familia Liliaceae incluye muchos cultivos de importancia comercial incluyen los géneros *Allium*, *Brodiaea*, *Convallaria*, *Eremurus*, *Hyacinthus*, *Lachenalia*, *Muscari*, *Ornithogalum*, y *Tulipa* (Dole y Wilkins, 1999).

El sistema radicular es abundante, presenta raíces adventicias, caulinares y otras de tipo basal. Las raíces principales basales son carnosas con tonalidades marrones que se oscurecen con el tiempo; tienen grosor de 2 a 3 mm de diámetros y longitudes de hasta 15 a 20 cm. Sobre esta se distribuyen alternadamente las raíces secundarias con diámetros del orden de 1 mm y de 1 a 3 cm de longitud, de color más pálido que las principales y blanco hialino al principio. Las raíces se disponen siempre en la base del bulbo, emergiendo del disco basal; esto está motivado por el crecimiento continuo de las raíces, ya que la dormancia, o letargo de los bulbos, no es nunca completa. Además hay una importante emisión de raíces adventicias en el tallo, en su porción superior al bulbo; estas tienen una gran relevancia para la captación de nutrimentos y agua. Las raíces que surgen del bulbo son siempre perenes y no se renuevan cada año como sucede con otras plantas consideradas como bulbosas.

El tallo aéreo que surge desde el tallo basal situado en el interior del bulbo es erecto, simple y cilíndrico, con grosores entre 1 y 2 cm de diámetro que le da apariencia robusta; a menudo se presentan manchados o pigmentado, coloreado en tonalidades oscuras y densamente cubiertos de hojas alternas.

Las hojas son lanceoladas u ovado-lanceoladas, con dimensiones variables, de 10 a 15 cm de largo y con anchos de 1 a 3 cm, según tipos; a veces son verticiladas, sésiles o mínimamente peciolada y, normalmente, las basales pubescentes o glabras, dependiendo igualmente del tipo. Paralelinervias en el sentido de su eje longitudinal y de color generalmente verde intenso.

Las flores se sitúan en el extremo del tallo, son grandes o muy grandes; sus sépalos y pétalos constituyen un perianto de seis tépalos de gran número de colores, excepto azul, que se muestran desplegados o curvados, que da a la flor apariencia de trompeta, turbante o cáliz. Los órganos reproductores masculinos están dotados de seis estambres que poseen anteras oscilantes bastante voluminosas; el pistilo, trilobulado en su extremidad, forma el órgano femenino. El ovario está dividido en tres carpelos que abrigan cada uno dos rangos de óvulos. Se disponen solitarias o agrupadas en inflorescencias en racimos y corimbos, mostrándose erguidas o penduladas. Algunas variedades poseen flores perfumadas.

El fruto es una capsula trilocular con dehiscencia loculicida independiente y está provisto de numerosas semillas, generalmente alrededor de 200.

Las semilla es normalmente aplanada, frecuentemente alada y con dotación cromosómica ($2n = 24$) casi siempre.

El bulbo, siempre en el género *Lilium* desprovisto de túnica, es de forma redondeada agudizada por su parte distal, y está formado por una serie de hojas modificadas que se agrupan en torno a un disco basal o tallo modificado. Estas hojas modificadas tienen aspectos de escamas carnosas, de colores blancos, rosados o pardos, con forma triangular, más o menos largos, acuminados; almacenan las sustancias de reserva

necesarias para trasladar a la planta antes de formarse y especializarse el sistema radicular y asumir esa función. Hay otro tipo de bulbillos, como los de tipo epigeo, que desarrollan en las axilas de las hojas, como en *L. bulbiferum*, que al tener las flores estériles y no producir semillas aumenta su capacidad de reproducción, y otros de tipo hipogeo que pueden evolucionar tanto del sistema radicular caulinar como del bulbo principal.

1.2.2 Importancia económica del género *Lilium*

En América del Norte, particularmente en los Estados Unidos, existe una fuerte tradición que asocia al género *Lilium* con la fiesta de Pascua. Esta tradición resulta inusual ya que los lirios florecen a mediados y finales del verano, no en los tiempos de Pascua. Esto hace que la tradición dependa principalmente de la tecnología de maduración en invernadero. Se calcula que tan sólo en los Estados Unidos se importan anualmente cerca de 35.8 millones de bulbos de *Lilium*, y se exportan alrededor de 32.7 millones de flores de corte tan sólo de híbridos (Larson, 1992).

Actualmente numerosos híbridos están disponibles y año con año se introducen más para los jardines de los hogares o para el cultivo comercial como flor de corte o en maceta. Genéticamente se seleccionan las tallas de acuerdo al uso de la planta, alta para cultivares empleados exclusivamente para flor de corte, media para cultivares usados ya sea como flor de corte o como planta en maceta y corta para mejoramiento genético que se hace exclusivamente para plantas de maceta (Dole y Wilkins, 1998).

Los esfuerzos de entrecruzamiento se han enfocado en tallas y características de follaje específicas, así como en ampliar la gama de colores, mejorar el desarrollo radicular, resistencia a enfermedades en campo e invernadero, incrementar el número de flores en bulbos de tamaño pequeño, tolerancia a una amplia variedad de condiciones de maduración y climáticas, maduración rápida y uniforme, disminución en la fragancia floral de los híbridos orientales, mejoramiento de la consistencia floral, y especialmente, el comportamiento postcosecha (De Hertogh, 1996).

1.2.3 Características fisiológicas de la flor de corte

Mantener una buena calidad de las flores cortadas es parte fundamental en el proceso de producción y áreas involucradas con el tema. Sin embargo, de todos los factores involucrados a nivel fisiológico en el envejecimiento floral hay algunos que resultan cruciales para combatirlo.

La investigación a nivel mundial ha profundizado extensamente en áreas que han producido importantes aplicaciones prácticas como las relaciones hídricas, los reguladores de crecimiento (particularmente el etileno) y el uso de azúcares.

La longevidad de los pétalos se relaciona directamente con su contenido de carbohidratos, que será uno cuando la flor permanece unida a la planta y otro cuando ha sido cortada, ya que en este último caso la nutrición de los pétalos se interrumpe, y deben subsistir con base a sus propias reservas. Por ello se ha recomendado adicionar azúcares exógenos en las soluciones preservadoras para retardar de manera eficiente la senectud de las flores cortadas (Michalezuk *et al*, 1992; Arriaga y Guerrero, 1995).

Después de la cosecha, las flores cortadas colocadas en agua muestran un aumento inicial de peso fresco, seguido de una disminución del mismo. Esta relación entre el agua transpirada y el agua absorbida es lo que se llama balance hídrico, y su evolución determina finalmente el peso fresco de las flores. La falta temporal de agua es con frecuencia responsables del envejecimiento acelerado de las flores cortadas; por lo que se recomiendan tratamientos que puedan aplicarse al agua para disminuir el efecto de taponamiento del xilema por microorganismos, y/o la toxicidad de algunas sales presentes en el agua (Phavaphutanon y Ketsa, 1990; Van Doorn *et al*, 1993).

Respecto a los reguladores de crecimiento, se sabe que además del etileno, otras hormonas vegetales influyen sobre la vida en florero de las flores cortadas. Por ejemplo, las citocininas pueden prolongar la vida en algunas flores al retardar la aparición del pico de etileno (Lukaszewska *et al*, 1994). El ácido abscísico generalmente acelera el proceso de envejecimiento de los pétalos y la aparición del pico de etileno (Ronen y Mayak, 1981). En el caso de las auxinas, se ha reportado que las concentraciones bajas estimulan la producción de etileno y aceleran la senectud, en tanto las concentraciones altas retardan la senectud y evitan la producción aumentada de etileno (Sacalis y Nichols, 1980). En cuanto a las giberelinas, aparentemente frenan la producción de etileno, pero reviste mayor interés su uso para la protección del follaje (Hickenton, 1991; Van Doorn *et al*, 1993). A pesar de todo lo anterior, se ha reportado que existe una amplia variabilidad en la respuesta de las flores cortadas.

1.2.4 Etileno

El etileno es por excelencia la hormona vegetal que regula el proceso de senectud en las flores. En la naturaleza, la polinización desencadena la liberación de etileno que conduce al marchitamiento de la flor, a que se inicie la formación de frutos y finalmente a que estos maduren (Paulin, 1997).

El etileno participa activamente en la maduración y envejecimiento de los frutos. Pero también se produce como resultado de daños o enfermedades. Es un regulador único del crecimiento vegetal, puede moverse a través del tejido de la planta, e incluso de una planta a otra, ya que difunde a través del aire con un coeficiente de difusión 10 000 veces más grande que el agua y es 14 veces más soluble en lípidos que en agua; por lo tanto se mueve fácilmente a través de las membranas (Cross, 2000).

La liberación profusa de etileno se presenta en el momento en que se inicia el proceso de senectud en las flores, limita su desarrollo, reduce su apertura, aumenta su caída junto con la de los botones florales, promueve el amarillamiento foliar y puede reducir significativamente la vida de las flores cortadas. El aire que contenga tan sólo 100 ppb de etileno puede dañar las flores de alrededor (Dole y Schnelle, 1998), causando envejecimiento prematuro, marchitamiento de la corola y abscisión de pétalos (Morales, 1994).

1.2.5 Biosíntesis del etileno

Se realiza a través de la vía metabólica que tiene lugar en el citoplasma y el tonoplasto, es una hormona cuya síntesis puede ser autocatalítica durante el envejecimiento de las flores, por ello la importancia de conocer su ruta de biosíntesis a fin de ubicar los factores y compuestos promotores o inhibidores de la hormona.

El aminoácido conocido como metionina es el precursor del etileno, así la primera etapa de la ruta de biosíntesis consiste en una reacción dependiente del ATP catalizada por S-adenosil metionina sintetasa (SAM sintetasa) que transforma la metionina en su forma activa, la S-adenosil-metionina (SAM), la cual por medio de la ACC sintetasa (ACS) produce el Ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), el ACC se convierte en etileno por acción de la enzima ACC oxidasa (ACO), y libera CO_2 y HCN. Esta reacción es dependiente del oxígeno y constitutiva de la mayoría de los tejidos vegetales, es por ello que la anaerobiosis y las temperaturas superiores a 35°C , entre otros factores, inhiben la biosíntesis de etileno. El ACC puede reaccionar con malonil-CoA para formar malonil-ACC (MACC); en condiciones fisiológicas este proceso es irreversible por lo que constituye una demanda de ACC (Kende, 1993; Taiz y Zeiger 2006).

En la regulación de la producción de etileno pueden ocurrir cambios en la actividad o en la biosíntesis de estas enzimas de hecho, en la autocatálisis del etileno, se piensa que se requiere etileno exógeno que active los genes de ACS y ACO. Estas dos enzimas fueron encontradas por Müller *et al.* (2000) como reguladoras de la senectud en rosas miniatura.

La habilidad del etileno de ser rápidamente difundido a través de las membranas celulares puede permitir la sincronización del proceso de envejecimiento a lo largo de determinados tejidos; los receptores de éste son algunas metaloproteínas que se encuentran en la membrana. Durante el proceso de senectud del pétalo, el etileno causa cambios en la transcripción cuando la proteína es sintetizada *de novo*; algunos de los genes que pueden ser afectados incluyen a la poligalacturonasa, celulasa, glucosidasa y la celobiasa (Cross, 2000).

El receptor para etileno está compuesto por una unidad regulatoria (subunidad A) de naturaleza proteica, y una o más subunidades enzimáticas (subunidades B1-Bn). El enlace del etileno a la subunidad A causa un cambio alostérico de la proteína; la subunidad A activada actúa como un sistema regulador de las subunidades B. La activación de la subunidad A requiere de la exposición de átomos de cobre antes de encapsularse en la subunidad A; esta exposición del cobre activa las subunidades B. La similitud de la estructura atómica entre el cobre y la plata, permite que ambos átomos compitan por el sitio de enlace en la subunidad B. El enlace de la actividad de la subunidad A (con átomos de cobre como factor de acoplamiento) permite activar la subunidad B, para finalmente dar la respuesta fisiológica. El enlace de átomos de plata a la subunidad B no conlleva a la activación de la enzima, inhibiendo la respuesta fisiológica (Kende, 1993; Taiz y Zeiger, 2006).

Los estudios clásicos han puntualizado que el receptor del etileno es muy particular en el tipo de ligando que podría aceptar, se menciona un pequeño ligando alifático insaturado (dos carbonos y doble enlace preferentemente), con formas moleculares libres de resonancia y carbono terminal libre de carga positiva, se ha postulado además

que esta molécula está unida a un ión metal, muy probablemente el zinc, debido a que plantas de tomate deficientes en zinc son insensibles al etileno (Veen, 1984).

1.2.6 Uso de soluciones preservadoras

Durante la etapa de senectud en las flores ocurren una serie de cambios fisiológicos y bioquímicos que llevan a la muerte de tejidos y órganos; como la respiración, la hidrólisis enzimática de componentes celulares, disminución en el nivel de componentes macromoleculares como almidón, polisacáridos de la pared celular, proteínas y ácidos nucleicos. Debido a que la senectud de las flores cortadas está estrechamente relacionada con la reducción de la energía necesaria para las reacciones de síntesis, una suplementación exógena de azúcar se recomienda como muy eficiente para retardar el inicio del envejecimiento, ya que el principal efecto sería mantener la estructura y función de las mitocondrias (Figuerola, 2001).

Con el objetivo de preservar la calidad, se ha buscado insensibilizar las flores a los efectos del etileno. Si bien, la sensibilidad de las flores cortadas al etileno es mayor en unas flores que en otras, se debe recordar que la utilización de inhibidores de etileno no sustituye el empleo de soluciones de preservación (Paulin, 1997).

Desde hace tiempo se sabe que el tiosulfato de plata (STS) reduce los efectos dañinos del etileno en un rango de 2-3 mM ya que es fácilmente translocado desde la solución del florero hasta la corola de las flores cortadas, a diferencia del nitrato de plata (AgNO_3) que sólo se mueve algunos centímetros a través del tallo. Las sales de plata tienen una doble acción, por un lado como agente antimicrobiano y por otro como

inhibidor de la acción del etileno (Ponce, 1999; Cross, 2000). El STS tiene alta movilidad en solución, reduce significativamente los efectos del etileno tanto exógeno como endógeno (Paulin, 1997; Dole y Schnelle, 1998).

A pesar de su eficiencia, la utilización de sales de plata presenta problemas relacionados con su comprobada toxicidad y los riesgos de contaminación de las aguas subterráneas al momento de disponer de sus residuos, lo que ha llevado desde hace tiempo a la búsqueda de alternativas. Por ejemplo, el ácido oxiaminoacético (AOA) tiene la propiedad de inhibir la producción autocatalítica de etileno (Mor *et al*, 1983), y existen otras sustancias igualmente aconsejables, entre ellas el norbornadieno y la aminoetoxivinilglicina (AVG) (Paulin, 1997). Sin embargo, en términos generales estos productos parecen menos eficientes que las sales de plata.

Existen otros estudios donde se reporta que el 1-metilciclopropano (MCP) suprime eficazmente los efectos del etileno frente a concentraciones bajas del regulador (Dupille y Sisler, 1995; Taiz y Zeiger, 2006).

En un estudio realizado por Pardha y Mohan (1989), reportan que lograron prolongar la vida en florero de crisantemo con la adición de cloruro de cobalto. En concentraciones de 0.5 mM de CoCl_2 las flores sobrevivieron 12 a 14 días y en combinación con sacarosa 0.1 M la longevidad se incrementó hasta 22 días. Se sabe que el ion cobalto es un inhibidor de la síntesis de etileno, que bloquea la conversión del ácido 1-aminociclopropano carboxílico (ACC) a etileno (Taiz y Zeiger, 2006).

1.3 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la presencia de calcio y cobalto en soluciones preservantes, durante la vida postcosecha de los tallos florales de *Lilium* híbrido oriental cv Star Gazer y cv Star Fighter mediante la variable morfológica del estado ornamental; las variables fisiológicas de consumo de solución, peso fresco, actividad respiratoria, producción de etileno, color en unidades SPAD en hojas, así como la concentración de: cobalto, calcio, hierro, potasio, magnesio y nitrógeno. Adicionalmente la actividad peroxidasa como variable bioquímica.

1.3.1 Objetivos particulares

Identificar la relación entre el consumo de las soluciones y las variaciones en el peso fresco y su posible efecto sobre la longevidad floral durante la vida postcosecha en los tallos florales de *Lilium* cv Star Gazer y cv Star Fighter.

Cuantificar la actividad respiratoria, así como la producción de etileno en tallos florales de *Lilium* cv Star Gazer y cv Star Fighter tratados con soluciones preservadoras que contengan calcio y cobalto.

Determinar el color del follaje mediante unidades SPAD. Así como, la transpiración foliar de los tallos florales de *Lilium* tratados con soluciones preservantes con calcio y cobalto durante la vida postcosecha, para buscar su relación con la longevidad floral.

Establecer un posible efectos sobre la retranslocación de hierro, potasio, magnesio y nitrógeno en hojas y flores de tallos de *Lilium* cv Star Gazer y cv Star Fighter, tratados con soluciones preservantes con calcio y cobalto durante la vida postcosecha.

Determinar la actividad peroxidasa en hojas y flores de tallos florales de *Lilium* cv Star Gazer y cv Star Fighter, tratados con soluciones preservantes con calcio y cobalto durante la vida postcosecha.

II. COBALTO COMO RETARDANTE DE LA SENESCENCIA DE *Lilium* EN POSTCOSECHA.

2.1 COBALTO COMO RETARDANTE DE LA SENESCENCIA DE *LILIUM* EN POSTCOSECHA

2.2 RESUMEN

En la actualidad la mayor parte de las flores de corte se transportan largas distancias por vía aérea o terrestre y son manipuladas por varios distribuidores, mayoristas y minoristas antes de ser vendidas al consumidor entre seis y diez días después del corte. Todo ello conduce a una disminución en la calidad debido a los largos períodos de exposición a temperaturas cálidas, estrés hídrico y daños mecánicos. Diversas investigaciones han identificado una serie de aspectos técnicos para prolongar la vida de las flores cortadas entre los que resaltan el uso de soluciones preservadoras que además puedan inhibir la síntesis de etileno. La presente investigación evaluó los efectos del cobalto sobre peso fresco, consumo de solución, unidades SPAD en hojas, contenido de nitrógeno, contenido de iones y vida postcosecha en tallos de *Lilium* cv. Star Gazer y cv. Star Fighter. Los tallos florales fueron obtenidos en Villa Guerrero, Estado de México y transportados en seco al laboratorio donde se estableció un diseño experimental completamente al azar, bajo un arreglo factorial, donde se evaluó la vida postcosecha al utilizar soluciones que contenían como fuente de carbono sacarosa al 4% y las siguientes concentraciones de cobalto: 0.0, 0.1, 0.2, 0.4 y 0.8 mM. Lo anterior permitió establecer que el cobalto 0.1 mM retrasó los síntomas de senescencia de los tallos de *Lilium*.

Palabras clave adicionales: ‘Star Fighter’, ‘Star Gazer’, flor de corte, contenido de iones.

2.3 ABSTRACT

Nowadays, most of the cut flowers are transported long distances either by air or road; they are manipulated by different distributors, wholesalers, and retailers before flowers are sold to the consumers within six and ten days after harvest. All These factors cause a decrease in quality because of long periods of exposition to higher or low temperatures, water stress, or mechanical damage. Several researchers have identified a series of critical factors to increase life of flowers; among them, is the use of preservative solutions that can also inhibit ethylene synthesis. That is why this research evaluated effect of cobalt chloride on *Lilium* cv. Star Gazer and cv. Star Fighter post-harvest physiology. Floral stems were obtained from Villa Guerrero, State of México, and transported in dry conditions to the treatments were established under a factorial completely randomized design, evaluating postharvest life with use of solutions containing 4 % sucrose as a carbon source and cobalt chloride concentrations of: 0.0, 0.1, 0.2, 0.4, and 0.8 mM. The concentrations of 0.1 and 0.2 mM of cobalt chloride, allowed to establish that the presence of cobalt chloride delayed senescence symptoms in *Lilium* stems.

Key words: ‘Star Fighter’, ‘Star Gazer’, cut flower, ion content.

2.4 INTRODUCCIÓN

Entre las etapas críticas importantes que se han identificado para alargar la vida de las flores cortadas, resaltan tres: control de la temperatura, higiene del procesamiento durante la postcosecha, y uso de soluciones preservadoras (Nell y Reid, 2000).

Las soluciones preservadoras alargan la vida de las flores al actuar sobre uno o varios procesos que determinan la senectud de las flores. Actualmente se utilizan soluciones con carbohidratos, los más comunes son la sacarosa o la glucosa (Arriaga y Guerrero, 1995); soluciones con reguladores de crecimiento para prevenir el amarillamiento foliar (Hickenton, 1991; Nell y Reid, 2000); soluciones con nitrato de plata para inhibir el crecimiento bacterial (Van Doorn *et al.*, 1989; Van Doorn, 1997); y soluciones con inhibidores de etileno para prevenir los efectos de senescencia (Veen, 1986; Hojjati *et al.*, 2007); entre estos últimos se encuentra el cobalto. Pardha y Mohan (1989) lograron incrementar la vida en florero del crisantemo hasta por 14 días con 0.5 mM de cloruro de cobalto, y en combinación con sacarosa 0.1 M la longevidad se incrementó hasta 24 días.

Murali y Reddy (1993) encontraron una longevidad de seis días para las flores de gladiola, mediante un tratamiento de sacarosa al 4 % y cobalto 0.5 mM, mientras que el testigo sólo duró cuatro días. Ello se debe a que el ión cobalto es un inhibidor de la síntesis de etileno, al bloquear la conversión del ácido-1-aminociclopropano carboxílico (ACC) a etileno (Taiz y Zeiger, 1998; Plich y Jankiewicz, 2003; Trejo-Téllez *et al.*, 2007; Talukder y Sharma, 2007).

Actualmente los tallos florales de *Lilium* representan el 24% de la producción mundial de flor de corte (Marinangeli, 2004). Ocupa el tercer lugar de las flores de bulbo, después del tulipán y gladiola: el aumento en la producción es debido en parte a los nuevos cultivares que el mercado ofrece para flor de corte durante todo el año y la creciente demanda de los consumidores a nivel mundial. No obstante, hace falta precisar su manejo postcosecha.

El objetivo de este trabajo fue comparar y evaluar el efecto de soluciones preservantes con concentraciones de cobalto sobre peso fresco, consumo de solución, color verde en hojas, concentración de nitrógeno, cobalto, calcio, hierro, potasio y magnesio, así como longevidad floral en los cultivares Star Gazer y Star Fighter de *Lilium*.

2.5 MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron tallos de *Lilium* cv. Star Gazer y cv. Star Fighter en estado anterior a la apertura floral, los cuales se adquirieron en invernaderos de Villa Guerrero, Estado de México. Los tallos florales se transportaron en seco al laboratorio donde se hidrataron durante 4 h. Se cortaron tangencialmente los tallos a una longitud de 80 cm, se eliminó el follaje inferior para librar el largo de la probeta, de 250 ml, para conservar las hojas del tallo floral después de los 32 cm desde la base. Los tallos provinieron de bulbos calibre 14-16, sanos que superaran 80 cm de longitud, con hojas en buen estado y sin flores abiertas.

2.5.1 Diseño experimental

El diseño experimental de tratamientos fue factorial de 2x5, donde el primer factor correspondió a cultivar y el segundo a concentraciones de cobalto: 0.0, 0.1, 0.2, 0.4 y 0.8 mM, lo cual generó 10 tratamientos en un diseño completamente al azar con 10 repeticiones por tratamiento. Todas las soluciones se prepararon con sacarosa 4% en agua destilada y se ajustaron a un pH de 3.5 con ácido cítrico. La unidad experimental consistió en un tallo de *Lilium* introducido en una probeta de 250 ml con un volumen de solución inicial de 170 ml con los tratamientos mencionados anteriormente. El volumen se ajustó cada tercer día con la solución de sacarosa al 4 % a pH de 3.5. Las unidades experimentales fueron expuestas a un fotoperiodo de 12/12 luz/obscuridad a temperatura ambiental (laboratorio). Los análisis de varianza y la comparación de medias (prueba de tukey) para cada variable de estudio se realizaron con el paquete estadístico SAS® ($\alpha=0.05$).

2.5.2 Variables evaluadas

El consumo de solución se midió diariamente por diferencia de volumen en la solución de cada probeta, se sacó la flor, se tomó la lectura y se devolvió a la solución. El cambio de peso fresco del tallo floral se registró diariamente en una balanza digital (0.1 g de precisión marca ohaus modelo scout). La longevidad floral se evaluó mediante escala hedónica asignándole el cero al estado anterior a la apertura de la flor; uno a la flor abierta en estado ornamental óptimo; dos a la aparición de bordes marchitos o

deshidratados en los pétalos de la flor abierta. Se registró sobre todo el número de días en que se mantuvo el estado uno. Se midió el color verde de las hojas en unidades SPAD con el medidor Minolta SPAD 502, siempre las mismas hojas (cinco por tratamiento) en la zona apical cercana a la estructura floral; estas mediciones se realizaron diariamente, hasta que las hojas presentaron un color amarillento como síntoma de senescencia.

Al final del experimento, hojas y flores se secaron por 72 h en estufa con aire circulante a 70 °C, la materia seca se molió en molino (Thomas Wiley Mill Modelo Ed-5), con malla del número 40. Se pesaron 0.5 gramos, tanto de hojas como de flores. Se realizó una digestión húmeda con 4 ml de una mezcla de ácido sulfúrico y ácido perclórico en una proporción de 2:1 y 2 ml de peróxido de hidrógeno. Se determinaron las concentraciones de Co, K, Ca, Mg y Fe en mg kg de materia seca, mediante un espectrofotómetro de emisión atómica de plasma por inducción acoplada ICP-AES de Varian, así como la concentración de nitrógeno por el método de microkjeldahl (Alcántar y Sandoval, 1999).

2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.6.1 Consumo de solución preservante

El análisis de varianza detectó diferencias estadísticas ($\alpha \leq 0.05$) en el consumo de solución entre los tratamientos que incluyeron al cobalto y el que no se le adicionó este elemento en la solución preservante. En el cv Star Fighter, se observaron los valores más altos en la concentración de 0.1 mM de cobalto a partir del día tres de vida en

florero (Figura 1 y Cuadro 1). Los tallos del cv Star Fighter presentaron las mayores diferencias de consumo en relación al cv. Star Gazer (Figura 1). La interacción entre el factor concentración y cultivar fue significativa, por lo que las soluciones preservantes con cobalto no siguieron la misma tendencia en cada cultivar (Cuadro 1) lo que evidencio un efecto del cultivar (Cuadro 1).

La absorción eficiente de solución, así como la transpiración en los tallos florales es un indicador de un balance hídrico, condición importante para un incremento en la vida postcosecha (Miranda *et al.*, 2008; van Meeteren *et al.*, 2005). Según van leperen y van Gelder (2006) la adición de 10 mM de cloruro de potasio a soluciones que mantuvieron contacto con segmentos de tallos de crisantemo (*Dendranthema grandiflorum* Tzvelev) y *Prunus* (*Prunus laurocerasus*) incrementaron el flujo entre el 17 y 24 % para crisantemo, mientras que en *Prunus* el incremento fue de 16 %, con relación al agua deionizada. Adicionalmente se ha reportado (van leperen *et al.*, 2000), que la conductancia hidráulica es mayor cuando se utilizan cationes divalentes como magnesio, calcio y donde se puede incluir al cobalto. Estos autores argumentan que los cationes divalentes se asocian y neutralizan las cargas negativas de las pectinas, las cuales constituyen el componente más abundante de la pared celular del xilema, y así disminuye la resistencia al flujo de solución.

Según van Doorn (1997) el bloqueo del xilema por bacterias es una de las causas de déficit hídrico y marchitamiento de flor de corte que reduce su vida postcosecha. Por lo que es posible que la presencia de cobalto en la solución favoreció un efecto bactericida (Pardha y Mohan, 1989) y un flujo más eficiente de solución a través del xilema.

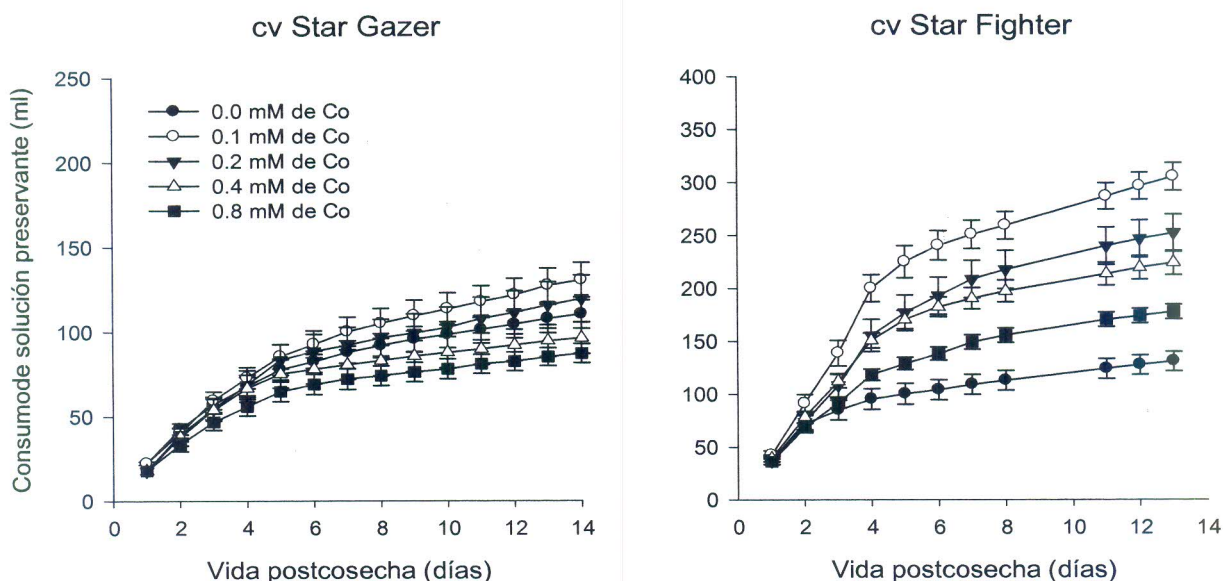


FIGURA 1. Consumo acumulado diario de solución preservante durante la vida postcosecha de *Lilium* cv. Star Figther y cv. Star Gazer. Cada punto representa 10 repeticiones $\pm$ error estándar.

CUADRO 1. Consumo promedio de solución preservante por los tallos florales de dos cultivares de *Lilium* tratados con diferentes concentraciones de cobalto. Valores promedio de 10 repeticiones.

Factor/Nivel	Días			
	3	5	8	12
Consumo promedio acumulado de solución (ml)				
Concentración (Co)				
0.0 mM	71.100 b ^z	89.20 d	102.50 d	116.00 d
0.1 mM	99.300 a	155.30 a	182.10 a	209.00 a
0.2 mM	82.947 ab	132.63 ab	160.32 ab	182.42 ab
0.4 mM	83.200 ab	122.90 bc	140.20 bc	155.80 bc
0.8 mM	70.632 b	98.63 cd	117.05 cd	130.63 cd
DMS	21.251	28.106	29.304	30.157
Cultivar (C)				
S. Gazer	54.625 b	77.625 b	90.417 b	102.708 b
S. Fighter	107.360 a	160.320 a	188.520 a	212.680 a
DMS	9.5892	12.682	13.223	13.607
CV (%)	29.29	26.36	23.44	21.34
Co x C	0.0191*	0.0001*	0.0001*	0.0001*

^zMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

* Significativo a una $P \leq 0.05$.

DMS: Diferencia mínima significativa, CV: Coeficiente de variación.

2.6.2 Cambio en peso fresco

En el análisis de varianza, esta variable mostró diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre cultivares, donde se detectó el peso más alto para el cv. Star Fighter, en comparación con el cv Star Gazer (Cuadro 2). La interacción entre cultivar y concentración de cobalto no mostró diferencias, por lo que el peso fresco de los tallos en postcosecha presentó el mismo comportamiento en cada cultivar y en cada nivel de cobalto. No obstante, en los efectos simples a partir del día seis de la vida postcosecha el cv Star Figther mostró diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos que incluyeron al cobalto (Figura 2). Miranda *et al.*, (2008) han observado que las pérdidas de peso fresco superiores al 10 % generan marchitamiento y afectan la vida postcosecha de *Antirrhinum majus* L. Para el cv. Star Fighter, esta disminución del peso se registró el décimo segundo día después del corte en el tratamiento 0.1 mM de Co, mientras que el de cero cobalto la presentó a partir del día seis (Cuadro 2). En el cv. Star Gazer no se encontraron diferencias significativas. En los tratamientos de 0.4 y 0.8 mM de cobalto hubo efectos tóxicos, ya que la reducción del 10 % en el peso se presentó antes o igual que el de cero cobalto (Figura 2), y la apertura de las flores fue incipiente y con menor vida postcosecha que el tratamiento sin cobalto en ambos cultivares (Figura 3).

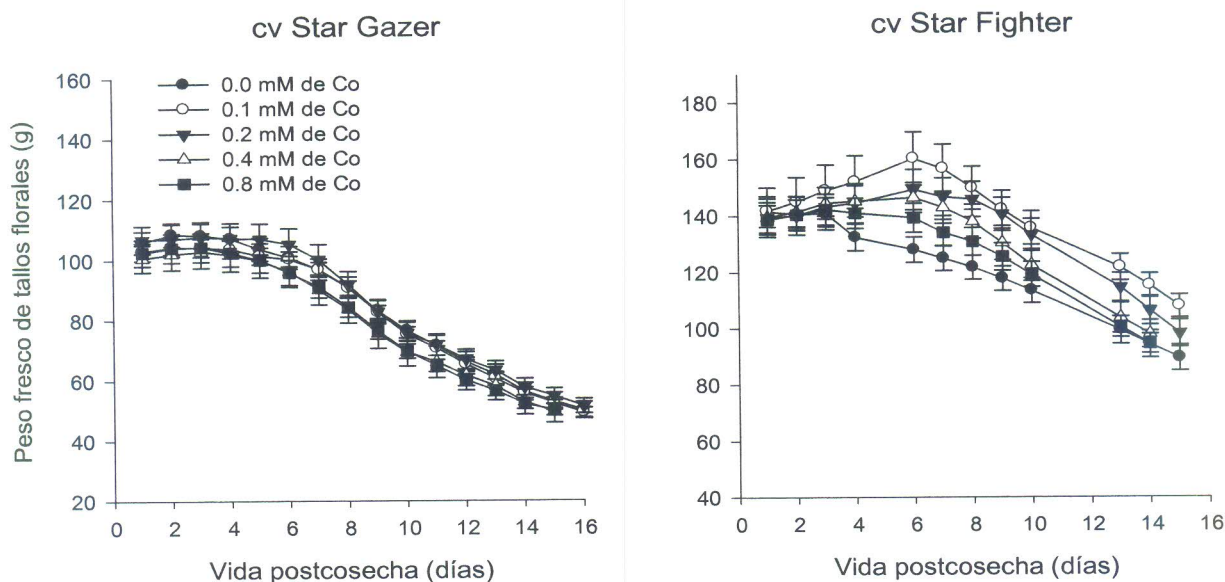


FIGURA 2. Comportamiento del peso fresco durante la vida postcosecha de *Lilium* cv. Star Fighter y cv. Star Gazer. Cada punto representa el promedio de 10 repeticiones $\pm$ error estándar.

CUADRO 2. Peso fresco promedio de los tallos florales de dos cultivares de *Lilium* tratados con diferentes concentraciones de cobalto. Valores promedio de 10 repeticiones.

Factor/Nivel	Días				
	1	3	6	10	14
Promedio de peso (g)					
Concentración (Co)					
0.0 mM	123.71 a ²	124.51 a	114.37 b	94.875 a	75.14 ab
0.1 mM	122.27 a	126.55 a	130.25 a	105.42 a	85.38 a
0.2 mM	123.09 a	125.44 a	127.17 ab	104.34 a	81.98 ab
0.4 mM	120.05 a	123.67 a	121.27 ab	95.86 a	75.24 ab
0.8 mM	121.55 a	124.26 a	118.65 ab	95.64 a	74.39 b
DMS	14.834	15.895	15.464	12.442	10.631
Cultivar (C)					
S. Gazer	103.72 b	105.41 b	99.71 b	73.33 b	54.95 b
S. Fighter	140.20 a	143.98 a	144.59 a	124.69 a	101.51 a
DMS	6.69	7.17	6.98	5.61	4.80
CV (%)	13.72	14.38	14.28	14.16	15.31
Co x C	0.9736 ^{NS}	0.8347 ^{NS}	0.0607 ^{NS}	0.0872 ^{NS}	0.1630 ^{NS}

²Medias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

^{NS}: No significativo.

DMS: Diferencia mínima significativa, CV: Coeficiente de variación.

Yáñez *et al.* (1994) encontraron mayor longevidad en flores de rosa que mantienen o incrementan su peso fresco. En el presente estudio esta condición se observó en los

tallos sumergidos en las concentraciones de 0.1 y 0.2 mM de cobalto, pero solamente en el cv. Star Fighter, el cual mostró diferencias significativas (Cuadro 2). Estos resultados sugieren que el mayor consumo de agua y el incremento de peso en los primeros seis días de la vida postcosecha de la unidad floral del cv. Star Fighter puede tomarse como indicador de un posible incremento en la longevidad floral (Figura 2).

2.6.3 Longevidad floral

Con los tratamientos de 0.1 y 0.2 mM de cobalto se observó un incremento significativo ($\alpha \leq 0.05$) en la longevidad floral del cv. Star Fighter (3.77 y 3.37 días), los cuales representaron un 61.6 y 50.0 % más tiempo en estado ornamental con respecto al que no incluyó cobalto. Para el cv. Star Gazer se registraron incrementos del 13.48 y 8.22 % en los tratamientos antes mencionados; considerado como significativo et tratamiento de 0.1 mM de cobalto. Lo anterior permitió sugerir la posible participación del cobalto en bajas concentraciones para favorecer una mayor vida en florero.

Para los tratamientos de 0.4 y 0.8 mM de cobalto, el análisis de varianza mostró un decremento significativo ($\alpha \leq 0.05$) en la longevidad floral del cv. Star Gazer, el cual registró un descenso del 28.3 y 46.6 % en vida de florero con relación al tratamiento de cero cobalto. Mientras que el cv. Star Fighter también registró una disminución, pero no fue significativa (figura 3). Por otra parte, la interacción cultivar x concentración resultó significativa, por lo que los niveles de los tratamientos de cobalto no siguen la misma tendencia en cada cultivar. Observándose que los niveles de 0.4 y 0.8 mM de cobalto,

causaron disminución significativa de la vida de florero en el cv. Star Gazer, pero no en el cv. Star Fighter.

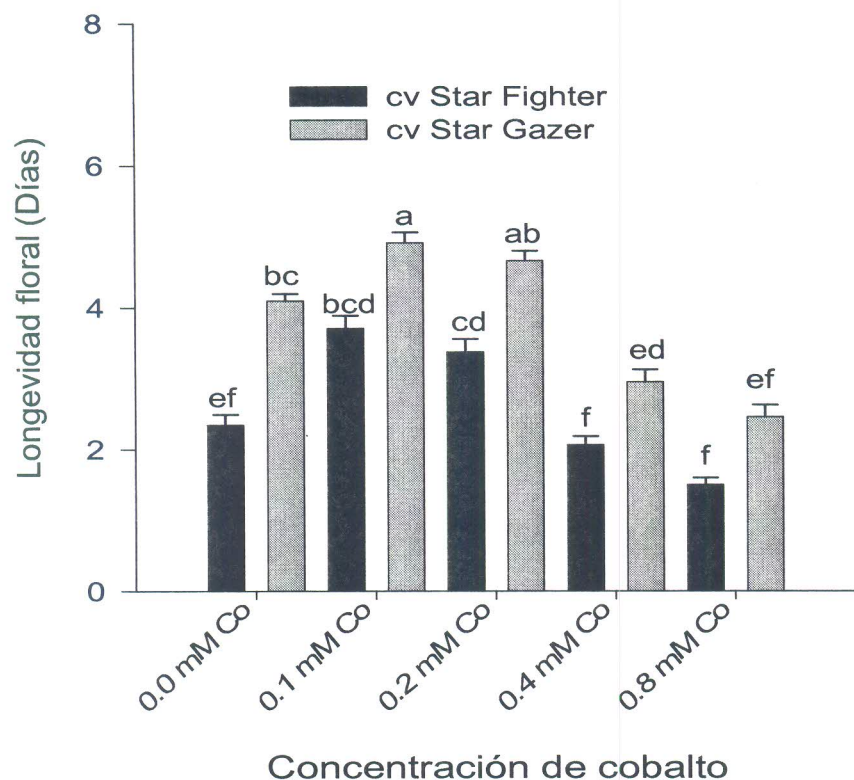


FIGURA 3. Días en estado ornamental, durante la vida postcosecha de *Lilium* cvs. Star Fighter y Star Gazer. Cada barra representa el promedio de 10 repeticiones $\pm$ error estándar. Columnas identificadas con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

2.6.4 Medición de unidades SPAD en hojas

El análisis estadístico de las unidades SPAD no mostró diferencias para la interacción cultivar x concentración de cobalto durante la vida postcosecha (Cuadro 3). Pero si entre cultivares. Para el cv. Star Fighter los valores fueron significativamente diferentes ($\alpha \leq 0.05$) durante los días cinco y seis de la vida postcosecha. También se observaron diferencias en las unidades SPAD en los tratamientos que incluyeron al cobalto en

comparación con el que no lo incluyo (Cuadro 3 Figura 4) a partir del día seis. Según Rodríguez *et al.* (1998) esta variable permite un diagnóstico de la condición nutricional de los cultivos, mediante una medición relativa de la clorofila. Adicionalmente, se ha observado (Quesada y Valpuesta 2008) que el contenido de esta en tejidos vegetales es útil para estimar el estado de senescencia en hojas. Por lo que la incorporación de cobalto en las soluciones preservantes, probablemente retrasó este síntoma en las hojas de los tallos florales de *Lilium*.

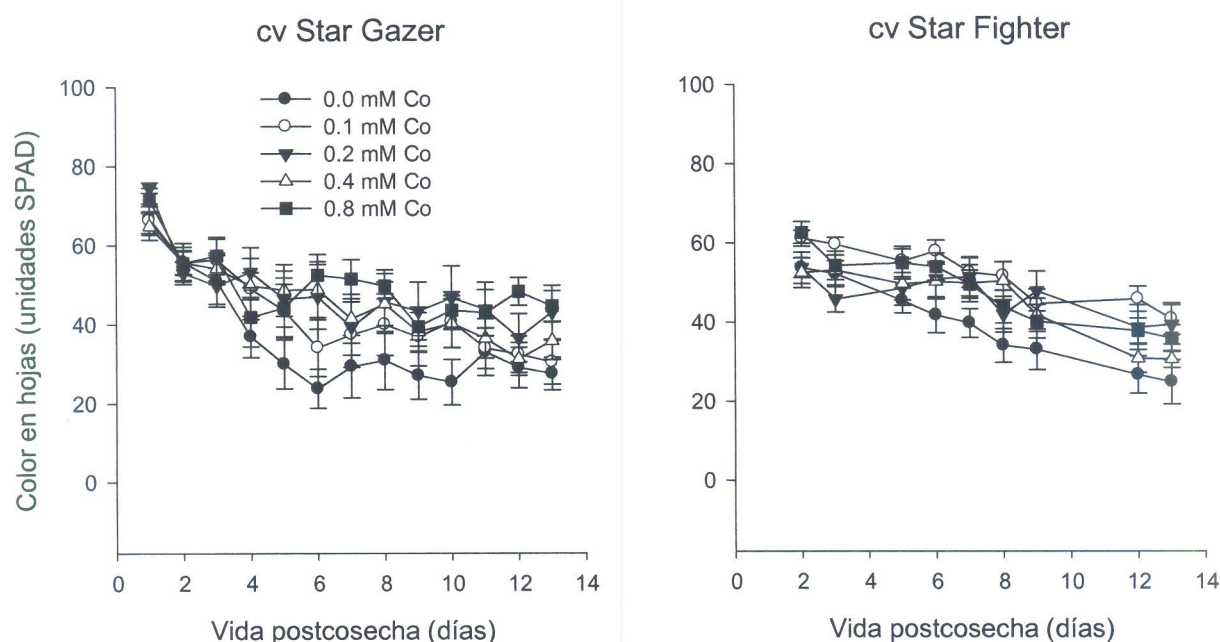


FIGURA 4. Color de las hojas en unidades SPAD durante la vida postcosecha de *Lilium* cv. Star Fighter y cv. Star Gazer. Cada punto representa el promedio de 10 repeticiones $\pm$ error estándar.

CUADRO 3. Color de las hojas en unidades SPAD de dos cultivares de *Lilium* tratadas con diferentes concentraciones de cobalto. Valores promedio de 10 repeticiones.

Factor/Nivel	Días en postcosecha					
	2	5	6	9	12	13
	Color de hojas en unidades (SPAD)					
Concentración (Co)						
0.0 mM	54.65 a ^z	38.09 a	33.20 b	30.19 b	27.779 b	26.079 b
0.1 mM	58.39 a	49.47 a	45.94 ab	40.72 ab	39.100 ab	35.575 ab
0.2 mM	53.30 a	47.91 a	49.27 a	45.47 a	37.562 ab	41.252 a
0.4 mM	54.05 a	49.15 a	49.51 a	39.94 ab	30.985 ab	33.180 ab
0.8 mM	59.19 a	49.85 a	53.20 a	39.80 ab	42.742 a	39.989 a
DMS	9.2801	15.122	15.239	15.192	12.668	13.321
Cultivar (C)						
S. Gazer	55.01 a	43.08 b	41.65 b	37.22 a	35.39 a	36.39 a
S. Fighter	56.71 a	50.77 a	50.88 a	41.48 a	35.92 a	34.26 a
DMS	4.1856	6.8204	6.8732	6.8518	5.7135	6.0081
CV (%)	18.76	36.36	37.15	43.57	40.11	42.59
Co x C	0.4674 ^{NS}	0.5348 ^{NS}	0.1106 ^{NS}	0.9513 ^{NS}	0.1375 ^{NS}	0.3427 ^{NS}

^zMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

^{NS}: No significativo.

DMS: Diferencia mínima significativa, CV: Coeficiente de variación.

2.6.5 Concentración nutrimental

El análisis de varianza en hojas detectó diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) en los factores cultivar y concentración de cobalto para los contenidos de cobalto y potasio, mientras que magnesio fue significativo entre cultivares. La interacción fue significativa para el cobalto, potasio y magnesio (Cuadro 4). En flores el factor cultivar mostró diferencias en los contenidos de calcio, potasio y magnesio, mientras que para el factor concentración de cobalto, las diferencias se registraron en los contenidos de cobalto, calcio, hierro, potasio y magnesio. La interacción evidenció diferencias en los contenidos de cobalto, calcio y potasio (Cuadro 5).

Para las interacciones significativas registradas tanto en hojas como flores implica diferencias en los niveles de cobalto y cultivares. Además que el comportamiento de cultivares fue diferente en los niveles de cobalto.

Los contenidos de potasio y magnesio en hojas y flores fueron significativamente mayores en el cv Star Gazer (Cuadro 4), probablemente debido a las características intrínsecas del cultivar en la precosecha. Sin embargo, las concentraciones de cobalto fueron modificadas y sus contenidos reflejan una incorporación diferencial ya que en hojas del cv Star Fighter fue significativamente más alto. El hierro y calcio no mostraron diferencias (Cuadro 4). En las flores del cv Star Gazer el calcio presentó los valores más altos con diferencias significativas (Cuadro 5).

Los niveles de cobalto en hojas provocaron diferencias en la comparación de medias en los contenidos de: cobalto y potasio, mientras que en flores las diferencias fueron evidentes en los contenidos del mismo cobalto, además del calcio, hierro, potasio y magnesio. Estos resultados permiten sugerir una dinámica en la retranslocación provocada por la presencia del cobalto en la solución preservante y la apertura floral durante la vida postcosecha.

En hojas los contenidos de nitrógeno y cobalto se incrementaron significativamente en los tratamientos de 0.4 y 0.8 mM de cobalto en relación al tratamiento sin cobalto, el resto de los elementos no presentaron diferencias (Figura 5 Cuadro 4). En flores los contenidos de cobalto registraron un incremento significativo con 0.2, 0.4 y 0.8 mM en relación al tratamiento sin cobalto. El calcio presentó un decremento significativo en el tratamiento 0.4 mM de cobalto con respecto al que no incluyó cobalto en la solución, también el hierro, potasio y magnesio presentaron un descenso significativo de su contenido en flores en los tratamientos con 0.1 y 0.4 mM de cobalto (Cuadro 5).

Las comparaciones de medias de la combinación de los factores cultivar y concentración de cobalto, así como su interacción, encontrándose el valor más alto del

relación al tratamiento sin cobalto. Además, se presentó un incremento de nitrógeno asociado a concentraciones crecientes de cobalto en hojas de ambos cultivares (Figura 5, Cuadro 4), asociado a los síntomas de senescencia foliar observados en los tratamientos de 0.4 y 0.8 mM de cobalto. En las flores no hubo diferencias significativas para ningún cultivar (Cuadro 5). Según Quesada y Valpuesta (2008), quienes mencionan que una porción importante del nitrógeno celular se encuentra en los cloroplastos, y durante la senescencia, estos organelos se degradan y liberan el contenido de nitrógeno y así producen síntomas de senescencia como; la degradación de proteínas, modificación del retículo endoplásmico, fragmentación de membranas y pérdida de la integridad celular y por consiguiente el deterioro de las hojas.

El incremento significativo ($\alpha \leq 0.05$) de cobalto en hojas y flores es atribuido a la presencia de este en las soluciones preservantes. (Cuadro 4), sobre todo en los tratamientos con 0.4 y 0.8 mM de cobalto, en comparación el tratamiento sin cobalto. El cloruro de cobalto esta reportado (Pardha y Mohan, 1989) como promotor de la vida postcosecha en crisantemo y para gladiola (Murali y Reddy 1993) reportan el mismo efecto. En este trabajo se confirmó un incremento ($\alpha \leq 0.05$) de la vida postcosecha en los tratamientos del cv. Star Fighter con 0.1 y 0.2 mM de cobalto y del cv Star Gazer con 0.1 mM de cobalto. El contenido de calcio en hojas no mostro diferencias. Pero en flores el cv Star Gazer con 0.2 mM de cobalto presentó el mayor contenido con diferencias significativas con respecto al tratamiento que no incluyo al cobalto, también se evidencio un descenso significativo de los tratamientos del cv Star Gazer con 0.4 mM de Cobalto y todas las combinaciones generadas con el cv Star Fighter.

Los contenidos de hierro en hoja muestran diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre el cv Star Gazer 0.1 mM de cobalto y cv Star Fighter 0.8 mM de cobalto con un valor más bajo en la primera combinación. En las flores el hierro registro los valores inferiores en los tratamientos con cobalto, en relación al tratamiento sin cobalto. Sin embargo, la diferencias sólo fueron significativas para ambos cultivares con 0.4 mM de cobalto y en la combinación de cv Star Fighter con 0.1 mM de cobalto. Pandey y Sharma (2002) reportan que el cobalto induce clorosis en las hojas disminuyendo la asimilación de hierro. En este trabajo fue observada la clorosis foliar como probable síntoma de toxicidad en los tratamientos que incluyeron al cobalto en 0.4 y 0.8 mM, mientras que las flores si presentaron una disminución del hierro significativa como se menciona antes.

El potasio en hojas solo registro un descenso con diferencias significativas para el cv Star Fighter con 0.1 mM de cobalto en relación con el mismo cultivar sin cobalto (Cuadro 8 hojas). Por otra parte la flor presentó una disminución significativa de los contenidos de potasio en los tratamientos de 0.1 y 0.4 mM de cobalto para el cv Star Fighter (Cuadro 5). Palit y Sharma (1994) establecen que el cobalto induce deficiencias de potasio. Lo cual fue observado en flores y hojas del cv. Star Fighter en la interacción. No obstante, los contenidos de potasio fueron más altos en las flores, probablemente por el requerimiento en la turgencia celular necesaria en la expansión de la estructura floral.

El magnesio en hojas presentó los valores más bajos en los tratamientos que incluyeron al cobalto. Según Talukder y Sharma (2007) la presencia de cobalto induce la baja acumulación de calcio y magnesio en la planta. Aunque nuestro modelo experimental

no incluye a la planta completa, probablemente las diferencias se deben a la modificación de la retranslocación de este elemento. Es así, como el tratamiento con 0.4 mM de cobalto para el cv Star Fighter reportó los contenidos menores de magnesio. En flores esta tendencia también se presentó en el cv Star fighter .

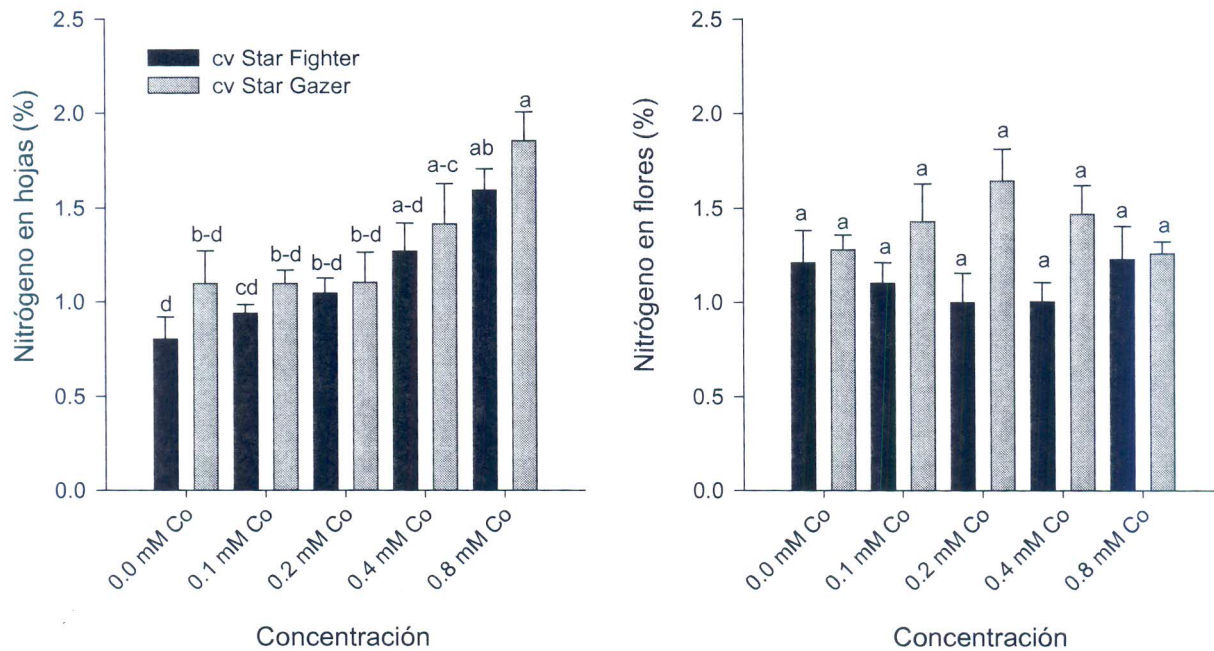


FIGURA 5. Concentración de nitrógeno en hojas y flores de *Liliium* cv. Star Fighter y cv. Star Gazer evaluado al término de la vida postcosecha. Cada barra representa el promedio de 5 repeticiones $\pm$ error estándar. Barras identificadas con la misma letra son iguales (Tukey, $P \leq 0.05$).

CUADRO 4. Contenido de iones en hojas de dos cultivares de *Lilium* tratadas con diferentes concentraciones de cobalto. Valores promedio de 5 repeticiones.

Factor/Nivel	Cobalto	Calcio	Hierro	Potasio	Magnesio
(mg kg de materia seca)					
Concentración (Co)					
0.0 mM	1.8 d ^z	9727.4 a	109.2 a	18636.0 ab	2786.1 a
0.1 mM	24.7 cd	7950.1 a	93.9 a	15269.3 b	2448.6 a
0.2 mM	45.9 bc	9515.8 a	104.5 a	17069.8 ab	2460.1 a
0.4 mM	86.8 b	9177.0 a	115.5 a	18750.1 ab	3043.4 a
0.8 mM	241.4 a	9939.2 a	125.6 a	20448.2 a	2709.7 a
DMS	42.802	3754.3	33.367	4793.8	804.12
Cultivar (C)					
S. Gazer	50.0 b	9192.8 a	104.8 a	19625.1 a	3282.8 a
S. Fighter	110.0 a	9330.9 a	114.7 a	16444.2 b	2096.4 b
DMS	19.156	1680.3	14.933	2145.5	359.89
CV (%)	41.8	31.73	23.79	20.81	23.4
Co x C	0.0001*	0.176 ^{NS}	0.2002 ^{NS}	0.0084*	0.0208*

^zMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

^{NS}, *: No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$, respectivamente.

DMS: Diferencia mínima significativa, CV: Coeficiente de variación.

CUADRO 5. Contenido de iones en flores de dos cultivares de *Lilium* tratadas con diferentes concentraciones de cobalto. Valores promedio de 5 repeticiones.

Factor/Nivel	Cobalto	Calcio	Hierro	Potasio	Magnesio
(mg kg de materia seca)					
Concentración (Co)					
0.0 mM	1.3 c ^z	2864.3 ab	55.3 a	27268.1 a	2163.7 a
0.1 mM	25.1 c	2482.9 bc	43.7 bc	20913.2 b	1684.7 c
0.2 mM	91.3 b	3344.0 a	44.9 bc	26187.5 a	2090.5 ab
0.4 mM	130.0 b	2249.6 c	37.1 c	21399.9 b	1762.1 bc
0.8 mM	282.1 a	2724.6 bc	46.5 b	23748.8 ab	1903.8 abc
DMS	53.81	495.9	8.22	4780.4	396.71
Cultivar (C)					
S. Gazer	106.7 a	3601.0 a	47.3 a	28986.8 a	2421.3 a
S. Fighter	105.2 a	1865.2 b	43.7 a	18820.2 b	1420.6 b
DMS	24.086	221.98	3.68	2139.5	177.55
CV (%)	39.76	14.20	14.15	15.65	16.6
Co x C	0.001*	0.0001*	0.1736 ^{NS}	0.0048*	0.741 ^{NS}

^zMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

^{NS}, *: No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$, respectivamente.

DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

2.7 CONCLUSIONES

Los tallos florales de *Lilium* tratados con soluciones preservantes que incluyeron al cobalto presentaron un aumento significativo de este elemento en hojas y flores de los dos cultivares. Para la longevidad floral el cv. Star Fighter presentó un incremento de 61.1 % y 44.0 % con 0.1 y 0.2 mM de cobalto respectivamente, mientras que para el cv Star Gazer la concentración que favoreció el incremento de 19.7 % fue 0.1 mM de cobalto. La pérdida de peso fresco, la disminución de unidades SPAD, así como el consumo de solución preservante fue retardada por la concentración de 0.1 mM de cobalto.

El contenido de nitrógeno en hojas de los dos cultivares tienden a incrementarse hasta un 83.8 % con la presencia de cobalto en las soluciones preservantes, mientras que en flores no hubo un patrón definido en respuesta al cobalto.

2.8 LITERATURA CITADA

ALCÁNTAR, G. G.; SANDOVAL, V. M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación Especial No. 10 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C., Chapingo, Méx. 156 p.

ARRIAGA, N. R. M.; GUERRERO, J. E. 1995. Efecto de diferentes soluciones preservativas en la vida de florero de tallos florales de "Polaris" bajo dos condiciones ambientales. Revista Chapingo Serie Horticultura 1 (3): 103-107.

HOJJATI, Y.; KHALIGHI, A.; FAROKHZAD, R.A. 2007. Chemical treatments of *Eustoma* cut flower cultivars for enhanced vase life. Journal of Agriculture & Social Sciences 3(3): 75-78.

HICKLENTON, P. 1991. GA3 and benzylaminopurine delay leaf yellowing in cut *Alstroemeria* stems. HortScience 26: 1198-1199.

MIRANDA, M. A.; GUTIERREZ, E.J.A.; COLINAS, L. M.T.; AREVALO, G. L. GAYTAN, A.E.A. 2008. Producción invernal de perrito de corte (*Antirrhinum majus* L.) en el valle de México. Revista Fitotecnia Mexicana 31 (3): 251-256.

MARINANGELI, A. P. 2004. Apuntes técnicos: Biotecnología de Liliun, del tubo de ensayo al florero (1ra Parte). Departamento de Agronomía. Universidad Nacional del

Sur. Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS),
CONICET-U.N. Sur. Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

MURALI, T. P.; REDDY, T. V. 1993. Postharvest physiology of gladiolous as influenced
by cobalt and sucrose. Horticulture: New Technologies and Applications. Kluwer
Academic Publishers. Netherlands. pp: 393-396.

NELL, T. A.; REID, M. S. 2000. Poscosecha de las flores y plantas. Ediciones
Hortitecna. Colombia. 216 p.

PALIT, S.; SHARMA, A. 1994. Effects of cobalt on plant. The Botanical Review 60 (2):
150-171.

PANDEY, N.; SHARMA, C. P. 2002. Effect of heavy metals Co^{2+} , Ni^{2+} and Cd^{2+} on
growth and metabolism of cabbage. Plant Science 163(4): 753-758.

PARDHA, S. P.; MOHAN RAM, H. Y. 1989. Prolongation of vase-life of chrysanthemum
blooms by cobalt chloride and its reversal by IAA. Acta Horticulturae 261: 309- 312, IV
International Symposium on Postharvest Physiology of Ornamental Plants.

PLICH, H.; JANKIEWICZ, S, L. 2003. Etileno, pp. 459-464. *In*: Reguladores del
crecimiento, desarrollo y resistencia en plantas propiedades y acción. JANKIEWICZ, S,

L. (ed.) Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia, Instituto de Horticultura. Ediciones Mundi-Prensa, México.

QUESADA, M. A; VALPUESTA, V. 2008. Senescencia y abscission. pp. 559-576. *In*: Fundamentos de fisiología vegetal. 2.^a Edición. AZCÓN-BIETO, J; TALÓN, M (eds.) McGraw-Hill Interamericana de España. S. A. U. Barcelona, España.

RODRÍGUEZ, M. M.; ALCÁNTAR, G. G.; AGUILAR, S. A.; ETCHEVERS, B. J; SANTIZO, R.J. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra* 16(2): 135-141.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. 1998. *Plant Physiology*. Sinauer Associates, Inc., Publishers. Massachusetts. pp. 651-670.

TALUKDER, G.; SHARMA, A. 2007. Cobalt. pp: 500-514. *In*: *Handbook of Plant Nutrition*. BARKER, V. A.; PILBEAM, J. D. (eds.) CRC Press Taylor & Francis Group. London.

TREJO-TÉLLEZ, L. I.; GÓMEZ-MERINO, F. C.; ALCÁNTARA, G. G. 2007. Elementos benéficos, pp. 61-64. *In*: *Nutrición de Cultivos*. ALCÁNTARA, G. G.; TREJO-TÉLLEZ, L. I. (eds.) Mundi Prensa México , Colegio de Postgraduados. México.

VAN DOORN, W. G. 1997. Water relations of cut flowers. Horticultural Reviews 18: 1-85.

VAN DOORN, W.G.; SCHURER, K.; Y WITTE, Y. 1989. Role endogenous bacteria in vascular blockage of cut rose flowers. J. Plant Physiology 134: 375-381.

VAN IEPEREN, W.; VAN MEETEREN, U; VAN GELDER, A. 2000. Fluid ionic composition influences hydraulic conductance of xylem conduits. Journal of Experimental Botany 51: 769-776.

VAN MEETEREN, U.; VAN GELDER, A.; VAN IEPEREN, W. 2005. Effect of growth on postharvest rehydration ability of cut chrysanthemum flowers. Acta Horticulturae 669: 287-295.

VEEN, H. 1986. A theoretical model for anti-ethylene effects of silver thiosulphate and 2,5-norbornadiene. Acta Horticulturae 181: 129-136.

YÁÑEZ, M. M.; COLINAS, M. M. T; CURIEL, R. A. 1994. Evaluación de diferentes inhibidores del etileno en postcosecha de rosa (*Rosa sp* L.). Revista Chapingo Serie Horticultura 1: 5-9.

III. CALCIO COMO RETARDANTE DE LA SENESCENCIA DE *LILIUM* HIBRIDO ORIENTAL EN POSTCOSECHA

3.1 CALCIO COMO RETARDANTE DE LA SENESCENCIA DE *LILIAM* HIBRIDO ORIENTAL EN POSTCOSECHA

CALCIUM AS A SENESCENCE RETARDANT IN POSTHARVEST OF *Lilium* ORIENTAL HYBRID

3.2 RESUMEN

Las distintas soluciones químicas utilizadas en postcosecha para mantener la calidad de flores de corte buscan prolongar la vida en florero de especies ornamentales; el uso de calcio en soluciones preservadoras da estabilidad a la membrana celular y retrasar la senescencia. Por lo que en la presente investigación se evaluó el efecto de calcio (cloruro de calcio) sobre el peso fresco, consumo de solución, unidades SPAD en hojas, longevidad floral, contenido nutrimental, actividad peroxidasa, producción de etileno y CO₂ durante la vida postcosecha en tallos florales de *Lilium* cv. Star Gazer y cv. Star Fighter. Los tallos florales fueron adquiridos en Texcoco, Estado de México y transportados en seco al laboratorio donde se estableció un diseño experimental completamente al azar, con soluciones que contenían como fuente de carbono sacarosa al 4% y las siguientes concentraciones de calcio: 0.0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 y 8.0 mM, se ajustó el pH a un valor de 3.5 con ácido cítrico. Los resultados significativos se observaron en los tratamientos de 0.5 y 1.0 mM de calcio con 7 y 8.1 días de longevidad floral para cv Star Fighter y cv Star Gazer respectivamente. Se concluye, que la presencia de calcio retardó los síntomas de senescencia en flores de tallos florales de *Lilium*.

Palabras clave adicionales: ‘Star Fighter’, ‘Star Gazer’, etileno, CO₂.

3.3 ABSTRACT

The different chemical solutions used in postharvest to improve the quality of cut flowers look the vase life of ornamental species. The use of calcium in solutions promotes the stability of cell membrane and the delay of senescence symptoms. This is why in this research the effect of calcium on the postharvest physiology of *Lilium* cv. Star Gazer and cv. Star Fighter evaluated. The floral stems were obtained in Texcoco, Estado de Mexico, and they were transported in dried conditions to the laboratory where factorial completely experimental design was established to evaluate postharvest life with the use of solutions containing sucrose at 4% as a carbon source, and the following concentrations of Calcium Chloride: 0.0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 and 8.0 mM., at a pH of 3.5 adding citric acid. Good conditions observed the concentrations of 0.5 and 1.0 mM of Calcium. So it is possible to establish that the presence of the calcium delayed the symptoms of the senescence in the floral stems of *Lilium*.

Additional key words: ‘Star Fighter’, ‘Star Gazer’, ethylene, CO₂.

3.4 INTRODUCCIÓN

El calcio se caracteriza por tener funciones importantes en plantas superiores, especialmente; en membranas celulares, sobre algunas enzimas, pared celular, e interacciones con fitohormonas (Bangerth 1979). Como ión divalente, no sólo es capaz de formar complejos intramoleculares, sino también relacionarse con moléculas diferentes para formar complejos intermoleculares, lo cual es importante para su función biológica.

Las membranas celulares son responsables de la regulación del contenido de iones, nutrimentos y otros metabolitos dentro de la célula mediante la selectividad del transporte y es responsable de la preservación de compartimientos celulares y retención de agua (Rubinstein, 2000).

El deterioro de la membrana juega un papel importante en la senescencia de estructuras como la flor. La ruptura de esta genera alteraciones fisiológicas como por ejemplo, el incremento de la producción del etileno y ácido abscísico, el descenso de la captación de sacarosa y disminución de la actividad de la ATPasa (Itzhaki *et al.*, 1990), que llevan al pétalo a la senescencia y en consecuencia, a la flor.

El incremento de calcio endógeno en las hojas está asociado con la senescencia (Huang *et al.*, 1997; White y Broadley, 2003). En *Phalaenopsis*, una concentración 1.0 mM de calcio, junto con un ionoforo aumento la sensibilidad de la flor al etileno por lo que la senescencia se acelera, mientras que la aplicación de Etilen Glicol de Ácido Tetracético (EGTA), como quelante de calcio, provocó una disminución en sensibilidad.

La información al respecto aún es escasa para los tallos florales de *Lilium*. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue comparar y evaluar el efecto de calcio en soluciones preservantes sobre la vida postcosecha en cultivares Star Gazer y Star Fighter del género *Lilium*.

3.5 MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en Chapingo, Estado de México, en el laboratorio de anatomía de frutales del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo; las condiciones ambientales dentro del laboratorio fueron: humedad relativa media 45 %, máxima 60% y mínima 26 %; temperatura media diaria 25 °C, mínima 20 °C y máxima 32 °C, Las unidades experimentales fueron expuestas a un fotoperiodo de 12/12 luz/obscuridad con una intensidad luminosa máxima de 339 Lumens. Estos parámetros fueron tomados cada dos horas con un registrador de datos Hobo modelo onset. Se utilizaron tallos de *Lilium* híbrido oriental cv. Star Gazer y cv. Star Fighter en estado anterior a la apertura floral, los cuales se adquirieron en invernaderos de San Diego, Texcoco, Estado de México. Los tallos florales se transportaron en seco al laboratorio donde se hidrataron durante 4 h. Se cortaron a una longitud de 80 cm y se les realizó un corte tangencial, se eliminó el follaje inferior para librar el largo de la probeta, de 250 ml, para así dejar las hojas del tallo floral por encima de 32 cm desde la base, los criterios de inclusión fueron; tallos procedentes de bulbos de calibre 14-16, tallos sanos que superaran los 80 cm de longitud, con hojas en buen estado y sin flores abiertas.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar y los tratamientos correspondieron a un arreglo factorial 2x6, donde el primer factor correspondió a cultivares y el segundo a concentraciones de calcio. Las concentraciones fueron: 0.0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 y 8.0 mM de calcio. Se usaron 10 repeticiones por tratamiento. Todas las soluciones se prepararon con sacarosa 4 % en agua destilada y se ajustaron a un pH de 3.5 con ácido cítrico. La unidad experimental consistió en un tallo de *Lilium* introducido en una probeta de 250 ml con un volumen de solución inicial de 170 ml con los tratamientos mencionados anteriormente ajustando el volumen cada tercer día con la solución de sacarosa al 4 % ajustada a pH de 3.5. El análisis de varianza se realizó mediante el paquete estadístico SAS®. Para comparar las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey.

El consumo de solución se midió diariamente por diferencia de volumen en la solución de cada probeta, se sacó la flor, se tomó la lectura y se devolvió a la solución. El cambio de peso fresco del tallo floral se registró diariamente en una balanza digital (0.1 g de precisión marca ohaus modelo scaut). La longevidad floral se evaluó mediante escala hedónica asignándole el cero al estado anterior a la apertura de la flor; uno a la flor abierta en estado ornamental óptimo; dos a la aparición de bordes marchitos o deshidratados en los pétalos de la flor abierta. Se registró sobre todo el número de días en que se mantuvo el estado uno. Se midió el color verde de las hojas en unidades SPAD con el medidor Minolta Spad 502, siempre las mismas hojas (cinco por tratamiento) en la zona apical cercana a la estructura floral; estas mediciones se realizaron diariamente, hasta que las hojas presentaron un color amarillento como síntoma de senescencia.

Al final del experimento, hojas y flores se secaron por 72 h en estufa con aire circulante a 70 °C, la materia seca se molió en molino (Thomas Wiley Mill Modelo Ed-5), con malla del número 40. Se pesaron 0.5 gramos, tanto de hojas como de flores. Se realizó una digestión húmeda con 4 ml de una mezcla de ácido sulfúrico y ácido perclórico en una proporción de 2:1 y 2 ml de peróxido de hidrógeno. Se determinaron las concentraciones de Co, K, Ca, Mg y Fe en mg kg de materia seca, mediante un espectrofotómetro de emisión atómica de plasma por inducción acoplada ICP-AES de Varian. También se midió la concentración de nitrógeno por el método de microkjeldahl (Alcántar y Sandoval, 1999).

Se evaluaron la respiración y el etileno por el método estático en el cual el tallo floral se colocó dentro de una cámara hermética de volumen conocido por una hora, se tomaron 7 ml de aire, los cuales se almacenaron en vacutainers de 7 ml y se mantuvieron en refrigeración hasta su evaluación. La cual consistió en tomar un mililitro de la mezcla de gases, el que se inyectó en un cromatógrafo de gases marca Varian modelo 3400 con una columna capilar de 27.5 cm de largo, 0.32 mm de diámetro interno y 0.45 mm de diámetro externo y 10 mm de grosor de película tipo abierto con capa porosa de silica fundida con base estacionaria de Porapak tipo Q, la temperatura de la columna fue de 80°C, del detector de conductividad térmica para CO₂ y de ionización de flama para etileno, de 170°C y del inyector 150°C, como estándar se utilizó etileno (INFRA) 103 mg L⁻¹ y CO₂ (INFRA) 399 mg L⁻¹. El gas de arrastre fue helio con un flujo de 32.3 ml·min⁻¹.

Se determinó la actividad de la peroxidasa (EC 1.11.1.7) en 1.0 g de tejido fresco de hoja o flor, se le agregaron 3 ml de solución buffer con polivinilpirrolidona (PVP), se

maceró con nitrógeno líquido, la muestra se centrifugó a 10,000 x g a una temperatura de 0 a 4 °C, posteriormente la muestra se dejó reposar para que alcanzara la temperatura ambiente y se tomó la muestra del sobrenadante, para leer a 470 nm en el espectrofotómetro durante 2 minutos. El espectrofotómetro Genesys 10 uv, se calibró con buffer, y las cantidades para la lectura fueron: 2.6 ml de buffer, 100 µl de H₂O₂ al 0.25 % y 250 µl de guayacol 0.1 M, con 100 µl de muestra, a la cual también se le cuantificó el contenido de proteína soluble por el método de Bradford (Pressey, 1990; Bradford, 1976).

3.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.6.1 Consumo de solución preservante

El análisis estadístico del consumo acumulado por día para ambos cultivares presentaron los valores de consumo más bajos con los tratamientos sin calcio y 8.0 mM de calcio, sobre todo en el cv Star Fighter (Figura 1). Se observó un incremento de consumo con 1.0 mM de calcio en relación al tratamiento con 8.0 mM y sin calcio. Lo anterior es referido por van Ieperen y van Gelder (2006) quienes observaron que el uso de calcio en las soluciones de florero incrementa el flujo hídrico en los tallos de flores de corte, ya que este elemento está involucrado con las pectinas de las paredes celulares del xilema, donde provocó una retracción de estas y por tanto un incremento de los diámetros de los haces vasculares, y un mayor flujo de solución. Lo cual,

probablemente pudo reflejarse en una mayor hidratación de las flores de corte durante la vida en florero.

Para mejorar la calidad de las flores cortadas se han realizado investigaciones sobre el flujo hídrico, como las de Reddy (1988), van Doorn (1997) quienes consideran el bloqueo del xilema como la mayor causa de déficit hídrico y marchitamiento de la flor de corte y menor vida postcosecha. En este trabajo la presencia de calcio en concentración de 1.0 mM favoreció el flujo de solución a través del tallo floral y posiblemente la turgencia en la unidad floral así como una mayor longevidad.

van Ieperen *et al.* (2000) reportan que la presencia de iones en las soluciones genera un incremento entre 7 y 8 % en la conductancia hidráulica con respecto al agua deionizada. Adicionalmente, también afecta el grado de ionización lo que provocó una conductancia hidráulica mayor cuando se utilizaron cationes divalentes como Mg^{2+} y Ca^{2+} en comparación con monovalentes (K^+ y Na^+). La razón proporcionada por estos autores, es que los cationes divalentes se asocian y neutralizan las cargas negativas de las pectinas, las cuales son el componente más abundante de la pared celular de los conductos xilemáticos, lo cual minimiza la resistencia al flujo.

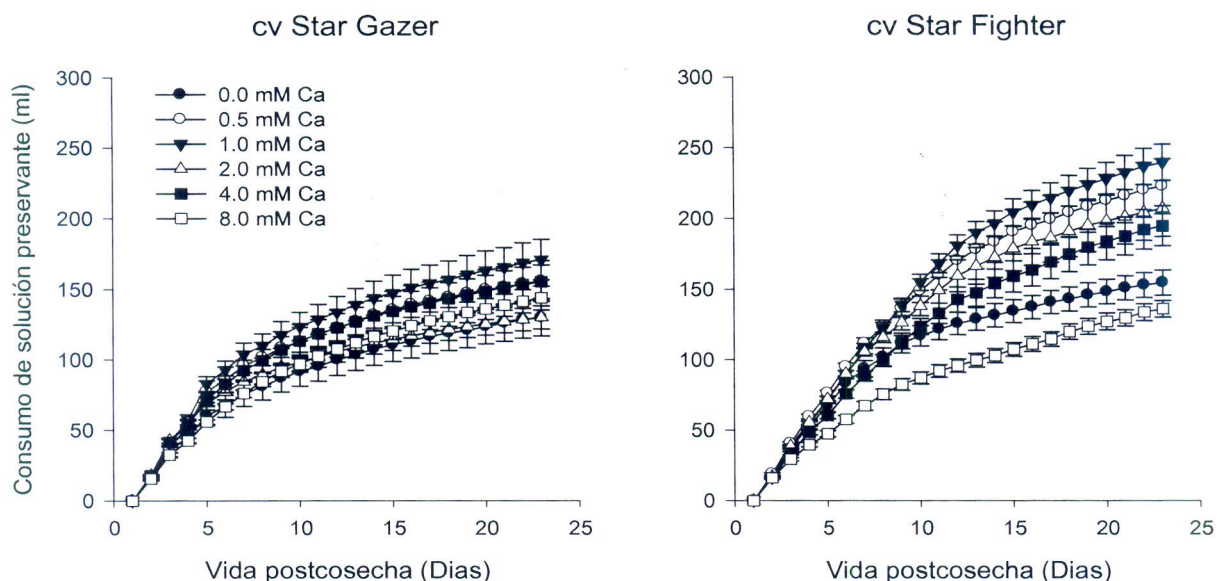


FIGURA 1. Consumo diario acumulado de solución preservante durante la vida postcosecha de *Lilium* cv. Star Figther y cv Star Gazer. $n=10 \pm$ error estándar.

3.6.2 Cambio en peso fresco

El análisis de varianza para el peso fresco mostró diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) para el factor cultivar sólo al inicio de la vida postcosecha (Cuadro 1), mientras que las diferencias entre tratamientos con y sin calcio y la interacción fueron significativos a partir del día 11 y 12 de vida postcosecha respectivamente. El peso fresco de los tallos florales tratados con la solución con 1.0 mM de calcio, presentó diferencias significativas con respecto al tratamiento sin calcio (Cuadro 1). La interacción entre concentración de calcio y cultivar resultó significativa del día 12 al 16, por lo que se pudo establecer que los niveles de calcio no siguen la misma tendencia en el peso fresco de los tallos florales en cada cultivar. Los tallos florales del cv Star Fighter tratados con 1.0 mM de calcio mostraron diferencias significativas con respecto tratamiento sin calcio (Figura 2). El peso fresco de los tallos florales de ambos cultivares

se incrementó al inicio de la vida postcosecha en todos los tratamientos, para descender posteriormente a su peso de inicio y el descenso a partir de esto se tomó como el inicio de la senescencia, el cual se presentó a partir del día 11 y 15 para el cv Star Gazer y Star Fighter respectivamente (Cuadro 1 y Figura 2), mientras los tratamientos sin calcio de ambos cultivares presentaron una disminución del peso fresco antes que los tratamientos que incluyeron al calcio en la solución preservadora (Figura 2). Yáñez *et al.* (1994), trabajaron con rosa y encontraron una mayor longevidad en las flores que mantienen o incrementan su peso fresco durante mayor tiempo. En el presente estudio esta condición se presentó de forma mas evidente en el tratamiento de 1.0 mM de calcio. Por lo que estos resultados sugieren que el mayor consumo de solución preservante y peso de la unidad floral pueden tomarse como indicadores probables de una mayor vida postcosecha.

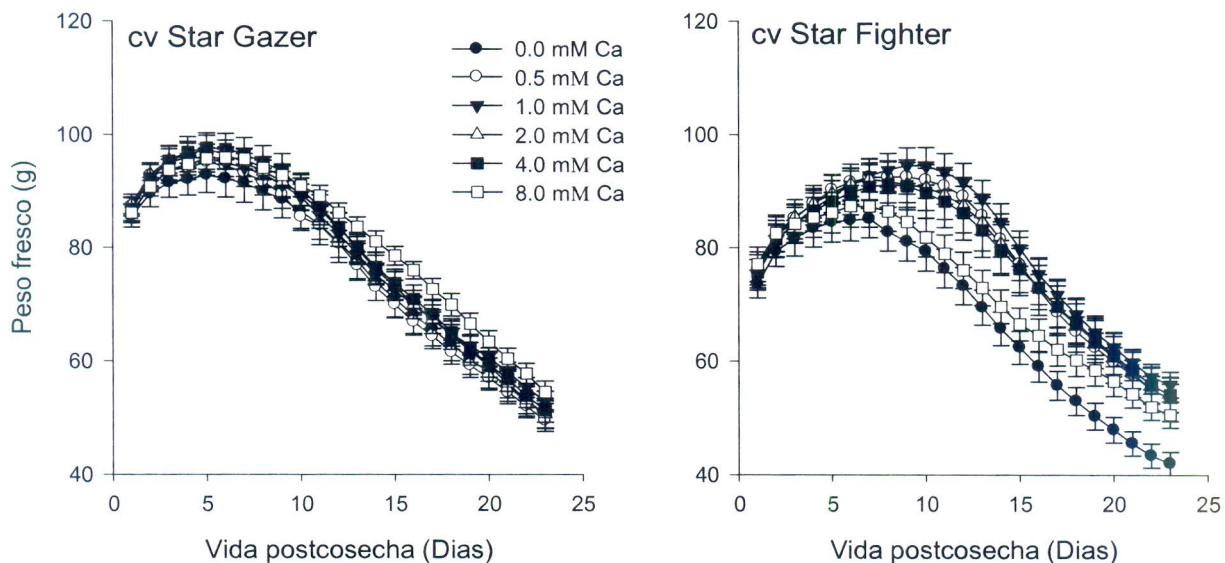


FIGURA 2. Cambio de peso durante la vida postcosecha de *Lilium* cv Star Fighter y cv Star Gazer. $n=10 \pm$ error estándar.

CUADRO 1. Peso fresco promedio de los tallos florales de dos cultivares de *Lilium* tratadas con diferentes concentraciones de calcio. Valores promedio de 10 repeticiones.

Factor/Nivel	Días							
	1	11	12	13	14	15	16	23
Concentración								
(Ca)								
0.0 mM	78.93 a ^z	79.77 b	76.69 b	73.11 b	69.39 b	66.21 b	63.05 b	45.82 b
0.5 mM	81.04 a	88.26 ab	85.78 ab	82.27 ab	78.26 ab	74.41 ab	70.57 ab	52.26 ab
1.0 mM	80.92 a	90.24 a	87.72 a	84.44 a	80.43 a	76.62 a	72.86 a	54.52 a
2.0 mM	81.76 a	88.43 ab	85.97 ab	82.67 ab	78.94 ab	75.36 ab	71.91 ab	52.39 ab
4.0 mM	81.07 a	88.22 ab	85.50 ab	82.25 ab	78.79 ab	75.68 a	72.59 a	53.36 a
8.0 mM	81.43 a	83.79 ab	80.82 ab	78.03 ab	74.96 ab	72.12 ab	69.81 ab	52.54 ab
DMS	7.15	9.95	10.06	10.01	9.83	9.44	9.13	7.48
Cultivar (C)								
S. Gazer	87.36 a	86.74 a	83.47 a	80.13 a	76.537 a	73.652 a	70.719 a	52.08 a
S. Fighter	75.66 b	86.22 a	83.96 a	80.73 a	77.002 a	73.200 a	69.663 a	51.60 a
DMS	2.84	3.96	3.99	3.96	3.90	3.75	3.62	2.97
CV (%)	9.12	11.87	12.40	12.83	13.21	13.28	13.43	14.90
Ca x C	0.9955 ^{NS}	0.0583 ^{NS}	0.0295*	0.0141*	0.0100*	0.0110*	0.0210*	0.1319 ^{NS}

^zMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

^{NS}, *: No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$, respectivamente.

DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

3.6.3 Longevidad Floral

Se detectaron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) en el análisis de varianza para longevidad con los factores de cultivare y concentración de calcio. El cv. Star Gazer (Figura 3), tratado con 1.0 mM de calcio presentó un incremento significativo del 13.79 % con respecto al tratamiento sin calcio. Para el cv Star Fighter el incremento fue de 12.5 % con la concentración de 0.5 mM de calcio en relación al que no presentó calcio. La eficiencia anterior representó 7.0 y 8.1 días para Star Fighter y Star Gazer respectivamente, resultados que concuerdan con los de Gerasopoulos y Chebli (1999) en gerbera, al incrementar entre 3 y 4 días la vida postcosecha con soluciones preservantes del 1.0 y 1.5 % de CaCl_2 y también se observó un retraso de 3 a 5 días

en el doblamiento de los tallos. Por otra parte, Torre *et al* (1999) encontraron un retraso en la senescencia de pétalos de rosa tratados con calcio, sugiriendo que el calcio se asocia con la protección a proteínas de la membrana y modula la degradación de fosfolípidos, los cuales conservan la integridad de la membrana, reducen la producción de etileno, mantienen el transporte de solutos y la viabilidad de los tejidos.

No obstante, los mejores resultados en este experimento se obtuvieron con concentraciones menores a las reportadas por Gerasopoulos y Chebli (1999). Y para la concentración de 8.0 mM se registró diferencia significativa en la longevidad floral con un valor menor al tratamiento sin calcio en el cv. Star Fighter (Figura 3).

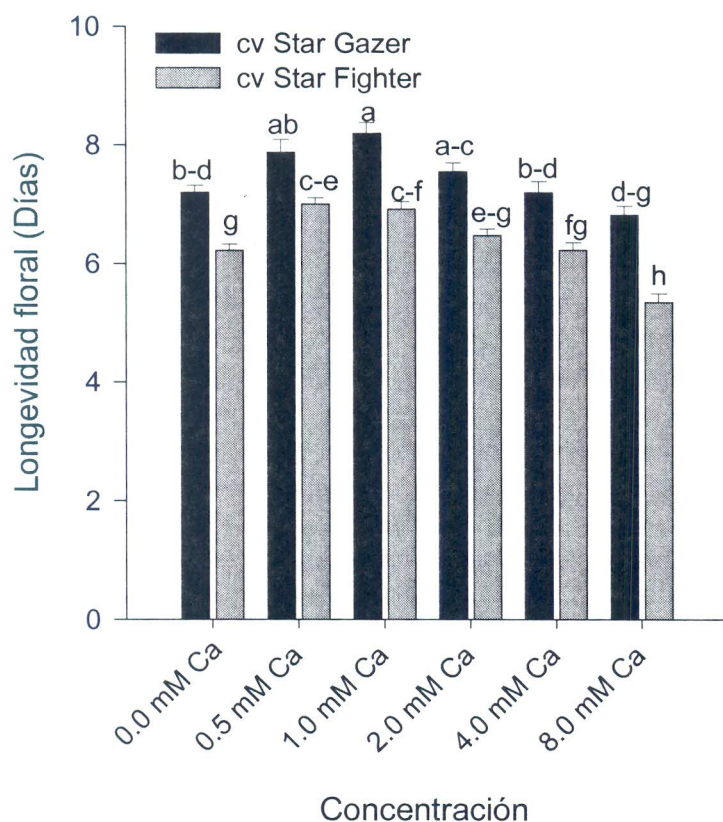


FIGURA 3. Longevidad floral de *Lilium* cv. Star Fighter y cv Star Gazer. Cada barra representa el promedio de 10 repeticiones $\pm$ error estándar. Valores con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$.

3.6.4 Medición de unidades SPAD en hojas

El análisis de varianza del color de las hojas medido en unidades SPAD, detectó diferencias ($\alpha \leq 0.05$) en los factores cultivar y concentración de calcio (Cuadro 2, Figura 4), con valores más altos en el cv. Star Gazer, con diferencias entre los tratamientos con y sin calcio para ambos cultivares al final de la vida postcosecha. Se encontraron diferencias ($\alpha \leq 0.05$) entre el tratamiento de 8.0 mM de calcio y sin calcio los días 3, 15 y 17, mientras que 1.0 mM de calcio, sólo presentó diferencias el día 7 (Cuadro 2). En la interacción las diferencias no fueron evidentes.

Por otra parte, se sabe que el amarillamiento del follaje de *Lilium* es un síntoma recurrente para muchos cultivares del tipo oriental durante la vida postcosecha, para lo cual Nell y Reid (2000) recomiendan pulsos de citocininas o giberelinas, sin embargo, la incorporación de calcio en las soluciones preservantes mostró una tendencia a mantener las unidades SPAD del follaje más altas con relación al tratamiento sin calcio, lo cual favoreció su estado ornamental (Figura 4).

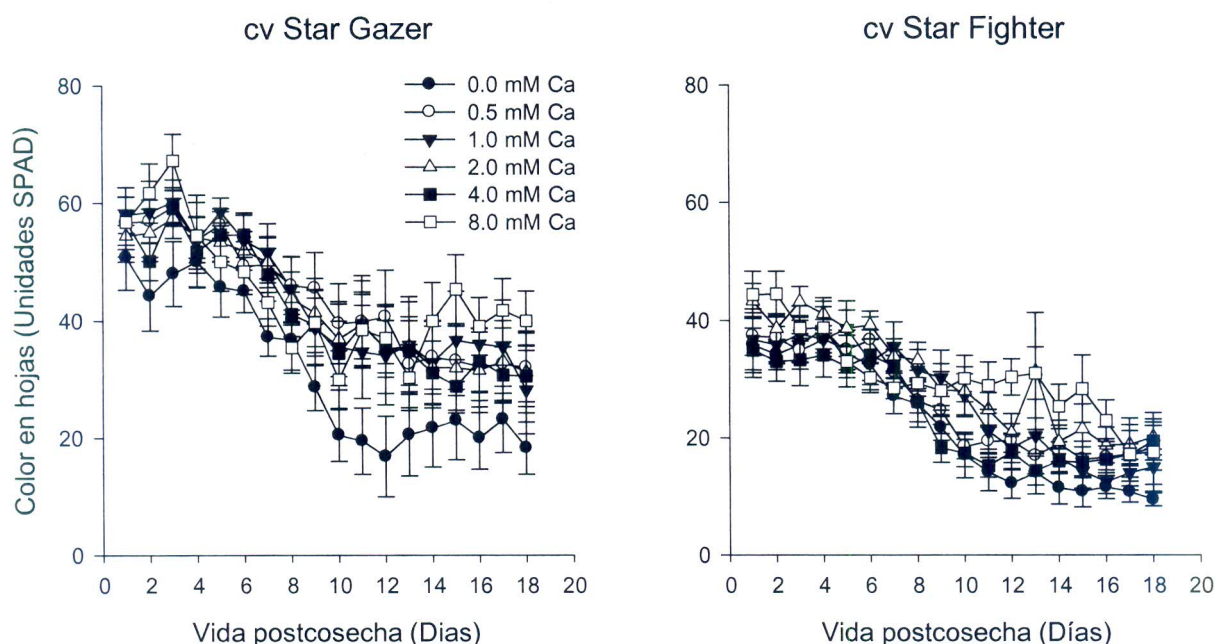


FIGURA 4. Color en hojas (unidades SPAD) durante la vida postcosecha de *Lilium* cv. Star Fighter y cv. Star Gazer. Cada punto representa el promedio de 8 repeticiones $\pm$ error estándar.

CUADRO 2. Color de las hojas en unidades SPAD de dos cultivares de *Lilium* tratadas con diferentes concentraciones de calcio. Valores promedio de 8 repeticiones.

Factor/Nivel	Días en postcosecha								
	1	3	5	7	9	11	13	15	17
Concentración (Ca)	Color de hojas en unidades (SPAD)								
0.0 mM	43.31 a	41.94 b	40.02 a	32.16 b	25.23 a	18.76 a	17.31 a	16.92 b	17.01 b
0.5 mM	47.02 a	47.10 ab	45.65 a	40.38 ab	35.12 a	29.02 a	24.78 a	24.75 ab	24.92 ab
1.0 mM	47.38 a	48.93 ab	48.58 a	43.53 a	34.51 a	31.41 a	28.09 a	25.51 ab	24.82 ab
2.0 mM	48.88 a	50.31 ab	46.00 a	41.98 ab	34.78 a	32.45 a	33.48 a	26.75 ab	26.01 ab
4.0 mM	45.95 a	46.24 ab	43.39 a	40.05 ab	28.78 a	25.93 a	24.65 a	22.34 b	23.93 ab
8.0 mM	50.60 a	52.95 a	41.54 a	35.82 ab	33.85 a	30.05 a	30.66 a	39.69 a	33.58 a
DMS	12.94	10.95	10.81	10.81	13.30	14.21	17.92	15.72	14.80
Cultivar (C)									
S. Gazer	55.62 a	58.57 a	53.12 a	46.55 a	38.91 a	32.83 a	31.64 a	33.17 a	32.84 a
S. Fighter	38.76 b	37.25 b	35.27 b	31.42 b	25.18 b	23.05 b	21.36 b	16.92 b	15.77 b
DMS	5.094	4.31	4.25	4.25	5.23	5.59	7.057	6.157	5.797
CV (%)	26.59	22.16	23.71	26.88	40.26	49.32	32.56	30.43	29.33
Ca x C	0.7397 ^{NS}	0.1844 ^{NS}	0.6665 ^{NS}	0.9276 ^{NS}	0.5061 ^{NS}	0.2521 ^{NS}	0.4381 ^{NS}	0.890 ^{NS}	0.8409 ^{NS}

^zMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

^{NS}: No significativo.

DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

3.6.5 Concentración nutrimental

La concentración de nitrógeno en hojas presentó diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre los tratamientos con calcio (Cuadro 3). Donde se observó un incremento creciente de nitrógeno asociado al aumento de calcio en las soluciones preservantes. Se encontró el valor más alto en la concentración 8.0 mM de calcio, y sólo el cv Star Fighter mostró diferencias en el tratamiento con 4.0 mM de calcio (Figura 5a). La interacción entre cultivar y concentración de calcio no fue significativa en hojas y flores de ambos cultivares (Cuadro 3), lo que sugiere la misma tendencia de las concentraciones de calcio en cada cultivar para la concentración de nitrógeno. No obstante, en las flores las diferencias ($\alpha \leq 0.05$) se manifestaron entre los cultivares, donde el cv. Star Gazer mostro la mayor concentración (Figura 5b). Sin embargo, la concentración de nitrógeno más alta en flor se observó en los tratamientos sin calcio y 0.5 mM, 1.0 mM y 2.0 mM de calcio para el cv Star Gazer (Figura 5b, Cuadro 3), mientras que disminuyeron en los tratamientos 4.0 y 8.0 mM de calcio.

Una porción importante del nitrógeno celular, se encuentra en los cloroplastos de las hojas (Barker y Gretchen, 2007), por lo que durante la senescencia foliar se degradan estos organelos y liberan el nitrógeno, el cual genera cambios en el metabolismo y la estructura celular. Lo anterior provocó el síndrome de senescencia, caracterizado por la degradación de proteínas, modificación del retículo endoplásmico, fragmentación de membranas y pérdida de la integridad celular, aunado al amarillamiento, condición que fue observada de manera más acusada en las unidades SPAD que registró el cv Star Fighter (Figura 4).

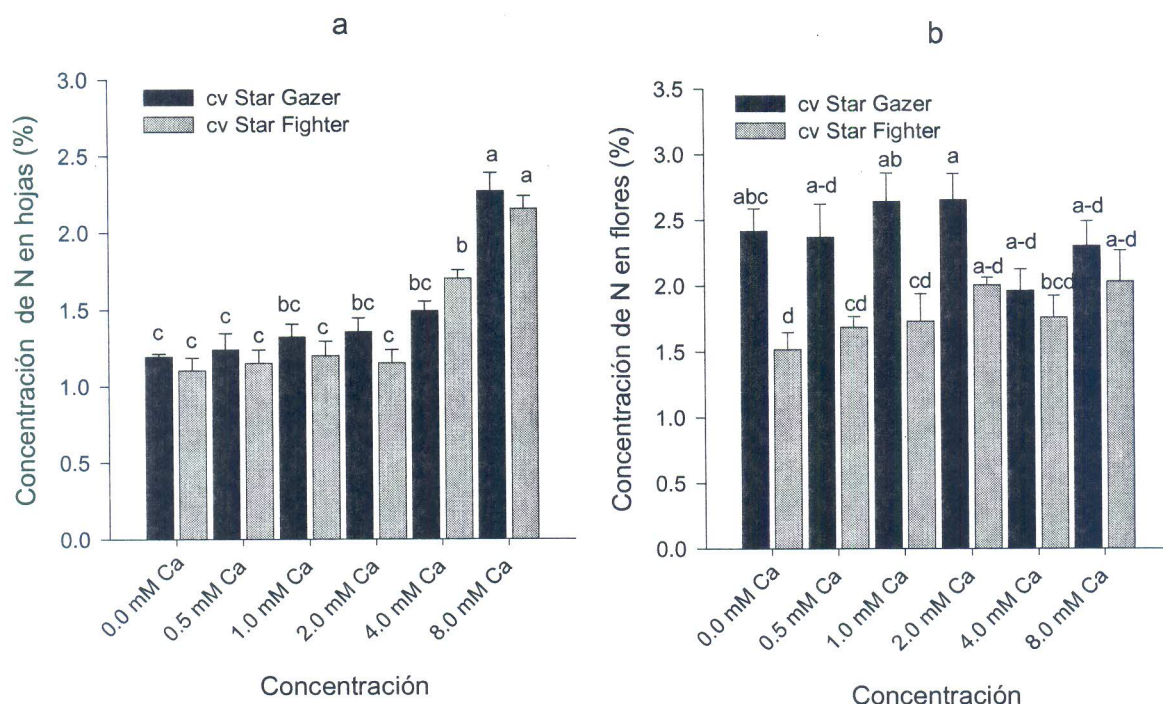


FIGURA 5. Contenido de Nitrógeno en *Lilium* cv. Star Fighter y cv Star Gazer, evaluado al término de la vida postcosecha a) hojas, b) flores. Cada barra representa el promedio de 5 repeticiones $\pm$ error estándar. Valores con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$.

CUADRO 3. Contenido de nitrógeno en hojas y flores de dos cultivares de *Lilium* tratadas con diferentes concentraciones de calcio. Valores promedio de 5 repeticiones.

Factor/Nivel	Contenido de nitrógeno	
	Hojas N (%)	Flores N (%)
Concentración (Ca)		
0.0 mM	1.14781 c ^z	1.9672 a
0.5 mM	1.19523 c	2.0282 a
1.0 mM	1.25955 c	2.1873 a
2.0 mM	1.25279 c	2.3295 a
4.0 mM	1.59477 b	1.8623 a
8.0 mM	2.21100 a	2.1670 a
DMS	0.2509	0.5395
Cultivar (C)		
S. Gazer	1.47738 a	2.3916 a
S. Fighter	1.40967 a	1.7889 b
DMS	0.0981	0.211
CV (%)	13.09628	19.44616
Ca x C	0.2344 ^{ns}	0.2438 ^{ns}

^zMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

^{ns}No significativo.

DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

La presencia de concentraciones crecientes de calcio en las soluciones, favoreció el incremento significativo de este elemento en los tallos florales de *Lilium* para ambos cultivares. Las hojas presentaron una mayor concentración con diferencias ($\alpha \leq 0.05$) en los tratamientos que incluyeron calcio (Cuadro 4). En las flores, se presentó un fenómeno similar sólo que los contenidos de calcio fueron menores con respecto a las hojas, y las diferencias estadísticas se hicieron evidentes en el tratamiento de 8.0 y 4.0 mM de calcio, sobre todo en el cv. Star Fighter (Figura 7, Cuadro 4). La interacción presentó diferencias significativas ($P \leq 0.05$), por lo que al evaluar el efecto del cultivar en cada nivel de calcio. Se encontró que el cv Star Gazer tuvo diferencias en las concentraciones de 1.0 y 2.0 mM de calcio. Condición que se confirmó cuando se contrastaron los niveles de calcio sobre los cultivares: las concentraciones de calcio se incrementaron donde se incluyó calcio en las soluciones preservantes.

El análisis de varianza registró diferencias estadísticas ($\alpha \leq 0.05$) para los factores cultivar y concentración en los contenidos de hierro en hojas (Cuadro 4) en 1.0 mM de calcio. Para las flores el análisis de varianza mostró diferencias solo entre cultivares (Cuadro 4). En las hojas los valores fueron superiores a las flores por los requerimientos de este elemento en la función fotosintética que se realiza en las hojas (Cuadro 4).

El análisis de varianza detectó diferencias estadísticas ($\alpha \leq 0.05$) en los factores cultivar y concentración para los contenidos de hierro, potasio y magnesio en hojas, y calcio y magnesio en flores (Cuadro 4). Pero la interacción no evidenció diferencias estadísticas significativas (Cuadro 4, Figuras 6 y 7).

El magnesio presentó diferencias significativas entre cultivares y entre concentraciones de calcio para hojas y flores, pero no en la interacción (Cuadro 4).

Por otra parte el calcio puede ser afectado por la movilidad y los niveles de otros cationes como potasio, magnesio, sodio y amonio, entre otros, los cuales modifican la traslocación hacia las estructuras florales (Marschner, 1986; Lasa, *et al.*, 2000).

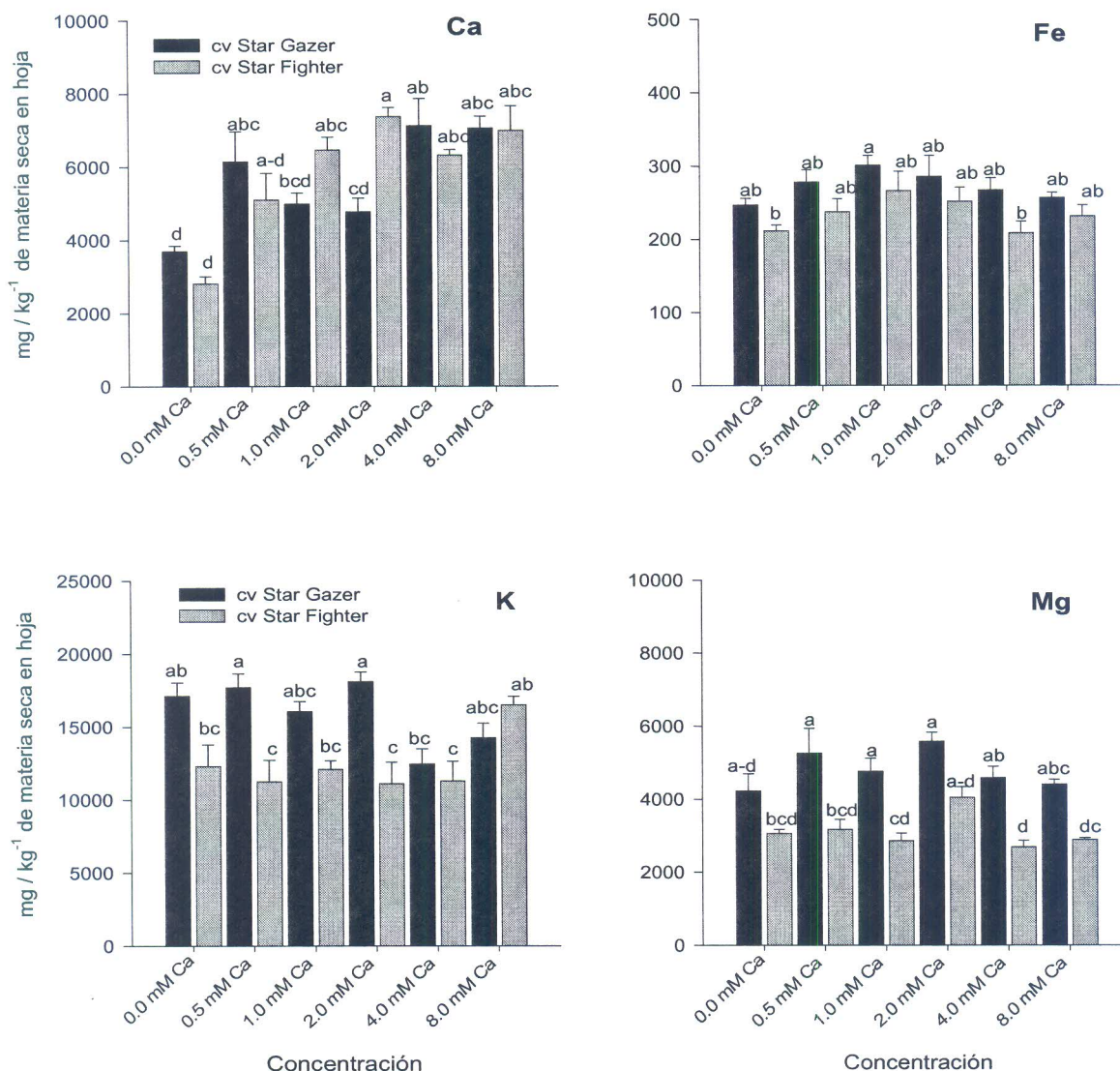


FIGURA 6. Concentraciones de Calcio (Ca), Hierro (Fe), Potasio (K) y Magnesio (Mg) en hojas de *Lilium* cv. Star Gazer y cv. Star Fighter, al término de la vida postcosecha. Cada barra representa el promedio de 5 repeticiones $\pm$ error estándar. Valores con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$.

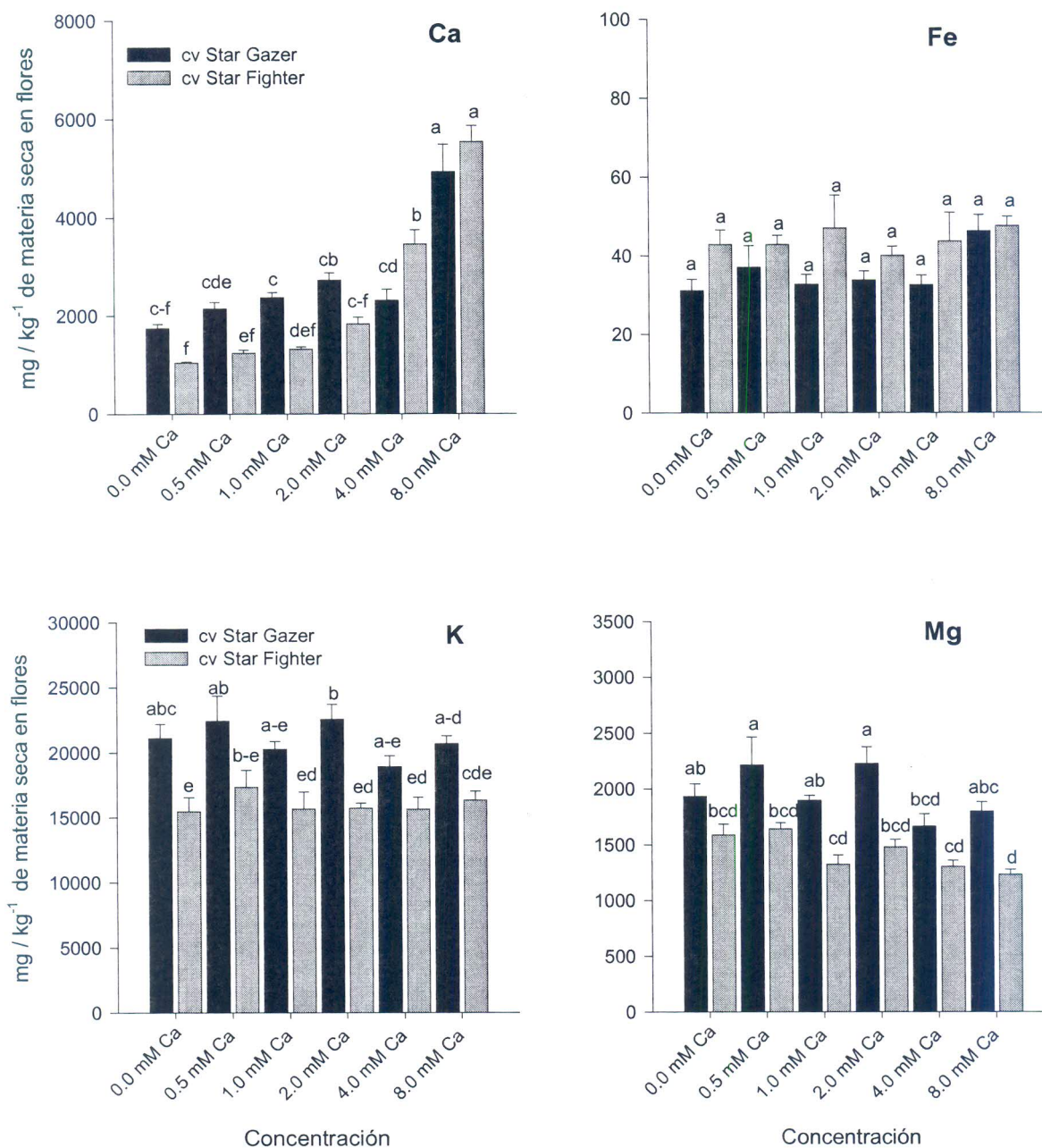


FIGURA 7. Concentraciones de Calcio (Ca), Hierro (Fe), Potasio (K) y Magnesio (Mg) en flores de *Lilium* cv. Star Gazer y cv. Star Fighter, al término de la vida postcosecha. Cada barra representa el promedio de 5 repeticiones $\pm$ error estándar. Valores con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$.

CUADRO 4. Concentración de iones en hojas y flores de dos cultivares de *Lilium* tratadas con diferentes concentraciones de calcio. Valores promedio de 5 repeticiones.

Factor/Nivel	Hojas				Flores			
	Ca	Fe	K	Mg	Ca	Fe	K	Mg
	(mg/kg ⁻¹ de materia seca)							
Concentración (Ca)								
0.0 mM	3255.9 b ^z	229.3 b	14712.0 ab	3643.0 b	1376.0 d ^z	36.9 a	18280.0 a	1760.3 ab
0.5 mM	5628.4 a	257.9 ab	14482.0 ab	4212.8 ab	1682.8 cd	39.9 a	19889.0 a	1927.4 a
1.0 mM	5728.1 a	283.7 a	14073.0 ab	3812.7 b	1839.9 cd	39.8 a	17959.0 a	1610.3 ab
2.0 mM	6075.6 a	268.7 ab	14606.0 ab	4810.5 a	2280.1 cd	39.9 a	19127.0 a	1851.4 a
4.0 mM	6724.2 a	238.1 ab	11868.0 b	3636.4 b	2874.3 b	38.1 a	17271.0 a	1483.8 b
8.0 mM	7025.4 a	244.2 ab	15373.0 a	3650.6 b	5199.1 a	46.8 a	18492.0 a	1516.0 b
DMS	1437.6	51.4	3172.1	960.58	639.94	12.84	3176.6	330.79
Cultivar (C)								
S. Gazer	5632.3 a	272.7 a	15949.0 a	4800.4 a	2703.5 a	35.5 a	20987.0 a	1954.82 a
S. Fighter	5847.0 a	234.7 b	12422.0 b	3121.6 b	2380.6 b	43.9 b	16019.0 b	1428.21 b
DMS	562.3	20.1	1240.7	375.72	250.31	5.01	1242.5	129.38
CV (%)	18.9	15.2	20.8	18.3	18.9	24.4	12.9	14.7
Ca x C	0.0013*	0.9558 ^{NS}	0.0005*	0.7372 ^{NS}	0.0001*	0.690 ^{NS}	0.670 ^{NS}	0.4745 ^{NS}

^zMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

^{NS}: No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$, respectivamente

DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

3.6.6 Actividad de peroxidasa

Las peroxidasas, son enzimas cuya función primaria es oxidar moléculas a expensas de peróxido de hidrógeno (Gaspar *et al.*, 1982). Amako *et al.* (1994) reportaron que son muchos los sustratos sobre los que actúa. El tipo más común de peroxidasa, es el que corresponde a la llamada peroxidasa del guaiacol, la cual interviene en la biosíntesis de lignina, en el desarrollo y organogénesis de las plantas vía la degradación del AIA o la biosíntesis de etileno. Los resultados en este trabajo permiten sugerir al calcio como un promotor de la actividad de las peroxidasas, ya que fue observado en ambos cultivares, y tanto en flores como en hojas con diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$). En la concentración con 8.0 mM de calcio se presentaron los valores más altos, con diferencias significativas en relación al tratamiento sin calcio en flores y hojas de Star

Gazer (Figura 8), no así para Star Fighter donde la respuesta no fue significativa. Sin embargo, la mayor actividad se mantuvo en el tratamiento de 8.0 mM de calcio (Figuras 8). Al respecto se ha confirmado la unión de calcio a 2 isoenzimas de la peroxidasa de *Armoracia rusticana*, lo que sugiere que el calcio contribuye a mantener la conformación estructural de la isoperoxidasa C, y se ha confirmado por Gaspar *et al.*, (1982), que la peroxidasa C libre de calcio se reconstituye por la adición de este ión y recupera su actividad.

Los cambios enzimáticos durante la senescencia están asociados al incremento de radicales libres, enzimas antioxidantes y a la síntesis de proteasas (Torre *et al.*, 1999). Estos cambios están asociados al incremento en la generación de Especies Reactivas de Oxígeno (EROs), por lo que la participación del calcio en la estabilidad de membranas y enzimas, puede retrasar los daños causados por esos compuestos.

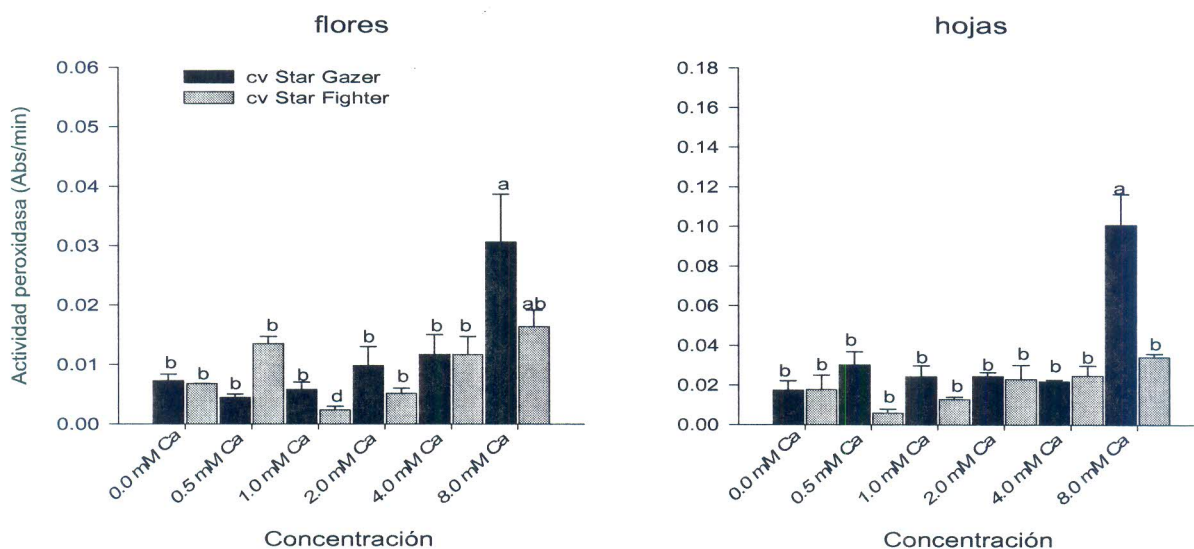


FIGURA 8. Actividad de peroxidasa en flores y hojas de *Lilium* cv. Star Gazer y cv. Star Fighter durante la vida postcosecha. Cada barra representa el promedio de 5 repeticiones $\pm$ error estándar. Valores con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$.

CUADRO 9. Actividad peroxidasa en hojas y flores de dos cultivares de *Lilium* tratadas con diferentes concentraciones de calcio.

Factor/Nivel	Flores	Hojas
	Actividad peroxidasa (Abs/min)	
Concentración (Ca)		
0.0 mM	0.0071 b ^z	0.0177 b
0.5 mM	0.0090 b	0.0164 b
1.0 mM	0.0041 b	0.0178 b
2.0 mM	0.0075 b	0.0237 b
4.0 mM	0.0117 b	0.0236 b
8.0 mM	0.0235 a	0.0627 a
DMS	0.0088	0.0174
Cultivar (C)		
S. Gazer	0.011658 a	0.0365 a
S. Fighter	0.009353 a	0.0198 b
DMS	0.0035	0.0069
CV (%)	69.88	58.37
Ca x C	0.0130*	<.0001*

^zMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

*:Significativo a una $P \leq 0.05$.

DMS: diferencia mínima significativa, CV: Coeficiente de Variación.

3.6.7 Etileno y CO₂

En este trabajo los tallos florales de los dos cultivares tratados con concentraciones crecientes de calcio en la solución preservante (desde 0.0 hasta 8.0 mM). El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas ($\alpha \leq 0.05$) en el factor concentración de calcio en la producción de etileno, entre los niveles 0.0, 2.0, 4.0 y 8.0 mM de calcio (Cuadro 10), solo para el cv Star Gazer (Figura 9). Al respecto la bibliografía reporta evidencias experimentales en la fisiología de postcosecha que sugieren al calcio como un regulador de la senescencia, mediante la estabilidad de las membranas celulares, ya que cuando estas se degradan, los metabolitos que se generan pueden estar involucrados en la síntesis de etileno (Torre *et al.*, 1999; Rubinstein, 2000). Otros estudios han mostrado que el calcio, aplicado como nitrato de calcio [Ca(NO₃)₂], cloruro de calcio (CaCl₂) y sulfato de calcio (CaSO₄) (De Capdeville, *et al.*, 2005; Torre, *et al.*; 1999) pueden retrasar la senescencia o incrementar la longevidad de postcosecha.

Este aumento en la longevidad en postcosecha para los tallos florales de *Lilium* puede deberse a un retraso de los eventos fisiológicos relacionados con el envejecimiento, como una disminución en la captación de solución preservante, pérdida de agua mediante un aumento de la transpiración y disminución del peso fresco entre otros.

El análisis estadístico de la actividad respiratoria cuantificada mediante la liberación de CO₂ presentó diferencias significativas entre cultivares (Figura 9 Cuadro 10), y no hubo efecto de los tratamientos de calcio ni de la interacción sobre la producción de CO₂, por lo que la actividad respiratoria en cada nivel de calcio sigue la misma tendencia en para cada cultivar.

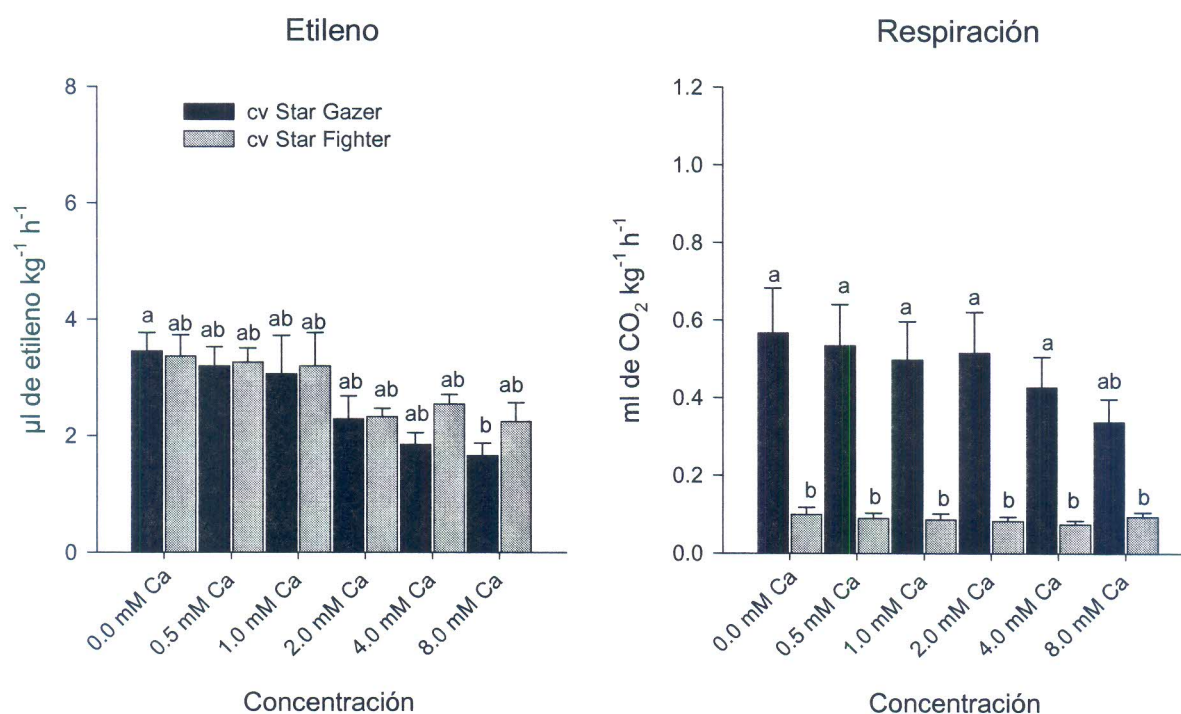


FIGURA 9. Producción de etileno y actividad respiratoria (CO₂) generada por tallos florales de *Lilium* cv. Star Gazer y cv. Star Fighter, durante la vida postcosecha. Cada barra representa el promedio de 5 repeticiones $\pm$ error estándar. Valores con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$.

CUADRO 10. Producción de etileno y CO₂ durante la vida postcosecha de los tallos florales de *Lilium* cv. Star Gazer y cv. Star Fighter, tratados con diferentes concentraciones de calcio

Factor/Nivel	Etileno	Respiración
	µl de etileno kg ⁻¹ h ⁻¹	ml de CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹
Concentración (Ca)		
0.0 mM	3.4135 a ^z	0.35434 a
0.5 mM	3.2302 ab	0.33205 a
1.0 mM	3.1241 abc	0.31054 a
2.0 mM	2.3049 bcd	0.31882 a
4.0 mM	2.1573 cd	0.26678 a
8.0 mM	1.9225 d	0.22700 a
DMS	1.0709	0.3546
Cultivar (C)		
S. Gazer	2.5863 a	0.47982 a
S. Fighter	2.8243 a	0.08771 b
DMS	0.4246	0.086
CV (%)	41.04	82.37
Ca x C	0.8662 ^{NS}	0.7006 ^{NS}

^zMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

^{ns}.No significativo.

DMS: Diferencia Mínima Significativa, CV: Coeficiente de Variación.

3.7 CONCLUSIONES

Los tallos florales de *Lilium*, tratados con soluciones preservantes con calcio presentaron un consumo mayor de solución con respecto al tratamiento sin calcio. El tratamiento de 8.0 mM generó efectos tóxicos. La mejor respuesta a longevidad floral se atribuyó al calcio 1.0 mM, seguida de 0.5 mM para ambos cultivares. La presencia de calcio en las soluciones preservantes favoreció una mayor movilidad de potasio a las flores de ambos cultivares. También modificó la actividad de la peroxidasa, tanto en hojas como en flores. La producción de etileno descendió con el incremento de calcio en el cv. Star Gazer. Las concentraciones de nitrógeno en hojas de los dos cultivares se incrementaron con la presencia de calcio en las soluciones preservantes.

3.8 LITERATURA CITADA

ALCÁNTAR, G. G. ; SANDOVAL, V. M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación Especial No. 10 de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C., Chapingo, Méx., 156 p.

AMAKO, K.; CHEN, G.; ASADA, K. 1994. Separate assays specific for ascorbate peroxidase y guaiacol peroxidase y for the choloroplastic y cytosolic isoenzymes of ascorbate peroxidase in plants. *Plant Cell Physiol.* 35(3):497-504.

BANGERTH, F. 1979. Calcium related physiological disorders of plants. *Annu. Rev. Phytopath.* 17: 97-122.

BARKER, A.; GRETCHEN, M. 2007. Nitrogen, pp 21-40. In *Handbook of Plant Nutrition*

BARKER, V.A.; PILBEAM, J.D. (eds.) CRC Press Taylor & Francis Group., London.

BRADFORD, M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microquantities of protein. *Anual Biochem.* 72: 248-256.

DE CAPDEVILLE, G.; MAFFIA, L.; FINGER, F.; BATISTA, U. 2005. Pre-harvest calcium sulfate applications affect vase life and severity of gray mold in cut roses. *Sci. Hortic.* 103:329- 338.

GASPAR, T.; PENEL, C.; THORPE, T.; GREPPIN, H. 1982. "Peroxidases 1970-1980. A survey of their biochemical y physiological roles in higher plants. Université de Genève-Centre de Botanique. Genève. pp. 324

GERASOPOULOS, D.; CHEBLI, B. 1999. Effects of pre and postharvest calcium applications on the vase life of cut Gerberas. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 74: 78-81

HUANG, F-Y.; PHILOSOPH-HADAS, S.; MEIR, S.; CALLAHAM, D.; SABATO, R.; ZELCER, A.; HEPLER, P. 1997. Increases in cytosolic Ca^{2+} in parsley mesophyll cells correlate with leaf senescence. Plant Physiology 115: 51-60.

ITZHAKI, H.; BOROCHOV, A.; MAYAK, S. 1990. Age-related changes in petal membrane from attached and detached rose flower. Plant Physiol. 94:1233-1236.

LASA, B.; FRECHILLA, M.; ALEU, B.; GONZALEZ-MORO, C.; LAMSFUS, P. ; APARICIO-TREJO, M. 2000. Effects of low and high levels of magnesium on the response of sunflower plants grown with ammonium and nitrate. *Plant Soil* 225:167–174.

MARSCHNER, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London. Pp 448

NELL, T. A.; REID, M. S. 2000. Poscosecha de las flores y plantas. Ediciones Hortitecnia. Colombia. 216 pp.

PRESSEY, R. 1990. Anions activate the oxidation of indole acetic by peroxidases from tomato and other sources. *Plant Physiol.* 93:798-804.

QUESADA, M.A; VALPUESTA, V. 2008. senescencia y abscission, pp 559-576. In *Fundamentos de fisiología vegetal. Segunda edición.* AZCON-BIETO, J; TALON, M (eds.) Mcgraw-Hill Interamericana de España. S. A. U. Barcelona, España

REDDY, T. V. 1988. Mode of action of cobalt extending the vase life of cut roses. *Scientia Hort.* 36: 303-313.

RODRÍGUEZ, M.M; ALCANTAR, G. G.; AGUILAR, S.A.; ETCHEVERS, B.J; SANTIZÓ, R.J. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra* 16(2): 135-141.

RUBINSTEIN, B. 2000. Regulation of cell death in flower petals. *Plant Mol. Biol.* 44:303-318.

TORRE, S.; BOROCHOV, A.; HALEVY, A. 1999. Calcium regulation of senescence in roses. *Physiologia Plantarum* 107:214-219.

VAN IEPEREN, W. Y; VAN GELDER, A. 2006. Ion-mediated flow changes suppressed by minimal calcium presence in xylem sap in Chrysanthemum and Prunus laurocerasus. Journal and Experimental Botany. 57 (11):2743-2750.

VAN IEPEREN,; VAN MEETEREN; VAN GELDER. 2000. Fluid ionic composition influences hydraulic conductance of xylem conduits. Journal of Experimental Botany. 51, 769-776.

YÁÑEZ, M. M.; COLINAS, M. M. T; CURIEL, R. A. 1994. Evaluación de diferentes inhibidores del etileno en postcosecha de rosa (*Rosa sp* L.). Revista Chapingo: serie Horticultura 1. 5-9

WHITE, P.; BROADLEY, M. 2003. Calcium in plants. Ann. Bot. 92: 487–511.

**IV. CALCIO EN SOLUCIONES PRESERVANTES Y PRESENCIA DE COBALTO
COMO RETARDANTES DE LA SENESCENCIA DE *LILIAM* HIBRIDO ORIENTAL EN
POSTCOSECHA**

4.1 CALCIO EN SOLUCIONES PRESERVANTES Y PRESENCIA DE COBALTO COMO RETARDANTES DE LA SENESCENCIA DE *LILIUM* HIBRIDO ORIENTAL EN POSTCOSECHA

CALCIUM AND COBALT AS SENESCENCE RETARDANTS IN POSTHARVEST OF *LILIUM* ORIENTAL HYBRID

4.2 RESUMEN

Dentro de los productos hortícolas, probablemente las flores de corte sean los más perecederos, por lo que durante su vida postcosecha deben tomarse medidas especiales para obtener una vida útil más prolongada. Los aditivos adicionados a las soluciones químicas utilizadas en la postcosecha para mejorar la calidad de flores de corte incluyen azúcar, un acidificante, un antiséptico, retardadores del metabolismo. En este trabajo se realizó un estudio para evaluar el empleo de cobalto y calcio en soluciones y los efectos sobre la fisiología postcosecha en *Lilium* cv Star Gazer y cv Star Fighter. El cobalto tiene un doble efecto, como inhibidor de la síntesis de etileno así como antiséptico, mientras que el calcio permite dar estabilidad a la membrana celular y retrasar la senescencia. Se estableció un diseño factorial completamente al azar, para evaluar la vida en florero con el uso de soluciones que contenían como fuente de carbono sacarosa al 4% y 0.1 mM de cloruro de cobalto adicionado con cloruro de calcio: 0.0, 0.5, 1.0, 2.0 mM., el pH se ajustó a 3.5 con ácido cítrico. Los resultados óptimos se observaron en el tratamiento de 0.5 mM de calcio, adicionado con 0.1 mM

de Cobalto. Lo cual permitió establecer que la presencia de cobalto y calcio favoreció el retraso de los síntomas de la senescencia en tallos de *Lilium*.

Palabras clave adicionales: cv. Star Gazer, cv. Star Fighter, etileno, peroxidasa

4.3 ABSTRACT

Cut flowers are probably the most perishable products among the horticultural products, this reason, special measures should be taken to obtain a more lingering useful life during their life postcosecha. The chemical solutions used in the postharvest to improve the quality of court flowers include sugar, an acidifying, an antiseptic product, metabolism retardants, for that that in this work you addition to the cobalt and the calcium, the first one has a double effect, as inhibitor of the ethylene synthesis as well as antiseptic, while the calcium allows to give stability to the cellular membrane and to retard the senescencia. For what the present investigation evaluated the goods of calcium and cobalt on the physiology postcosecha in *Lilium* cv. Star Gazer and cv. Star Fighter. The floral stems were obtained in Texcoco, State of Mexico and transported in dry to the laboratory where a completely randomized design was established, evaluating postharvest life with the use of solutions containing sucrose at 4% as a carbon source and 0.1 mM of cobalt chloride added with calcium chloride: 0.5, 1.0, 2.0 mM., adjusting the pH to a value of 3.5 with citric acid. The good results were observed in the treatments of 0.1 mM of Cobalt and 0.5 mM of calcium. So it is possible to establish that

the presence of the cobalt and the calcium favored the delayed the symptoms of the senescence in the floral stems of *Lilium*.

Key words: cv. Star Gazer, cv. Star Fighter, ethylene, peroxidase

4.4 INTRODUCCIÓN

El cobalto no está clasificado como nutrimento esencial para las plantas; sin embargo, se describe de manera frecuente como benéfico (Palit y Sharma, 1994, Taiz y Zeiger, 1998, Talukder y Sharma, 2007, y Trejo-Téllez *et al.*, 2007). La distribución de cobalto en las plantas es completamente dependiente de la especie, ya que la absorción se controla por mecanismos diferentes. En el xilema, el cobalto es transportado principalmente por el flujo transpiratorio, por lo que su movilidad es variable. Se sabe que este ion es un inhibidor de la síntesis de etileno, que bloquea la conversión del ácido-1-aminociclopropano carboxílico (ACC) a etileno (Talukder y Sharma, 2007, Palit y Sharma, 1994, Taiz y Zeiger., 2006).

En plantas, la concentración de este elemento esta en el orden de 0.01 a 0.4 µg de cobalto. Este elemento se asocia fácilmente con Cu^{2+} , Fe^{3+} Mn^{4+} (Mengel y Kirkby, 2001). Sin embargo, en plantas de astrágalo (*Astragalus* spp. L.) se pueden acumular de 3 a 100 mg por kilogramo de peso seco de la planta. El cobalto se encuentra en altas concentraciones en el estilo y estigma de *Lilium longifolium* Thunb. (Talukder y Sharma, 2007).

El efecto tóxico del cobalto en la morfología incluye caída de las hojas, inhibición de reverdecimiento, venas decoloradas y una disminución del peso fresco. La interacción de cobalto con otros metales depende principalmente de la concentración. Por ejemplo, los niveles altos de cobalto inducen deficiencia férrica en las plantas y suprimen captación de Cd por las raíces. También actúa sinérgicamente con Zn, Cr, y Si (Palit y Sharma, 1994, Talukder y Sharma, 2007).

Por otra parte, el calcio es importante para mantener la integridad de las membranas y paredes celulares de la planta, activación de enzimas, regulación del movimiento de agua en las células. Además, forma parte del sistema de mensajeros en la transmisión de señales en las plantas bajo estrés y es esencial para la división y crecimiento celular. El calcio, está involucrado en los mecanismos bioquímicos que las plantas presentan como respuesta ante el estrés uniéndose a proteínas como la calmodulina y proteinkinasa, además participa en los sistemas antioxidantes de las células (Schimitsch *et al.*, 2002; Rubinstein, 2000).

Kwak y Lee (1997) encontraron que el calcio es requerido para la fosforilación y defosforilación de proteínas requeridas para la inducción de ACC oxidasa por etileno por lo que estableció el papel del calcio y la fosforilación de proteínas durante la vía de transducción de la señal del etileno y sugiere, que el calcio localizado en los espacios extracelulares promueve la fosforilación y defosforilación, necesarios para la inducción de ACC oxidasa. Además, Yang y Poovaiah (2000) aportaron evidencias donde se involucra la señalización Ca/CaM-media la acción del etileno, que se asocia con la senescencia de hojas y pétalos.

Cuando el calcio es incorporado en el tejido vegetal, presenta baja movilidad, por lo que es necesario un suministro constante para el crecimiento continuo de frutos o el desarrollo de flores. (Papadopoulos, 2000; Schimitz *et al.*, 2002).

Los niveles normales de calcio en el tejido (hojas recientemente desarrolladas) varían de 1.2 a 4 %, pero en hojas viejas puede llegar hasta 7 %. Concentraciones menores a 1 % son sub-óptimas y menores a 0.8 indican deficiencia aguda. Sin embargo, la concentración de calcio en las hojas no es buen indicador, ya que prácticamente no hay translocación de hoja a fruto (Papadopoulos, 2000).

Los factores ambientales que más influyen sobre la incidencia de la deficiencia de calcio son altas temperaturas durante los días soleados, vientos secos y cálidos, alta humedad relativa, baja temperatura en el medio de crecimiento (Papadopoulos, 2000) y altos niveles de otros cationes como potasio, magnesio, sodio y amonio, los cuales tienen un efecto antagónico en la absorción de calcio (Papadopoulos, 2000; Marschner, 1986).

El calcio es un elemento relativamente inmóvil que sigue el flujo de transpiración del agua, por lo tanto no se mueve rápidamente a los órganos con bajas tasas de transpiración, tales como flores, frutos, brotes cubiertos y hojas en rápida expansión. Esto significa que los desórdenes por falta de calcio tienden a ocurrir en órganos que transpiran poco y en las puntas de las hojas (Papadopoulos, 2000).

El objetivo del presente trabajo fue comparar y evaluar el efecto del calcio y cobalto en soluciones preservantes sobre la fisiología postcosecha en cultivares Star Gazer y Star Fighter de *Lilium*, así como el efecto de estos elementos sobre las variables morfofisiológicas que determinan la vida de florero.

4.5 MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en Chapingo, Estado de México, en el laboratorio de anatomía de frutales del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo; las condiciones ambientales dentro del laboratorio fueron: humedad relativa media 45 %, máxima 60% y mínima 26 %; temperatura media diaria 25 °C, mínima 20 °C y máxima 32 °C, Las unidades experimentales fueron expuestas a un fotoperiodo de 12/12 luz/obscuridad con una radiación de $0.30 \mu \text{ moles m}^{-2} \text{ seg}^{-1}$. Estos parámetros fueron tomados cada dos horas con un registrador de datos Hobo modelo onset.

Se utilizaron tallos de *Lilium* híbrido oriental cv. Star Gazer y cv. Star Fighter en estado anterior a la apertura floral, los cuales se adquirieron en invernaderos de San Diego, Texcoco, Estado de México. Los tallos florales se transportaron en seco al laboratorio donde se hidrataron durante 4 h. Se cortaron a una longitud de 80 cm y se les realizó un corte tangencial, se eliminó el follaje inferior para librar el largo de la probeta, de 250 ml, para así dejar las hojas del tallo floral por encima de 32 cm desde la base, los criterios de inclusión fueron; tallos procedentes de bulbos de calibre 14-16, tallos sanos que superaran los 80 cm de longitud, con hojas en buen estado y sin flores abiertas.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar y los tratamientos correspondieron a un arreglo factorial 2x4, donde el primer factor correspondió a cultivares y el segundo a concentraciones de calcio/cobalto 0.0/0.0, 0.5/ 0.1, 1.0/0.1, y 2.0/0.1 mM, lo cual generó 8 tratamientos. Se usaron 10 repeticiones por tratamiento. Todas las soluciones se prepararon con sacarosa 4 % en agua destilada y se ajustaron a un pH de 3.5 con ácido cítrico. La unidad experimental consistió en un tallo de *Lilium*

introducido en una probeta de 250 ml con un volumen de solución inicial de 170 ml con los tratamientos mencionados anteriormente ajustando el volumen cada tercer día con la solución de sacarosa al 4 % ajustada a pH de 3.5. El análisis de varianza se realizó mediante el paquete estadístico SAS®. Para comparar las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey.

El consumo de solución se midió diariamente por diferencia de volumen en la solución de cada probeta, se sacó la flor, se tomó la lectura y se devolvió a la solución. El cambio de peso fresco del tallo floral se registró diariamente en una balanza digital (0.1 g de precisión marca ohaus modelo scaut). La longevidad floral se evaluó mediante escala hedónica asignándole el cero al estado anterior a la apertura de la flor; uno a la flor abierta en estado ornamental óptimo; dos a la aparición de bordes marchitos o deshidratados en los pétalos de la flor abierta. Se registró sobre todo el número de días en que se mantuvo el estado uno. Se midió el color verde de las hojas en unidades SPAD con el medidor Minolta Spad 502, siempre las mismas hojas (cinco por tratamiento) en la zona apical cercana a la estructura floral; estas mediciones se realizaron diariamente, hasta que las hojas presentaron un color amarillento como síntoma de senescencia.

Al final del experimento, hojas y flores se secaron por 72 h en estufa con aire circulante a 70 °C, la materia seca se molió en molino (Thomas Wiley Mill Modelo Ed-5), con malla del número 40. Se pesaron 0.5 gramos, tanto de hojas como de flores. Se realizó una digestión húmeda con 4 ml de una mezcla de ácido sulfúrico y ácido perclórico en una proporción de 2:1 y 2 ml de peróxido de hidrógeno. Se determinaron las concentraciones de Co, K, Ca, Mg y Fe en mg kg de materia seca, mediante un

espectrofotómetro de emisión atómica de plasma por inducción acoplada ICP-AES de Varian. También se midió la concentración de nitrógeno por el método de microkjeldahl (Alcántar y Sandoval, 1999).

Se evaluaron la respiración y el etileno por el método estático en el cual el tallo floral se colocó dentro de una cámara hermética de volumen conocido por una hora, se tomaron 7 ml de aire, los cuales se almacenaron en vacutainers de 7 ml y se mantuvieron en refrigeración hasta su evaluación. La cual consistió en tomar un mililitro de la mezcla de gases, el que se inyectó en un cromatógrafo de gases marca Varian modelo 3400 con una columna capilar de 27.5 cm de largo, 0.32 mm de diámetro interno y 0.45 mm de diámetro externo y 10 mm de grosor de película tipo abierto con capa porosa de silica fundida con base estacionaria de Porapak tipo Q, la temperatura de la columna fue de 80°C, del detector de conductividad térmica para CO₂ y de ionización de flama para etileno, de 170°C y del inyector 150°C, como estándar se utilizó etileno (INFRA) 103 mg L⁻¹ y CO₂ (INFRA) 399 mg L⁻¹. El gas de arrastre fue helio con un flujo de 32.3 ml·min⁻¹.

Se determinó la actividad de la peroxidasa (EC 1.11.1.7) en 1.0 g de tejido fresco de hoja o flor, se le agregaron 3 ml de solución buffer con polivinilpirrolidona (PVP), se maceró con nitrógeno líquido, la muestra se centrifugó a 10,000 x g a una temperatura de 0 a 4 °C, posteriormente la muestra se dejó reposar para que alcanzara la temperatura ambiente y se tomó la muestra del sobrenadante, para leer a 470 nm en el espectrofotómetro durante 2 minutos. El espectrofotómetro Genesys 10 uv, se calibró con buffer, y las cantidades para la lectura fueron: 2.6 ml de buffer, 100 µl de H₂O₂ al 0.25 % y 250 µl de guayacol 0.1 M, con 100 µl de muestra, a la cual también se le

cuantificó el contenido de proteína soluble por el método de Bradford (Pressey, 1990; Bradford, 1976). La transpiración, fue medida cada tres días durante la vida postcosecha de los tallos de ambos cultivares en las hojas superiores al medio día, con un porómetro marca LI-COR 1600.

4.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.6.1 Consumo de solución preservante

En este trabajo se utilizaron soluciones que contenían calcio y cobalto como elementos que favorecen la hidratación. El análisis estadístico mostró diferencias en el consumo entre cultivares del día uno al once y las diferencias entre concentraciones se observaron después del día cinco hasta el final del experimento. La interacción presentó diferencias apartir del día diez (Cuadro 1). Los cultivares mostraron un comportamiento diferente en cuanto al consumo de solución preservadora (Figura 1 Cuadro 1). Mientras que el cv. Star Fighter no presentó diferencias estadísticas en consumo de solución, el cv. Star Gazer presentó diferencias estadísticas a partir del día seis, los consumos del tratamiento testigo fueron más bajos en relación a los tratamientos que incluyeron calcio y cobalto (Figura 1). El análisis estadístico mostró diferencias en los tratamientos que incluyeron al calcio y cobalto como los más eficientes en el consumo de solución con relación al tratamiento sin calcio y sin cobalto en el cv. Star Gazer, no así para el cv Star Fighter.

El mantenimiento del equilibrio hídrico es un objetivo fundamental de manejo de la flor cortada ya que la proporción de captación de agua depende de la conductancia hidráulica en el tallo (van Meeteren y Van Gelder 1999). Adicionalmente el contenido de agua es determinante para la longevidad en postcosecha de las flores de corte. Los síntomas más comunes de desequilibrio en el estatus de agua son el marchitamiento, apertura incompleta de la flor entre otras (Halevy y Mayak, 1981).

La vida de florero de *Lilium* es a menudo corta, algunas veces provocada por el marchitamiento. Esta última condición puede ser causada por la oclusión vascular que inhibe el suministro de agua a la flor en las fases de apertura. La presencia de oclusión vascular puede ser provocada por varios factores entre los que se consideran el crecimiento bacteriano y la embolia aérea (Van Doorn 1997). Para superar este problema se propone la inclusión de algún agente antimicrobiano en las soluciones (Van Doorn, 1997; Paulin 1997). El cobalto puede cubrir esta función, ya que como lo reportó Reddy (1988), ejerce una acción antimicrobiana en flores cortadas de *Rosa hybrida*. En este trabajo ambos cultivares de *Lilium* evaluados presentaron un incremento en el consumo en los tratamientos con cobalto y calcio. Lo anterior es referido por Van leperen y Van Gelder (2006) quienes observaron que el uso de calcio en las soluciones de florero incrementó el flujo hídrico en los tallos de flores de corte, que al estar involucrado con las pectinas de las paredes celulares del xilema, induce una retracción de éstas y por tanto un incremento de los diámetros de los haces vasculares, y un mayor flujo de solución, lo cual pudo reflejarse en una mayor hidratación de las flores de corte durante la vida en florero.

Para mejorar la calidad de las flores cortadas se han realizado investigaciones sobre el flujo hídrico, como las de Reddy (1988) y más recientemente Van Ieperen y Van Gelder (2006), quienes consideran el bloqueo del xilema como la mayor causa de déficit hídrico y marchitamiento de la flor de corte. En este trabajo la presencia simultánea de cobalto y calcio en las soluciones preservantes favorecieron significativamente ($\alpha \leq 0.05$) el flujo de solución a través del xilema en los tallos florales del cv Star Gazer en relación al tratamiento sin calcio y sin cobalto, pero no en el cv Star Fighter (Figura 1). Van Ieperen *et al.* (2000) reportaron que la presencia de iones en las soluciones generan un incremento en la conductancia hidráulica con respecto al agua deionizada, cuando se utilizaron cationes divalentes como Mg^{2+} y Ca^{2+} , el flujo es mayor en comparación con los iones monovalentes como el K^+ y Na^+ . Lo anterior se explica porque los cationes divalentes se asocian y neutralizan las cargas negativas de las pectinas, las cuales son el componente más abundante de la pared celular de los conductos xilemáticos que disminuyen la resistencia al flujo.

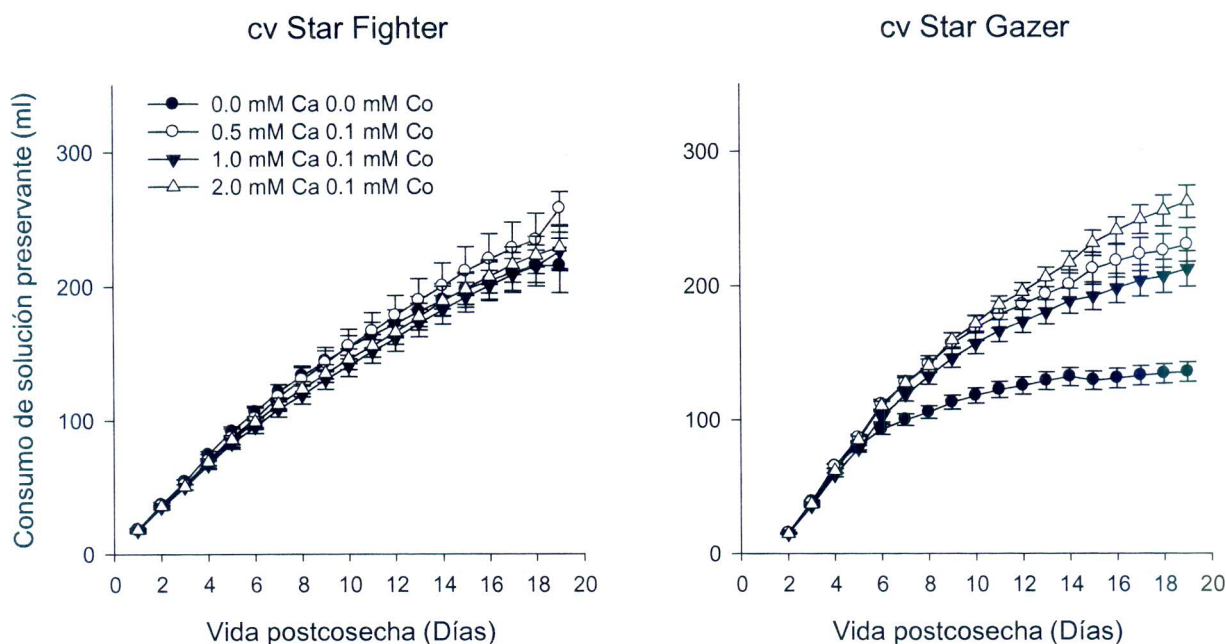


FIGURA 1. Consumo de solución preservante durante la vida postcosecha de *Lilium* cv Star Figther y cv Star Gazer. Cada punto representa el promedio de 10 repeticiones $\pm$ error estándar.

CUADRO 1. Consumo acumulado de solución por tallos florales de dos cultivares de *Lilium* tratados con concentraciones de calcio y cobalto. Valores promedio de 10 repeticiones.

Factor/Nivel	Días				
	1	5	10	15	20
Consumo promedio acumulado de solución preservante (ml)					
Concentración (Conc)					
0.0 mM Ca 0.0 mM Co	17.50 a ^z	78.10 a	128.60 b	158.70 b	179.13 b
0.5 mM Ca 0.1 mM Co	17.50 a	80.20 a	158.45 a	206.55 a	247.06 a
1.0 mM Ca 0.1 mM Co	16.60 a	73.70 a	145.10 ab	189.30 a	231.76 a
2.0 mM Ca 0.1 mM Co	16.80 a	79.00 a	155.50 a	210.40 a	256.22 a
DMS	1.8285	8.1842	21.753	30.128	38.132
Cultivar (C)					
S. Gazer	15.75 b	85.35 a	155.92 a	192.625 a	220.90 b
S. Fighter	18.45 a	70.15 b	137.90 b	189.850 a	241.67 a
DMS	0.98	4.3865	11.659	16.148	20.565
CV (%)	12.86	12.66	17.80	18.94	18.42
Conc x C	0.8327 ^{NS}	0.1370 ^{NS}	0.0003*	0.0004*	0.0019*

^zMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$.

^{NS}: No significativo y significativo con $P \leq 0.05$.

DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación

Los procesos metabólicos de la vida postcosecha; como la degradación de carbohidratos, la hidratación de la flor, la actividad fotosintética entre otros, sólo se pueden realizar si la estabilidad e integridad celular se mantiene después del corte de la flor. El peso fresco representa una variable que permite evaluar el estado de hidratación de los tallos florales durante la vida postcosecha. Amirí *et al* (2009) reportaron que el peso fresco está relacionado con el consumo de solución preservante.

En este trabajo la presencia de cobalto y calcio en las soluciones, favorecieron un aumento en el peso fresco de los tallos florales de *Lilium* con diferencias significativas en los tratamientos de 0.1 mM de cobalto, adicionado con 1.0 y 2.0 mM de calcio, después del día 15. Para cultivares se registraron diferencias significativas desde el inicio del experimento, el descenso mayor fue en el cv Star Gazer en relación al cv Star Fighter (Cuadro 2). No obstante, en los registros de peso durante la vida postcosecha se encontraron valores más bajos en el testigo en la fase final del experimento para ambos cultivares (Figura 2). Ahora bien, para el cultivar Star Gazer las diferencias se hacen evidentes en relación al testigo a partir del día seis de la vida postcosecha, observándose un descenso mayor en el peso fresco del tratamiento testigo, mientras que los que incluyeron al cobalto y calcio en la solución presentaron el peso por encima del tratamiento sin calcio y sin cobalto (Figura 2). Estas observaciones coinciden con lo encontrado por Juárez *et al* (2008) para rosa cv Black Magic tratada con Chrysal RVB®. Kumar *et al* (2008) reportaron que el peso fresco de pétalos de rosa cv Better Times, se incrementó hasta que la flor se encontró totalmente abierta.

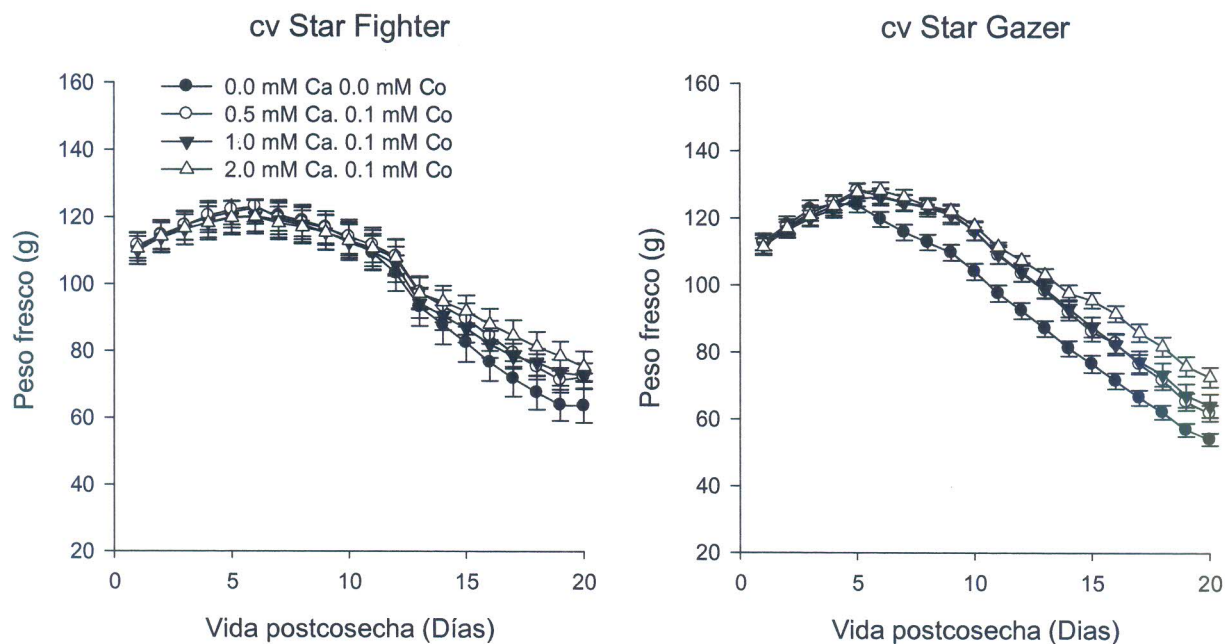


FIGURA 2. Cambio de peso durante la vida postcosecha de *Lilium* cv. Star Fighter y cv Star Gazer. Cada punto representa el promedio de 10 repeticiones $\pm$ error estándar.

CUADRO 2. Peso fresco de los tallos florales de dos cultivares de *Lilium* tratados con concentraciones de calcio y cobalto. Valores promedio de 10 repeticiones.

Factor/Nivel	Días				
	1	5	10	15	20
Peso fresco promedio (g)					
Concentración (Conc)					
0.0 mM Ca 0.0 mM Co	110.69 a ^z	120.42 a	106.75 a	80.49 b	58.70 b
0.5 mM Ca 0.1 mM Co	110.48 a	122.53 a	112.44 a	88.63 ab	66.67 ab
1.0 mM Ca 0.1 mM Co	110.21 a	121.28 a	111.03 a	87.45 ab	68.31 a
2.0 mM Ca 0.1 mM Co	110.29 a	122.59 a	112.82 a	93.67 a	73.62 a
DMS	7.504	8.339	9.795	10.43	8.8278
Cultivar (C)					
S. Gazer	117.88 a	131.30 a	115.47 a	87.41 a	63.57 b
S. Fighter	102.97 b	112.11 b	106.05 b	87.71 a	71.36 a
DMS	4.0222	4.4695	5.2502	5.5895	4.7534
CV (%)	8.17	8.24	10.63	14.32	14.96
Conc x C	0.9824 ^{NS}	0.7800 ^{NS}	0.1496 ^{NS}	0.7876 ^{NS}	0.7798 ^{NS}

^zMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

^{NS}: No significativo.

DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación

4.6.3 Longevidad floral

Los tratamientos que incluyeron al cobalto y calcio en las soluciones preservantes incrementaron el tiempo de vida postcosecha (Figura 3). Sin embargo, el análisis estadístico por día mostró que las flores que alcanzaron su estado ornamental los primeros días de la vida postcosecha presentaron menos tiempo de vida en florero, mientras, que las tratadas con solución preservante adicionada con cobalto y calcio, que abrieron al final presentaron mayor tiempo de vida en florero (Cuadro 3). Cuando se comparó la eficiencia de los tratamientos, la combinación 0.1 mM de cobalto + 0.5 mM de calcio, fue la mejor para ambos cultivares, con 5.86 y 5.94 días en estado ornamental para el cv Star Gazer y Star Fighter, mientras que los testigos presentaron 4.88 y 5.12 respectivamente (Figura 3). El origen de muchos de los métodos actuales para incrementar la longevidad de flores cortadas fue empírica, tales como el uso de aspirina, azúcares e incluso la moneda de cobre vieja, de manera mas sistemática el tiosulfato de plata (STS) y actualmente el 1-MCP, todos buscan incrementar la vida de florero, los dos últimos pueden inhibir los efectos del etileno, con la ventaja de que el 1-MCP, es seguro para el medioambiente. Sin embargo, en rosa el pre-tratamiento de STS tiene una eficacia mayor que 1-MCP (Chamoni *et al.*, 2005). La plata es un elemento dañino para el ambiente. Por estos motivos es importante explorar el uso de otros elementos como el calcio, el cual incrementa la vida postcosecha cuando es aplicado en pulsos de 16 horas a tallos de *Antirrhinum majus* L. cv Athlete Red (Fukai y Uehara, 2006). En menor medida se puede utilizar también el cobalto, ya que presenta los mismos problemas que la plata al ser nocivo para el medio ambiente.

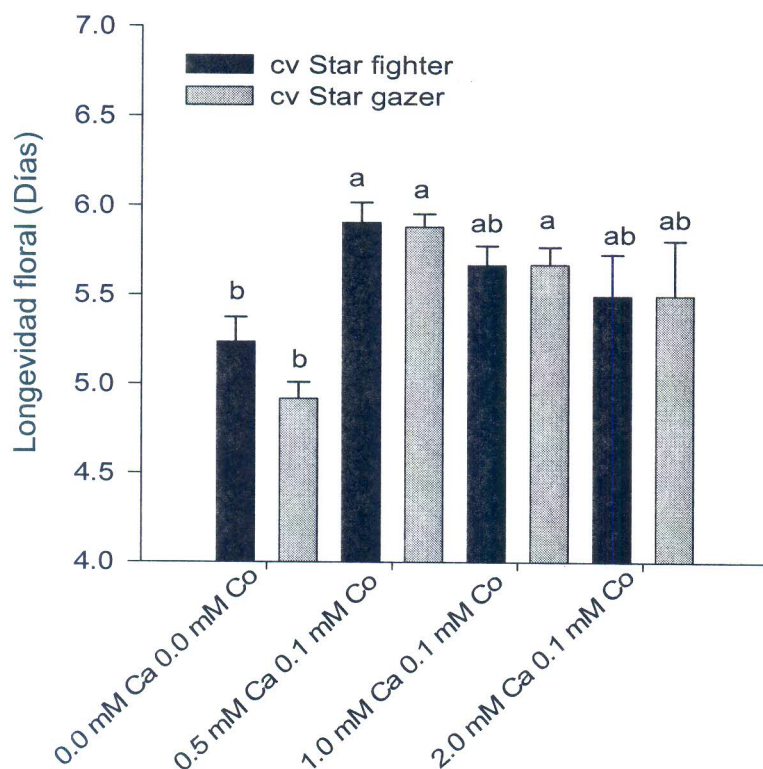


FIGURA 3. Longevidad floral, durante la vida postcosecha de *Lilium* cv. Star Fighter y cv. Star Gazer. Cada barra representa el promedio de 10 repeticiones $\pm$ error estándar. Valores con la misma letra dentro de cada serie son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$.

CUADRO 3. Longevidad de flores en los tallos de dos cultivares de *Lilium* tratados con concentraciones de calcio y cobalto.

Factor/Nivel	Días en postcosecha						
	4	5	8	10	12	14	16
Longevidad floral (Días)							
Concentración (Conc)							
0.0 mM Ca 0.0 mM Co	4.45 a	4.66 ab	5.11 ab	4.80 b	5.25 b	6.00 b	5.75 b
0.5 mM Ca 0.1 mM Co	4.38 a	5.55 a	5.60 a	6.14 a	6.89 a	6.75 ab	6.50 ab
1.0 mM Ca 0.1 mM Co	4.56 a	5.00 ab	5.43 ab	6.00 a	6.43 a	7.50 a	6.67 a
2.0 mM Ca 0.1 mM Co	4.27 a	4.25 b	4.60 b	5.78 ab	6.58 a	7.15 a	6.65 a
DMS	1.04	1.18	0.87	1.09	1.06	1.13	0.9
Cultivar (C)							
S. Gazer	4.35 a	5.00 a	5.08 a	5.69 a	6.31 a	7.00 a	6.40 a
S. Fighter	4.45 a	5.22 a	5.31 a	5.50 a	6.35 a	6.44 b	6.80 a
DMS	0.55	0.57	0.45	0.56	0.56	0.53	0.48
CV (%)	19.02	13.21	10.41	13.39	12.76	7.44	5.85
Conc x C	0.0048*	0.0949 ^{NS}	0.2265 ^{NS}	0.6661 ^{NS}	0.2662 ^{NS}	0.0863 ^{NS}	0.0385*

^zMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.
^{NS}; No significativo y significativo con $P \leq 0.05$.

DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación

4.6.3 Medición de unidades SPAD en hojas

Esta variable presentó diferencias significativas sólo entre cultivares (Cuadro 4). Aunque, los días cuatro y cinco se observó un incremento en los tratamientos que incluyeron al calcio en 1.0 y 2.0 mM. Sin embargo, durante la vida postcosecha los valores más altos de unidades SPAD con diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) fueron observados en el cv Star Gazer (Figura 4 y Cuadro 4). Este último presentó un valor de 28 unidades SPAD al final de la vida postcosecha, mientras que el cv Star Fighter la lectura fue de 11 unidades SPAD (Cuadro 4). Por lo que se puede establecer que el color verde del follaje en unidades SPAD fue mayor, por lo que el cv Star Gazer resultó el menos susceptible al amarillamiento del follaje. Este es un síntoma recurrente para muchos cultivares de *Lilium* tipo oriental durante la vida postcosecha. Para disminuir el amarillamiento en postcosecha Nell y Reid (2000) recomiendan pulsos de citocininas o giberelinas. Sin embargo, la incorporación de calcio y cobalto en las soluciones preservantes muestra una tendencia a mantener la clorofila del follaje más tiempo y con esto favorece su estado ornamental y por tanto su vida postcosecha (Figura 4). Aunque, la determinación del color en hojas, puede ser un reflejo de la concentración de clorofila en tejidos vegetales, es útil para estimar el estado de senescencia (Quesada y Valpuesta 2008), las lecturas en unidades SPAD, pueden presentar alteraciones en las mediciones por deficiencias de nutrimentos como; nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en hojas (Porro *et al.*, 2001; Rodríguez *et al.*, 1998).

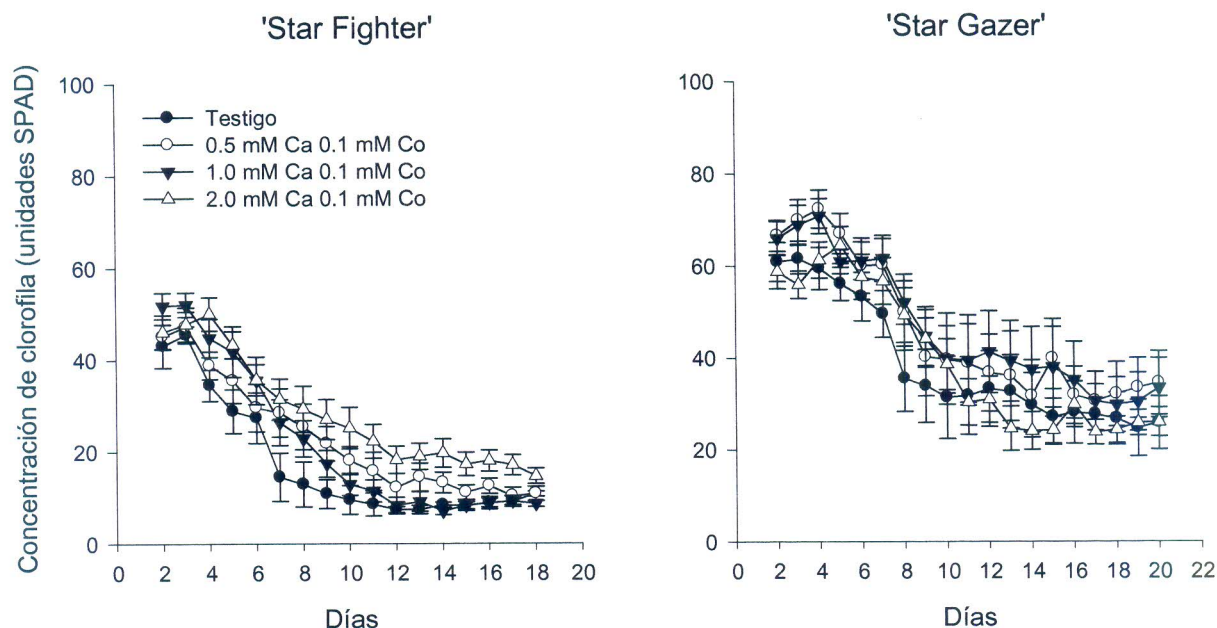


FIGURA 4. Contenido foliar de clorofila durante la vida postcosecha de *Lilium* cv. Star Fighter y cv. Star Gazer. Cada barra representa el promedio de 8 repeticiones $\pm$ error estándar.

CUADRO 4. Unidades SPAD en hojas de dos cultivares de *Lilium* tratados con concentraciones de calcio y cobalto. Valores promedio de 5 repeticiones.

Factor/Nivel	Días de vida postcosecha							
	2	4	5	6	8	11	14	18
Concentración de clorofila foliar (Unidades SPAD)								
Concentración (Conc)								
0.0 mM Ca 0.0 mM Co	52.02 a	47.02 b	42.51 b	40.42 a	24.23 a	20.18 a	19.07 a	18.82 a
0.5 mM Ca 0.1 mM Co	55.89 a	55.61 ab	51.29 ab	44.87 a	37.72 a	27.31 a	22.48 a	21.46 a
1.0 mM Ca 0.1 mM Co	58.92 a	57.86 a	51.43 ab	48.36 a	37.49 a	25.50 a	22.28 a	19.22 a
2.0 mM Ca 0.1 mM Co	52.47 a	55.71 ab	53.97 a	46.69 a	39.34 a	26.34 a	21.91 a	19.52 a
DMS	9.71	10.242	11.13	13.26	15.28		14.18	10.69
Cultivar (C)								
S. Gazer	63.08 a	65.99 a	62.17 a	58.04 a	46.68 a	35.11 a	30.71 a	28.23 a
S. Fighter	46.57 b	42.10 b	37.44 b	32.13 b	22.71 b	14.56 b	12.13 b	11.28 b
DMS	5.19	5.4793	5.95	7.10	8.17	8.81	7.59	5.7213
CV (%)	18.92	20.24	23.87	31.43	47.04	70.82	70.67	57.81
Conc x C	0.6359 ^{NS}	0.0443 [*]	0.4446 ^{NS}	0.8670 ^{NS}	0.8809 ^{NS}	0.4146 ^{NS}	0.1208 ^{NS}	0.4327 ^{NS}

^{*}Medias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

^{NS}: No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$, respectivamente.

DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

4.6.4 Concentración nutrimental

La concentración de nitrógeno disminuyó con el uso de soluciones con cobalto y calcio tanto en flores como en hojas de ambos cultivares (Figura 5). Las diferencias estadísticas significativas se observaron entre cultivares y la concentración sólo mostró diferencias en hojas (Cuadro 5) para el cv Star Gazer (Figura 5). El nitrógeno en las plantas varía con las especies y con los cultivares dentro de las especies. La concentración de nitrógeno total en arboles ornamentales pueden ser de 1.5 % N en las hojas maduras y para flores de corte se reportan < 3 % (Barker y Gretchen, 2007). En las fases tempranas de crecimiento, las concentraciones serán más altas, y durante la madurez tanto en hojas como en flores, las concentraciones de nitrógeno descienden. La movilización de nitrógeno de las hojas viejas a los meristemos, hojas jóvenes, y brotes, provocan una disminución en la concentración de nitrógeno en las hojas maduras de la planta (Quesada y Valpuesta, 2008). Esta condición fue probablemente la razón por la que se encontró una mayor concentración en flores de ambos cultivares (Cuadro 5 y Figura 5). Una porción importante del nitrógeno celular, se encuentra en los cloroplastos (Barker y Gretchen, 2007), por lo que se espera que durante la senescencia foliar se degraden estos organelos y liberen el nitrógeno, lo que genera cambios en el metabolismo y la estructura celular. Lo anterior induce el síndrome de senescencia, caracterizado por la degradación de proteínas, modificación del retículo endoplásmico, fragmentación de membranas y pérdida de la integridad celular (Barker y Gretchen, 2007; Quesada y Valpuesta, 2008).

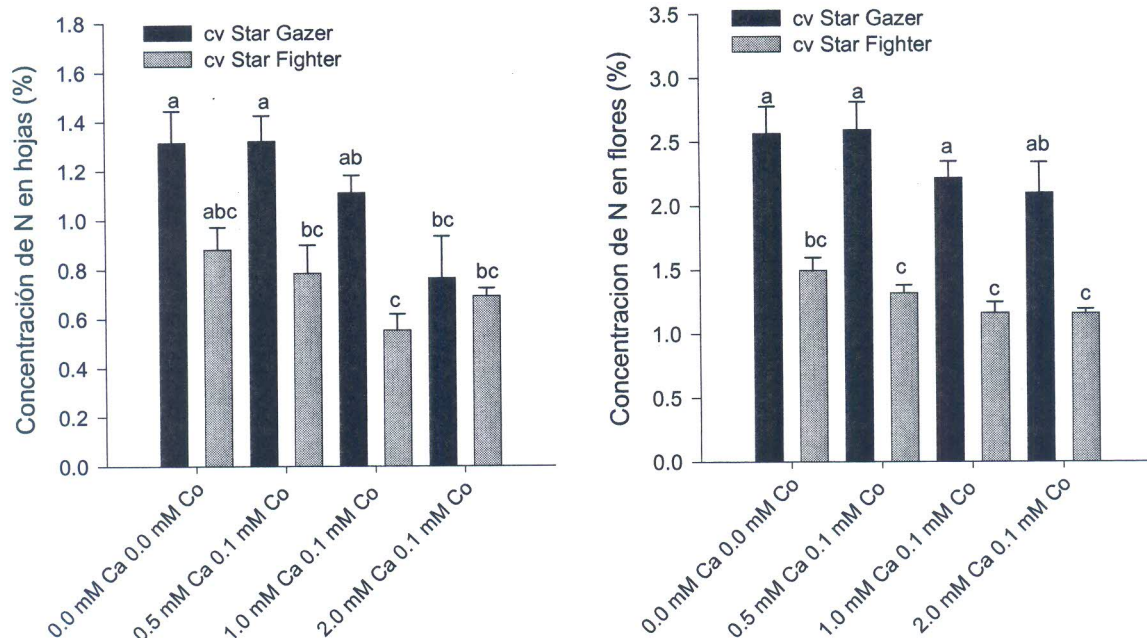


FIGURA 5. Contenido de nitrógeno en Hojas y Flores de *Lilium* cv. Star Fighter y cv Star Gazer evaluado al término de la vida postcosecha. Cada barra representa el promedio de cinco repeticiones $\pm$ error estándar. Valores con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$.

CUADRO 5. Concentración de nitrógeno en hojas y flores de dos cultivares de *Lilium* tratados con concentraciones de calcio y cobalto. Valores promedio de 5 repeticiones.

Factor/Nivel	Contenido de nitrógeno	
	Hojas N (%)	Flores N (%)
Concentración (Conc)		
0.0 mM Ca 0.0 mM Co	1.097 a ^z	2.0315 a
0.5 mM Ca 0.1 mM Co	1.053 a	1.9571 a
1.0 mM Ca 0.1 mM Co	0.832 ab	1.6896 a
2.0 mM Ca 0.1 mM Co	0.728 b	1.6286 a
DMS	0.2834	0.4148
Cultivar (C)		
S. Gazer	1.128 a	2.3684 a
S. Fighter	0.727 b	1.2850 b
DMS	0.1507	0.2205
CV (%)	25.22	18.74
Conc x C	0.0972 ^{NS}	0.7477 ^{NS}

^zMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

^{NS}: No significativo.

DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

La concentración de iones en el tejido después de su vida postcosecha mostró un incremento significativo del cobalto en hojas y flores para ambos cultivares (Figuras 6 Co y 7 Co, Cuadros 6 y 7). También, se encontró este elemento en mayor concentración en la flor para ambos cultivares (Cuadro 7). Lo que nos indicó una alta movilidad del cobalto hacia las estructuras florales. Por otra parte la interacción resultó significativa, es decir, los niveles de concentración de calcio mas cobalto no siguen la misma tendencia en cada cultivar (Cuadros 6 y 7).

El calcio fue incorporado de manera creciente en la solución preservante, pero éste no mostró diferencias en las concentraciones foliares entre tratamientos con niveles diferentes de calcio y en la interacción, aunque, si entre cultivares (Cuadro 6 y Figura 6 Ca). En flores, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos y en la interacción (Cuadro 7 y Figura 7 Ca), por lo que los niveles de calcio en la solución preservante de 1.0 y 2.0 mM de calcio adicionados con 0.1 mM de cobalto, no presentó las mismas concentraciones de este elemento en las flores (Cuadro 7).

En hojas las concentraciones de hierro, potasio y magnesio no presentaron diferencias significativas entre tratamientos que incluyeron cobalto y calcio en la solución preservante, pero si entre cultivares, donde destaca el cv Star Gazer con los valores más altos (Cuadro 6) y sólo el potasio mostró diferencias significativas, por lo que los niveles de cultivar no siguen la misma tendencia en cada nivel de calcio y cobalto en la solución preservante (Figura 6 Fe, K, Mg y Cuadro 6).

Las concentraciones de los iones; hierro, potasio y magnesio en flores mostraron diferencias significativas entre los niveles de concentraciones de calcio y cobalto así como, entre cultivares. Aunque, también se obtuvieron diferencias significativas en la

interacción, los efectos principales mostraron que los tratamientos que incluyeron al calcio y cobalto en las soluciones preservantes presentaron valores significativamente diferentes con respecto al tratamiento sin calcio y sin cobalto (Cuadros 7 y Figura 7 Fe, K, Mg).

La concentración de potasio fue más alta en la flor con respecto a las hojas en ambos cultivares, tal vez porque este elemento está asociado con cambios en turgencia celular, los cuales son necesarios en la expansión de la estructura floral (Marschner, 2003; Núñez, 2007; Barker y Gretchen, 2007). Sin embargo, los tratamientos que involucraron al calcio y cobalto en las soluciones muestran una tendencia a disminuir la concentración de potasio, observándose el valor más bajo en el tratamiento que incluyó 2.0 mM de calcio adicionado con 0.1 mM de cobalto. Esto tal vez está asociado al antagonismo entre potasio y calcio (Núñez, 2007) y en el caso del cv Star Gazer, este comportamiento se observó tanto en hojas como en flor (Figuras 6 K y 7 K).

La concentración creciente de calcio, lo cual sólo se reflejó en las flores del cultivar Star Fighter (Figura 7 Ca), donde se encontraron diferencias significativas en los tallos florales tratados con 1.0 y 2.0 mM. Esta dinámica del calcio se puede atribuir a su mecanismo de transporte en xilema, el cual está basado en la capacidad transpiratoria de los órganos. Como se discutirá más adelante, presentó una mayor transpiración en el cv Star Fighter, lo que puede estar relacionado con una mayor incorporación de calcio (Pilbeam y Morley 2007).

Pardha y Mohan (1989), asociaron el uso de cobalto en solución al incremento de vida poscosecha para crisantemo, efecto que también fue observado por Murali y Reddy (1993) en gladiola. Estas tendencias se confirman en el presente trabajo donde se

encontró buena respuesta de la vida postcosecha en las concentraciones de 0.5 y 1.0 mM de calcio asociado con 0.1 mM de cobalto (Cuadro 3). Por otra parte, se reporta que el cobalto induce clorosis foliar en la planta completa debido a una disminución en la asimilación de hierro. No obstante, la clorosis observada en el cultivar Star Fighter pudo ser provocada por la ausencia de hierro en la solución. Aunque, para flores en el cultivar Star Fighter se encontraron diferencias con valores más bajos en los tratamientos con 1.0 y 2.0 mM de calcio y 0.1 de cobalto (Figura 7). Palit y Sharma (1994) establecen que el cobalto induce deficiencias de potasio y una disminución en la absorción de hierro. En este trabajo se observó una probable disminución en la retranslocación de estos elementos desde las hojas hacia las flores para ambos cultivares (Cuadro 7) y una probable relación de antagonismo entre potasio y calcio durante la trasnslocación hacia las flores.

Talukder y Sharma (2006) establecieron que el cobalto induce deficiencias de potasio, calcio y magnesio. En este trabajo la presencia de cobalto y calcio en las soluciones preservantes, probablemente afectaron la movilidad del magnesio hacia las flores, pero sólo se observaron diferencias significativas entre el tratamiento sin ambos elementos y los tratamientos que incluyeron al calcio en concentraciones de 1.0 y 2.0 mM, adicionados con 0.1 mM de cobalto, registro los valores más bajos (Figura 7Mg, Cuadro 7). En relación al calcio Gerasopoulos y Chebli (1999) trabajaron con CaCl_2 en soluciones postcosecha y reportan un incremento en la vida de florero de tallos de gerbera. Torre *et al.*, (1999) encontraron un retraso en la senescencia de pétalos de rosa tratados con calcio, se sugiere al calcio con la protección de proteínas de la membrana y modula la degradación de fosfolípidos, conserva la integridad de la

membrana, reduce la producción de etileno, mantiene el transporte de solutos y la viabilidad de los tejidos.

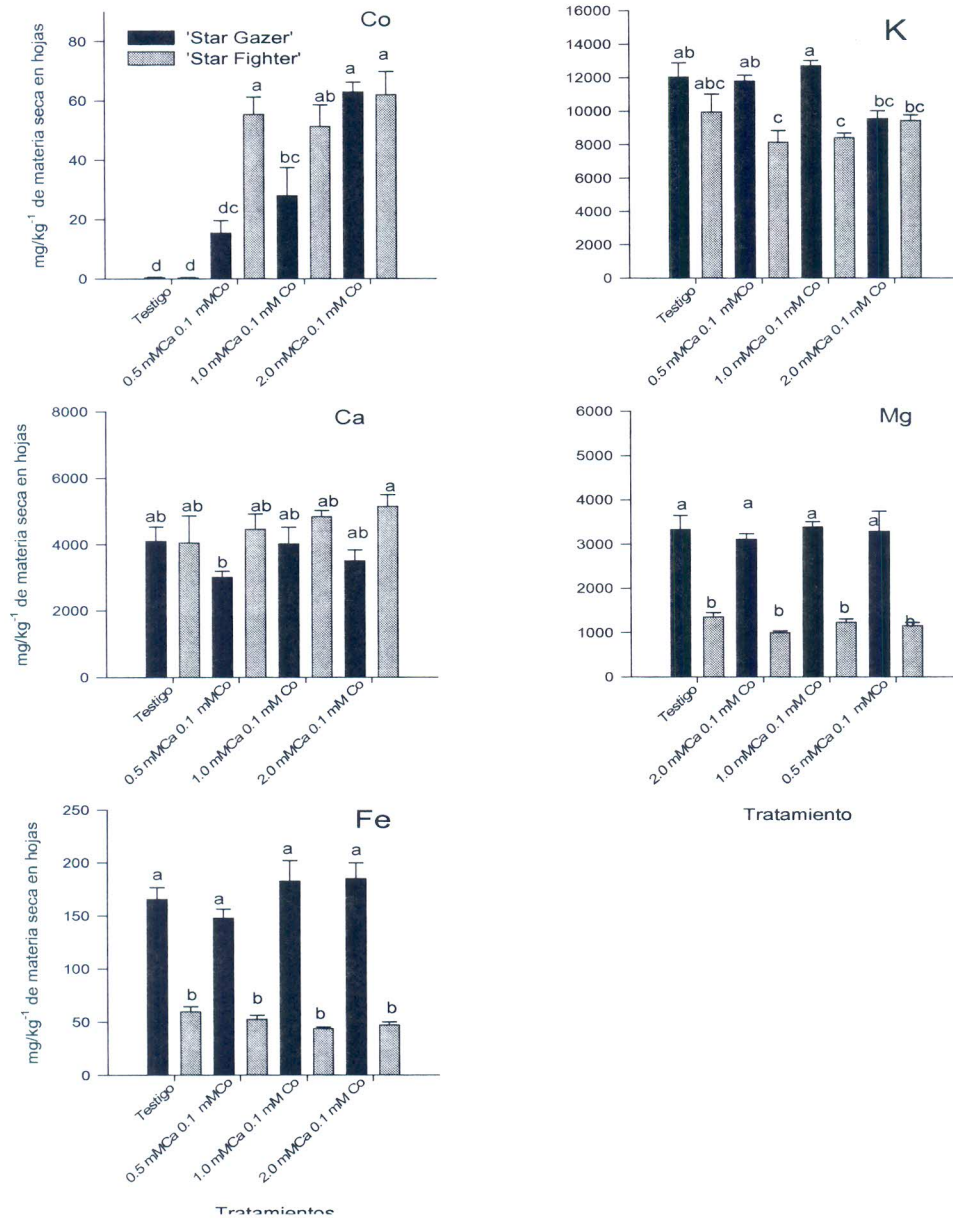


FIGURA 6. Concentración de cobalto (Co.) calcio (Ca) hierro (Fe) potasio (K) y magnesio (Mg.) en hojas de *Lilium* cv Star Fighter y cv Star Gazer al término de la vida postcosecha. Cada barra representa el promedio de 5 repeticiones $\pm$ error estándar. Valores con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

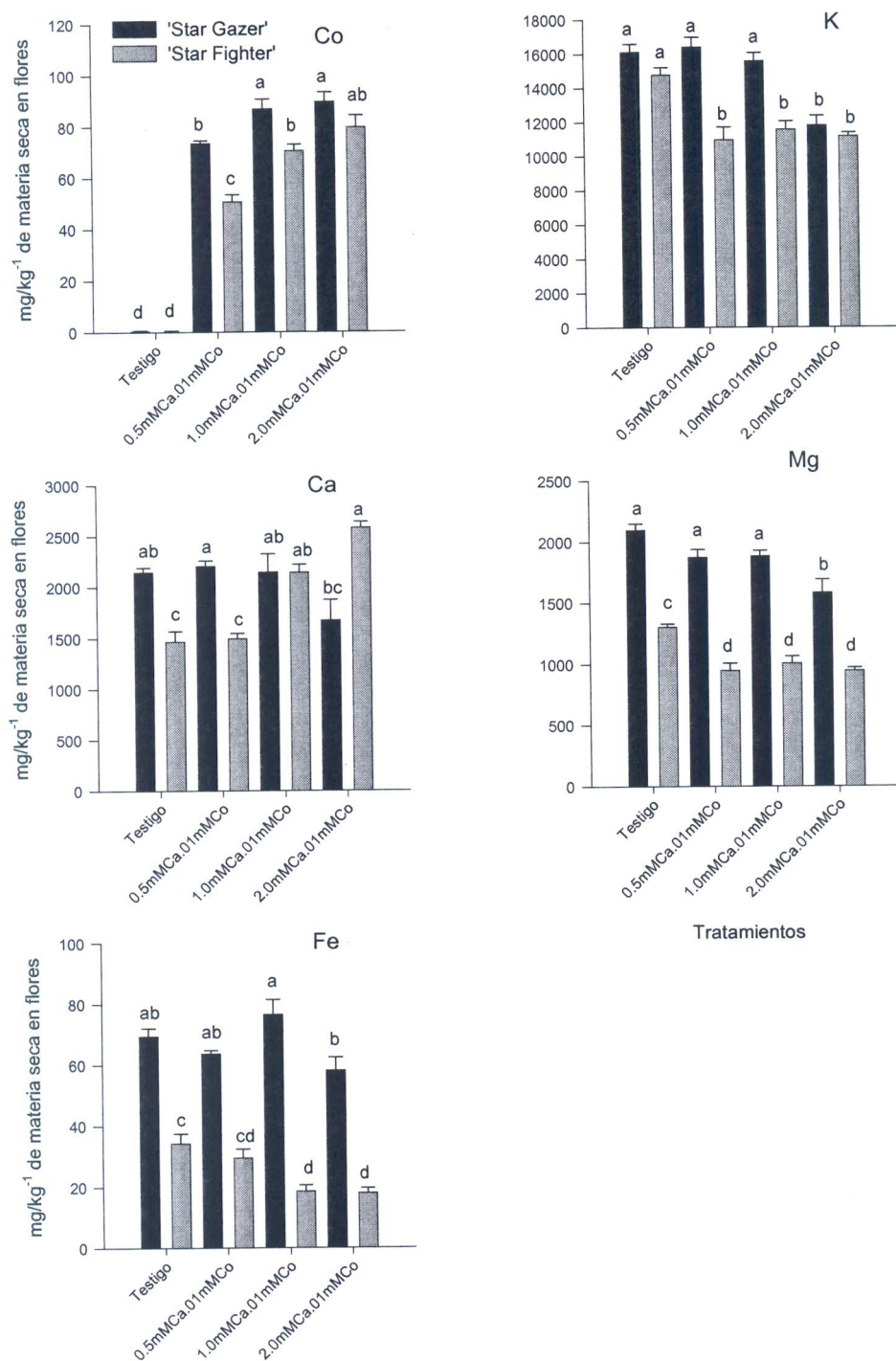


FIGURA 7. Concentración de cobalto (Co.) calcio (Ca.) Hierro (Fe.) potasio (K) y magnesio (Mg.) en flores de *Lilium* cv Star Gazer y Star Fighter al término de la vida postcosecha. Cada barra representa el promedio de 5 repeticiones $\pm$ error estándar. Valores con la misma letra dentro de cada serie son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

CUADRO 6. Concentración de iones en hojas de dos cultivares de *Lilium* tratados con concentraciones de calcio y cobalto. Valores promedio de 5 repeticiones.

Factor/Nivel	Hojas				
	Co	Ca	Fe	K	Mg
	(mg/kg ⁻¹ de materia seca)				
Concentración (Conc)					
0.0 mM Ca 0.0 mM Co	0.393 c ^Z	4074.3 a	112.66 a	10991.4 a	2340.4 a
0.5 mM Ca 0.1 mM Co	35.376 b	3738.1 a	100.42 a	9966.6 a	2221.2 a
1.0 mM Ca 0.1 mM Co	39.673 b	4427.9 a	113.37 a	10546.4 a	2306.3 a
2.0 mM Ca 0.1 mM Co	62.410 a	4326.3 a	116.17 a	9487.8 a	2052.0 a
DMS	15.568	1214.7	27.537	1646.6	572.27
Cultivar (C)	Tukey				
S. Gazer	26.665 b	3660.0 b	170.320 a	11519.3 a	3277.1 a
S. Fighter	42.261 a	4623.3 a	50.985 b	8976.8 b	1182.9 b
DMS	8.2761	645.73	14.639	875.35	304.23
CV (%)	37.28	24.20	20.54	13.26	21.18
Conc x C	0.0025*	0.2447 ^{NS}	0.0867 ^{NS}	0.0078*	0.9738 ^{NS}

^ZMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

^{NS}, * .No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$, respectivamente.

DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

CUADRO 7. Concentración de iones en flores de dos cultivares de *Lilium* tratadas con diferentes concentraciones de calcio y cobalto. Valores promedio de 5 repeticiones.

Factor/Nivel	Flores				
	Co	Ca	Fe	K	Mg
	(mg/kg ⁻¹ de materia seca)				
Concentración (Conc)					
0.0 mM Ca 0.0 mM Co	0.322 c ^Z	1806.4 b	51.859 a	15433.7 a	1699.99 a
0.5 mM Ca 0.1 mM Co	62.072 b	1849.6 ab	46.608 a	13670.1 b	1408.55 bc
1.0 mM Ca 0.1 mM Co	78.701 a	2144.6 a	47.566 a	13562.3 b	1443.63 b
2.0 mM Ca 0.1 mM Co	84.669 a	2124.8 a	38.082 b	11474.8 c	1263.59 c
DMS	7.9012	306.83	8.4087	1430.5	165.01
Cultivar (C)					
S. Gazer	62.639 a	2041.76 a	66.935 a	14962.1 a	1858.21 a
S. Fighter	50.243 b	1920.96 a	25.123 b	12108.3 b	1049.67 b
DMS	4.2004	163.12	4.4702	760.48	87.721
CV (%)	11.55	12.78	15.08	8.72	9.37
Conc x C	0.0040*	0.001*	0.0017*	0.0002*	0.1170 ^{NS}

^ZMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

^{NS}, * .No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$, respectivamente.

DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

4.6.5 Actividad de peroxidasa

La peroxidasa es una enzima que cataliza la oxidación de un amplio número de sustratos orgánicos e inorgánicos, utiliza el poder oxidante del peróxido de hidrógeno.

Además, interviene en la lignificación de la pared celular, la degradación del ácido

indolacético y la biosíntesis de etileno (Gaspar *et al.*, 1982.; Amako *et al* 1994). Los resultados obtenidos en este trabajo no mostraron diferencias significativas en flores, pero si se observaron diferencias en la actividad peroxidasa en hojas de ambos cultivares. Se observó en el cv. Star Gazer el valor más alto (Figura 8, Cuadro 8). El tratamiento con 0.1 mM de cobalto y 1.0 mM de calcio presentó dieferencias significativas con respecto al testigo en el cv. Star Gazer (Figura 8). La presencia de calcio en las soluciones preservantes aunado a la mayor concentración de este elemento en las hojas, probablemente favorecen el incremento en la actividad de estas enzimas en hoja (Figura 8). Se ha confirmado la unión de calcio a dos isoenzimas de la peroxidasa de *Armoracia rusticana*. Por lo que se sugiere que el calcio contribuye a mantener la conformación estructural de la isoperoxidasa C. y se ha confirmado por Gaspar *et al.*, (1982), que la peroxidasa C libre de calcio se reconstituye por la adición de este ión y recupera su actividad.

Los cambios en la actividad de peroxidasa durante la senescencia están asociados al incremento de peróxidos y radicales libres, enzimas antioxidantes y a la síntesis de proteasas (Torres *et al.*,1999). Estos cambios están asociados al incremento en la generaciòn de Especies Reactivas de Oxigeno (EROs), los cuales son promotores de la senescencia. En este trabajo se observó un incremento en la actividad de peroxidasa sólo en hojas del cv Star Gazer, tratados con soluciones preservantes de 1.0 mM de calcio adicionado con 0.1 mM de cobalto.

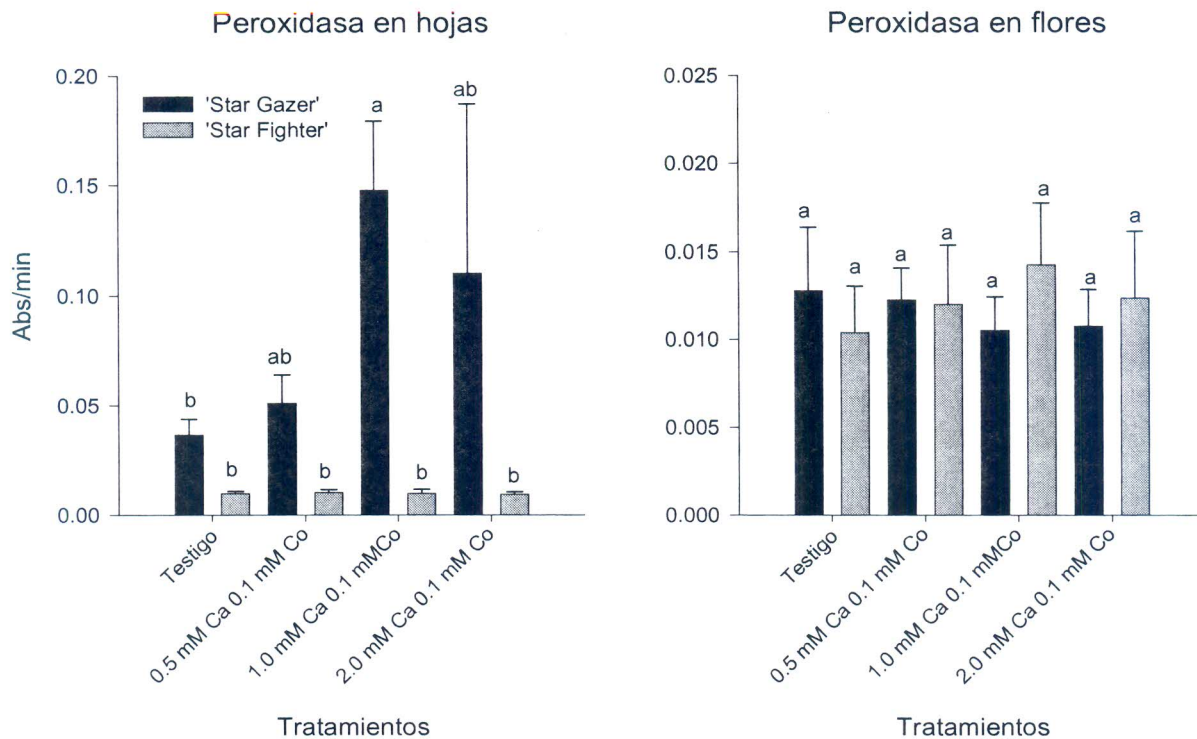


FIGURA 8. Actividad de peroxidasa en flores y hojas de *Lilium* cvs. Star Gazer y Star Fighter. Cada barra representa el promedio de 15 repeticiones $\pm$ error estándar. Valores con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

CUADRO 8. Actividad peroxidasa en hojas y flores de dos cultivares de *Lilium* tratados con concentraciones de calcio y cobalto.

Factor/Nivel	Flores	Hojas
	Actividad peroxidasa (Abs/min)	
Concentración (Conc)		
0.0 mM Ca 0.0 mM Co	0.09845 a	0.13440 b
0.5 mM Ca 0.1 mM Co	0.10036 a	0.14184 b
1.0 mM Ca 0.1 mM Co	0.10298 a	0.24301 a
2.0 mM Ca 0.1 mM Co	0.09854 a	0.15120 b
DMS	0.0318	0.0831
Cultivar (C)		
S. Gazer	0.100649 a	0.24485 a
S. Fighter	0.099704 a	0.09500 b
DMS	0.017	0.0443
CV (%)	45.03631	75.24278
Conc x C	0.7614 ^{NS}	0.0701 ^{NS}

^aMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

^{NS} No significativo.

DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

4.6.6 Etileno y CO₂

No se observaron diferencias significativas en la producción de etileno para ambos cultivares (Figura 9, Cuadro 9), mientras que la actividad respiratoria presentó diferencias sólo en el cv Star Gazer (Figura 9). Existen reportes experimentales que sugieren al calcio y al cobalto como elementos participantes en la modulación de la senescencia (Palit y Sharma, 1994; Talukder y Sharma, 2006). Se ha comprobado que el calcio favorece la estabilidad de las membranas celulares, ya que cuando estas se degradan, los metabolitos que se generan pueden estar involucrados en la síntesis de etileno (Torre *et al.*, 1999; Rubinstein, 2000). Otros estudios han mostrado al calcio, aplicado como nitrato de calcio [Ca(NO₃)₂], cloruro de calcio (CaCl₂) y sulfato de calcio (CaSO₄) (De Capdeville, *et al.*, 2005; Torre, *et al.*, 1999) pueden incrementar la longevidad de postcosecha. Este aumento en la vida postcosecha puede ser debido a un retraso de los eventos fisiológicos relacionados con el envejecimiento, como una disminución en la captación de agua, pérdida de agua mediante un aumento de la transpiración, disminución del peso fresco entre otros, y por su parte el cobalto es reportado como un inhibidor de la producción de etileno (Bulanstseva, *et al.*, 2000; Pereira-Netto, 2001).

La actividad respiratoria (liberación de CO₂) presentó diferencias significativas entre cultivares (Figura 9, Cuadro 9). No obstante, los resultados mostraron comportamientos opuestos, ya que para el cv. Star Fighter se observó un decremento en la liberación de CO₂ con respecto al testigo, mientras que en el cv. Star Gazer la respiración se incrementó en los tratamientos que incluyeron al cobalto y calcio (Figura 9).

Durante la vida de florero en rosas cortadas se ha observado un declive rápido en la tasa de respiración. La adición de un preservante floral reduce este descenso comparado con el testigo. Se concluye que el declive en la respiración es el resultado de una limitación del sustrato respiratorio, y que el efecto del preservante es mantener la concentración del sustrato (Paulin 1997). Monteiro *et al.* (2001) establecieron una correlación entre la respiración más alta, asociada con una disminución de la longevidad, en rosas en miniatura crecidas en primavera verano. Se ha observado (Figeroa *et al.*, 2005) que la senescencia incrementó la tasa respiratoria en rosa y por tanto un agotamiento del sustrato endógeno. Kaltaler y Steponkus (1976) establecieron que la vida postcosecha y el descenso en la respiración durante la senescencia de flor de rosa no fue debido a la limitación del sustrato, sino a la incapacidad de mitocondria para utilizar el sustrato.

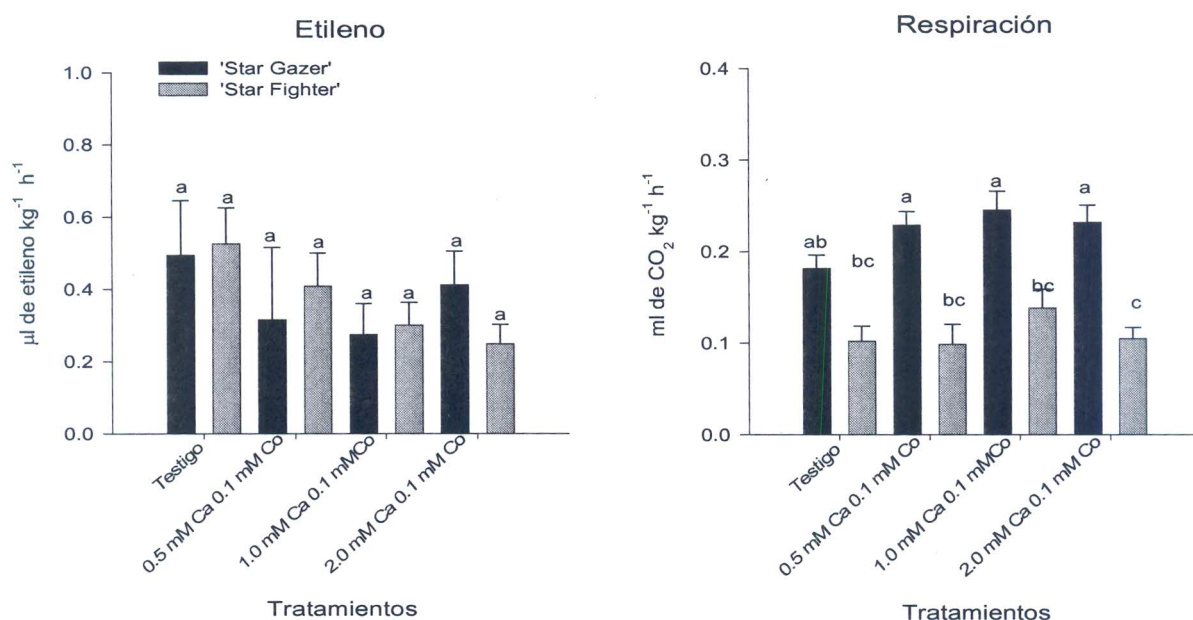


FIGURA 9. Producción de etileno y de CO_2 en tallos florales de *Lilium* cv Star Gazer y cv Star Fighter. Cada barra representa el promedio al menos de 8 repeticiones $\pm$ error estándar. Valores con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

CUADRO 9. Producción de etileno y CO₂ durante la vida postcosecha de los tallos florales de *Lilium* cv. Star Gazer y cv. Star Fighter, tratados con concentraciones de calcio y cobalto.

Factor/Nivel	Etileno	Respiración
	µl de etileno kg ⁻¹ h ⁻¹	ml de CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹
Concentración (Conc)		
0.0 mM Ca 0.0 mM Co	0.51367 a ^z	0.16792 a
0.5 mM Ca 0.1 mM Co	0.37764 a	0.16588 a
1.0 mM Ca 0.1 mM Co	0.29086 a	0.18067 a
2.0 mM Ca 0.1 mM Co	0.29819 a	0.16135 a
DMS	0.2591	0.0385
Cultivar (C)		
S. Gazer	0.37577 a	0.22212 a
S. Fighter	0.36738 a	0.13351 b
DMS	0.1452	0.0211
CV (%)	92.98182	33.81866
Conc x C	0.6760 ^{NS}	0.0065*

^zMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

^{NS}. No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$, respectivamente.

DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

4.6.7 Transpiración

Las evaluaciones de transpiración en los tallos florales de *Lilium* se realizaron en hojas, donde se encontraron diferencias significativas para ambos cultivares en los tratamientos que incluyeron al cobalto y calcio en la solución preservadora (Figura 11 Cuadro 10). El mantenimiento de un buen estado hídrico y un flujo hídrico eficiente en las flores de corte son favorables para promover la longevidad (Van Doorn, 1997).

El déficit de agua se desarrolla cuando la absorción de ésta es más baja que la transpiración, generándose un estado de estrés, el cual se produce al disminuir la tasa transpiratoria. La mayoría de las flores de corte incluyen un tallo, hojas, y una o varias flores. Las áreas transpiratorias en flores de corte se circunscriben a las hojas que presentan estomas y algunas veces en las estructuras vedes que forman parte de la flor. Los estomas están presentes usualmente en tejido epidérmico fotosintético y muy

pocas veces en tejidos no fotosintéticos como pétalos, y cuando se llegan a presentar (Fahn, 1974) los consideran no funcionales.

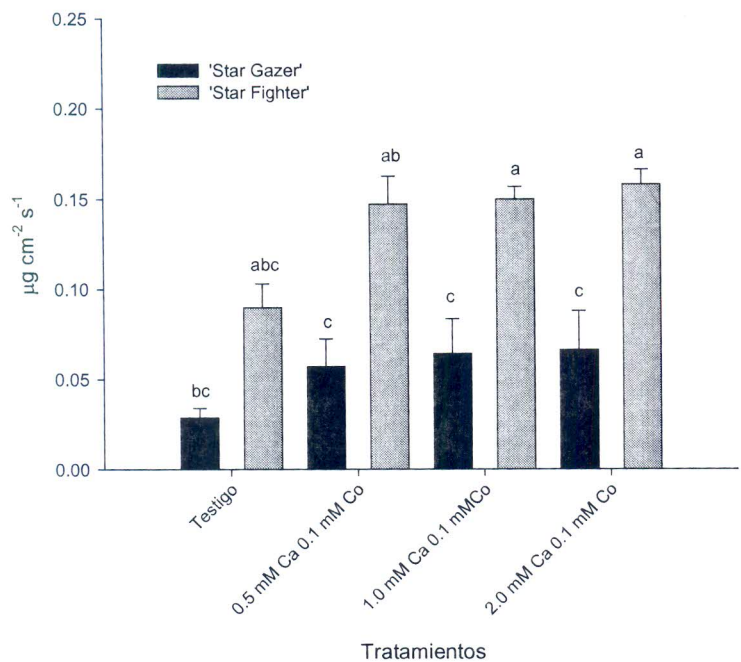


FIGURA 11. Transpiración de tallos de cv Star Gazer y cv Star Fighter. Cada barra representa el promedio de 30 repeticiones $\pm$ error estándar. Valores con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

CUADRO 10. Promedio de transpiración al final de la vida postcosecha de los tallos florales de *Lilium* cv. Star Gazer y cv. Star Fighter, tratados con concentraciones de calcio y cobalto.

Factor/Nivel	Transpiración $\mu\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$
Concentración (Conc)	
0.0 mM Ca 0.0 mM Co	0.08591 b
0.5 mM Ca 0.1 mM Co	0.10170 ab
1.0 mM Ca 0.1 mM Co	0.11977 ab
2.0 mM Ca 0.1 mM Co	0.12680 a
DMS	0.0374
Cultivar (C)	
S. Gazer	0.06545 b
S. Fighter	0.13393 a
DMS	0.0206
CV (%)	36.71
Conc x C	0.1000 ^{NS}

²Medias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

^{NS}. No significativo.

DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

4.7 CONCLUSIONES

El consumo de solución, el peso de los tallos florales, el color en unidades SPAD y la transpiración registró valores más altos en los tratamientos que incluyeron al calcio y cobalto en la solución, lo cual favoreció por más tiempo la vida de florero para ambos cultivares, sobre todo en la concentración 0.5 mM de calcio y 0.1 mM de cobalto. La actividad peroxidasa sólo mostró diferencias en las hojas del cv Star Gazer, el cual presentó los valores más altos de las unidades SPAD.

Por otra parte la presencia de cobalto en hojas y flores de ambos cultivares, se pudo atribuir a la incorporación de este elemento en la solución preservante, mientras el calcio sólo fue evidente en flores del cv. Star Fighter. Y probablemente estos elementos en la solución provocaron una disminución en la movilidad de potasio, hierro y magnesio hacia las flores de ambos cultivares, donde se observó un descenso con respecto al testigo. Este comportamiento también fue observado para el nitrógeno, tanto en flores como en hojas.

4.8 LITERATURA CITADA

ALCÁNTAR, G. G. ; SANDOVAL, V. M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación Especial No. 10 de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C., Chapingo, Méx., 156 p.

AMAKO, K.; CHEN, G.; ASADA, K. 1994. Separate assays specific for ascorbate peroxidase y guaiacol peroxidase y for the choloroplastic y cytosolic isoenzymes of ascorbate peroxidase in plants. *Plant Cell Physiol.* 35(3):497-504.

AMIRI, M. ; RABIEI, V.; ZANJANI, B. S. 2009. Influence of pulse chemical treatments on water relation in cut gerbera (*Gerbera jamesonii* cv. Pags) flowers. *Journal of Food, Agriculture and Enviroment.* 7 (1): 182-185.

BARKER, A.; GRETCHEN, M. 2007. Nitrogen, pp 21-40. In *Handbook of Plant Nutrition* BARKER, V.A.; PILBEAM, J.D. (eds.) CRC Press Taylor & Francis Group., London.

BRADFORD, M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microquantities of protein. *Anal Biochem.* 72: 248-256.

BULANTSEVA, E. A.; GLINKA, M.E.; PROTSENKO, A.M.; SAL'KOVA, G.E. 2000. A protein inhibitor of polygalacturonase in apple fruits treated with aminoethoxyvinylglycine and cobalt chloride. *applied Biochemestry and microbiology.* 37 (1): 89-92.

CHEN, Y.; RANDLETT, M.; FINDELL, J.; SCHALLER, E. 2002. Localization of the ethylene receptor ETR1 to the endoplasmic reticulum of Arabidopsis. J. Biol. Chem. 227:19861-19866.

FAHN, A. 1974. Anatomia vegetal. H. Blume. España. pp 467-553.

FIGUEROA, I.; COLINAS, M. T.; MEJIA, J.; RAMIREZ, F. 2005. Cambios fisiológicos en postcosecha de dos cultivares de rosa con diferente duración en florero. Cien. Inv. Agr. 32 (3): 209-219.

FUKAI, S.; KOUDAI, U. 2006. Effects of calcium treatment on vase life of cut snapdragon flowers. Hort. Res. Japan. 5(4): 465-471.

GASPAR, T.; PENEL, C.; THORPE, T.; GREPPIN, H. 1982. "Peroxidases 1970-1980. A survey of their biochemical y physiological roles in higher plants. Université de Genève-Centre de Botanique. Genève. pp. 324

GERASOPOULOS, D.; CHEBLI, B. 1999. Effects of pre and postharvest calcium applications on the vase life of cut Gerberas. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 74: 78-81

HALEVY AH, S MAYAK 1981 Senescence and post harvest physiology of cut flowers-part 2. In J Janick, ed, Horticultural Reviews, Vol 3. AVI Publishing Co., Westport, CT, pp 59-143

JUAREZ, H. P.; COLINAS, L. T.; VALDEZ, A. L.; ESPINOSA, F. A.; CASTRO, B.R.; CANO, G. G. 2008. Soluciones y refrigeración para alargar la vida postcosecha de rosa cv. Black magic. Revista Fitotecnia Mexicana. 31(3): 73-77.

KALTALER, R. E .L.; STEPONKUS, P.L. 1976. Factors affecting respiration in cut roses.J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101:352-354.

KUMAR, N.; SRIVASTAVA, G.; DIXIT, K. 2008. Flower bud opening and senescence in roses (*Rosa hybrida* L.). Plant Growth Regulation. 51: 81-99.

KWAK, S.; LEE,S. 1997. The requirements for Ca^{2+} , protein phosphorylation, and dephosphorylation for ethylene signal transduction in *Pisum sativum* L. Plant Cell Physiol. 38(10): 1142-1149.

LASA, B.; FRECHILLA, M.; ALEU, B.; GONZALEZ-MORO, C.; LAMSFUS, P. ; APARICIO-TREJO, M. 2000. Effects of low and high levels of magnesium on the response of sunflower plants grown with ammonium and nitrate. *Plant Soil* 225:167–174.

MARSCHNER, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London.

Pp 448

MENGEL, K.; KIRKBY. 2001. Principles of plant nutrition. Ed. Kluwer Academic Publishers. Boston. Pp. 232-234.

MONTEIRO, J.A.; NELL, T.A.; BARRETT, J. E. 2001. Post-production of potted miniature rose: flower respiration and single flower longevity. J Am Soc Hort Sci 126:134–139.

MURALI, T.P.; REDDY, V.T. 1993. Postharvest life of gladiolus as influenced by sucrose and metal salts. Acta Hort. 343:313–320.

NELL, T. A.; REID, M. S. 2000. Poscosecha de las flores y plantas. Ediciones Hortitecnia. Colombia. 216 pp.

NUÑEZ, E. R. 2007. El suelo como medio natural en la nutrición de los cultivos, pp 100-121. En Nutrición de cultivos. ALCANTARA, G.G.; TREJO-TELLEZ, L.I. (Editores). Ed. Mundiprensa, CP, México.

PALIT, S.; SHARMA, A.; TALUKDER, G. 1994. Effects of cobalt on plants. *Bot. Rev.* 60:149–18.

PAPADOPOULOS, A. P. 2000. Rowing greenhouse tomatoes in soil and in soilless media. Agriculture and Agri-food Canada. Harrow, Ontario.

PAULIN, A. 1997. La poscosecha de las flores cortadas, bases fisiológicas. Ediciones Hortitecnia. Colombia. 141 pp.

PARDHA, S. P.; MOHAN, R. H. Y. 1989. Prolongation of vase-life of Chrysanthemum blooms by cobalt chloride and its reversal by IAA. Acta Horticulturae 261: IV International Symposium on Postharvest Physiology of Ornamental Plants.

PEREIRA-NETTO, B. A. 2001. Effect of inhibitors of ethylene biosynthesis and signal transduction pathway on the multiplication of in vitro-grown Hancornia speciosa. Plant cell, Tissue and organ culture. 66: 1-7.

PILBEAM, J. D.; MORLEY, S.P. 2007. Calcium, pp 121-140. In Handbook of Plant Nutrition BARKER, V.A.; PILBEAM, J.D. (eds.) CRC Press Taylor & Francis Group., London.

PORRO, D.; DORIGATTI, C.; STEFANINI, M.; CESCHINI, A. 2001. Use of SPAD meter in diagnosis of nutritional status in apple and grapevine. Acta Horticulturae 564: 243 - 252.

QUESADA, M.A; VALPUESTA, V. 2008. senescencia y abscission, pp 559-576. In Fundamentos de fisiología vegetal. Segunda edición. AZCON-BIETO, J; TALON, M (eds.) Mcgraw-Hill Interamericana de España. S. A. U. Barcelona, España

REDDY, T. V. 1988. Mode of action of cobalt extending the vase life of cut roses. Scientia Hort. 36: 303-313.

RODRÍGUEZ, M.M; ALCANTAR, G. G.; AGUILAR, S.A.; ETCHEVERS,B.J; SANTIZÓ, R.J. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. Terra 16(2): 135-141.

RUBINSTEIN, B. 2000. Regulation of cell death in flower petals. Plant Mol. Biol. 44:303-318.

SERRANO, M.; ROSAURO, J.; DEL RIO, J. A.; ACOSTA, M. 1987. Conservación de la flor cortada de clavel (*Dianthus caryophyllus*, L. cv. Arthur). I. uso de soluciones conservadoras. Anales de Biología. 14: 39-44.

SCHMITZ, E. M.; HAEFS, R.; NOGA, G. 2002. Calcium deficiency-Influence on the antioxidative defense system in tomato plants. J. Plant Physiol. 159:733-742.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. 1998. Plant Physiology. Sinauer Associates, Inc., Publishers. Massachusetts. pp. 651-670.

TALUKDER, G.; SHARMA, A. 2007. Cobalt, pp 500-509. In: Handbook of Plant Nutrition
ALLEN, V. BARKER, V. A.; PILBEAM, J. D. (eds.) CRC Press Taylor & Francis Group
Editor., London.

TREJO-TELLEZ, L; GOMEZ-MERINO, F; ALCANTARA, G.G. 2007. Elementos
benéficos, pp 50-80 En Nutrición de cultivos. ALCANTARA, G.G.; TREJO-TELLEZ, L.I.
(Editores). Ed. Mundiprensa, CP, México.

TORRE, S.; BOROCHOV, A.; HALEVY, A. 1999. Calcium regulation of senescence in
roses. *Physiologia Plantarum* 107:214-219.

VAN DOORN, W.G. 1997. Water relations of cut flowers. *Hort.Rev.* 18: 1-85.

VAN IEPEREN,; VAN MEETEREN; VAN GELDER. 2000. Fluid ionic composition
influences hydraulic conductance of xylem conduits. *Journal of Experimental Botany.* 51,
769-776.

VAN IEPEREN, W. Y; VAN GELDER, A. 2006. Ion-mediated flow changes suppressed
by minimal calcium presence in xylem sap in *Chrysanthemum* and *Prunus laurocerasus*.
Journal and Experimental Botany. 57 (11):2743-2750.

VAN MEETEREN, U.; VAN GELDER, H. 1999. Effect of time since harvest and handling condition on rehydration ability of cut chrysanthemum flowers. *Postharvest BiolTechnol* 16:169–177

YANG, T. ; POOVAIAH, B. 2000. An early ethylene up-regulated gene encoding a calmodulin-binding protein involved in plant senescence and death. *J. Bio. Chem.* 275 (49) : 38467-38473.

YÁÑEZ, M. M.; COLINAS, M. M. T; CURIEL, R. A. 1994. Evaluación de diferentes inhibidores del etileno en postcosecha de rosa (*Rosa sp* L.). *Revista Chapingo: serie Horticultura* 1. 5-9

WHITE, P.; BROADLEY, M. 2003. Calcium in plants. *Ann. Bot.* 92: 487–511.

V. DISCUSION GENERAL

5.1 DISCUSION GENERAL

Dentro de los productos hortícolas, quizás las flores cortadas sean los más perecederos, por lo que en su conservación deben tomarse medidas especiales para obtener una vida postcosecha más prolongada.

Una vez que se han cortado las flores, se desencadenan una serie de procesos catabólicos que pueden englobarse en el término “senescencia” que puede generar el deterioro total del tallo floral.

La senescencia esta caracterizada por los siguientes procesos:

- a).- Disminución en el peso fresco, como consecuencia de la pérdida de agua por la transpiración.
- b).- Reducción de la capacidad de síntesis, por lo que la flor es incapaz de generar las sustancias nutritivas necesarias para cubrir su propio metabolismo.
- c).- Agotamiento por oxidación de las sustancias de reserva, llegando a movilizar proteínas, que al desprender NH_3 , pueden alterar la pigmentación de los pétalos.
- d).- Cuando se procede al corte de un tallo floral, se produce la obstrucción de los vasos conductores como consecuencia de la acción de microorganismos, formación de sustancias diversas como gomas, mucilagos, ligninas, taninos, etc., que al producir la obstrucción impide la absorción de agua a través de los haces vasculares.
- e).- Degradación de los cuerpos proteicos y una transición del retículo endoplasmático, que se torna tubular y vesiculado.

f).-Clarificación del citoplasma, donde el cloroplasto es el organelo que desaparece primero y el núcleo el último en degradarse. La membrana del tonoplasto se fragmenta y por último, se pierde la compartimentalización celular (Maroto, 2000, Quesada y Valpuesta, 2008).

Ahora bien, se sabe que los tallos florales, incorporan agua y soluciones nutritivas a través de las células xilemáticas y pared celular (intersticio apoplastico) que se encuentran a lo largo del tallo. Esta vía de conducción permite que se lleve a cabo la conductancia hidráulica y la transpiración, por consiguiente la pérdida de agua y solución preservante, condición que fue observada en todas las evaluaciones del presente trabajo.

Los trabajos de Van Ieperen *et al.* (2000) muestran que la conductancia hidráulica (g) se ve afectada por la presencia de iones en las soluciones, incrementándose entre un 7 a un 8% respecto al agua deionizada. Adicionalmente, también afecta el grado de ionización, lo cual provocó mayor conductancia cuando se utilizaron cationes divalentes (magnesio, calcio y por los resultados obtenidos en este trabajo, también cobalto) probablemente comparados con monovalentes (potasio y sodio). La argumentación es que los cationes divalentes se asocian y neutralizan las cargas negativas de las pectinas, las cuales son el componente más abundante de la pared celular de los conductos xilemáticos con la disminución de la resistencia al flujo.

Van Meeteren *et al.*, (2001) crearon el concepto de “tap water” ($0.7\text{mM CaCl}_2 + 1.5\text{mM NaHCO}_3 + 0.005\text{mM CuSO}_4$), el cual se reporta en el 2006 como agua de florero en flores de Crisantemo, y justifica el uso de esta solución, porque el agua deionizada

disminuye la conductividad hidráulica de los tallos; posiblemente por la contracción de las pectinas en las paredes de las células (Van Ieperen *et al.*, 2000).

En cuanto a los resultados de peso fresco de tallos florales obtenidos durante la vida postcosecha, de manera general se encontró que la inclusión de calcio, cobalto o ambos en las soluciones favoreció un incremento de peso fresco en ambos cultivares, condición atribuida a un incremento en el flujo de solución preservante asociada al inicio de la apertura floral y por tanto al incremento de la turgencia celular. Este evento es observado en otras ornamentales como rosas (Yañez 1994) *Eustoma* (Ojiti, *et al.* 2007) y claveles entre otras (Serrano, *et al.* 1987).

El estado ornamental tanto en cv Star Gazer como en cv Star Fighter fue mayor cuando los tallos fueron tratados con soluciones que presentaron calcio, cobalto o ambos encontrándose una mayor longevidad en los tratamientos de 0.1 y 0.2 mM de cobalto, 0.5 y 1.0 mM de Calcio, además de la combinación de ambos elementos 0.5 mM de Ca y 0.1 mM de cobalto, con respecto al testigo. En el cv. Star Gazer la vida postcosecha fue del 9.3 % hasta el 22,27 %. Mientras para cv Star Fighter del 11.1 % al 57 %, lo que nos permite sugerir la incorporación de estos elementos en las soluciones.

La pérdida de color como manifestación del síndrome de senescencia se observó en ambos cultivares, identificándose al testigo en cada experimento como el que presentó los valores de unidades SPAD más bajos, o sin diferencias significativas con respecto a los tratamientos. Es importante destacar que en el cultivar Star Gazer se presentaron

los valores más altos de unidades SPAD, con respecto a Star Fighter, lo cual indica una mayor susceptibilidad al amarillamiento del follaje, el cual es un síntoma recurrente para muchos cultivares del tipo oriental durante la vida postcosecha, para lo cual Nell y Reid (2000) recomiendan pulsos de citocininas o giberelinas, sin embargo la aplicación, sobre todo del calcio ayudó a mantener siempre un valor mas alto en el contenido de clorofila con relación al testigo. Por lo cual se incluye en las recomendaciones de este trabajo para las soluciones preservantes.

La concentración de Nitrógeno en tallos florales de cv Star Fighter y cv Star Gazer, presentó valores mas altos en flor con respecto a las hojas, destacándose niveles mayores de este elemento en el cultivar Star Gazer, probablemente atribuibles a diferencias genéticas propias de cada especie o familia, en general debido a muchos factores involucrados en la absorción y metabolismo de nitrógeno, así como el crecimiento de la planta. No obstante que las concentraciones están por debajo de los valores referenciados por Barker y Bryson (2007) quienes mencionan valores del 3% de nitrógeno en hojas de plantas ornamentales.

La dinámica de los elementos en los tallos florales durante su vida postcosecha, fue constante en todos los tratamientos. Se destacaron las concentraciones de potasio más altas en flores de ambos cultivares, probablemente asociado con los cambios de turgencia que experimenta la flor durante su vida postcosecha. Mientras que el calcio, hierro y magnesio se encontraron en mayores concentraciones en las hojas, las cuales

son altamente demandantes de estos elementos debido al metabolismo fotosintético que se realiza en estas estructuras.

La peroxidasa está asociada a los últimos eventos de la formación de ligninas, es responsable del ensamble entre ligninas y proteínas de la pared celular, por lo que su actividad indica un mantenimiento en la integridad celular (Salama y Zieslin, 1994). Sin embargo, también se sabe que el incremento en los niveles de peroxidasa favorece un incremento en los niveles de peróxidos y radicales libres, los cuales reaccionan con los constituyentes celulares y están probablemente involucrados en la promoción de la senescencia y por tanto en la producción de etileno (Salunkhe *et al.*, 1990). En este trabajo se encontraron resultados consistentes para las flores de ambos cultivares tratados con soluciones que contenían 1.0 mM de calcio y en la combinación calcio cobalto, solo en el cv. Star Gazer. Por otra parte se asocio una mayor actividad de esta enzima con la presencia de calcio en la solución, lo cual es consistente con la bibliografía, que reporta una mayor estabilidad de esta enzima asociada al calcio.

La síntesis de etileno está asociada con el síndrome de senescencia, por lo que su inhibición puede favorecer un retraso en los síntomas de envejecimiento. Aunque nuestros mejores resultados fueron observados en las concentraciones de 0.1mM de cobalto, 0.5 y 1.0 mM de calcio, en los cuales se presentó una menor cantidad de etileno en relación al tratamiento que no incluyo los elementos en cuestión. Las diferencias estadísticas fueron observadas en los tratamientos que incluyeron las concentraciones más altas de calcio en las soluciones.

La actividad respiratoria en muchas flores se incrementa en el momento de la apertura floral y desciende conforme madura y envejece, presentándose en algunas flores un segundo incremento muy breve de la respiración y finalmente un decremento en este proceso metabólico. En este trabajo se encontró un decremento de la actividad respiratoria de los tratamientos que incluyeron al calcio con respecto al tratamiento sin calcio, pero sin diferencias significativas en los cultivares. Con la incorporación de cobalto en las soluciones preservativas para cv Star Gazer se encontraron diferencias significativas en la actividad respiratoria por abajo del testigo. No así para cv Star Fighter.

Finalmente las evaluaciones de la transpiración durante la vida postcosecha mostraron diferencias significativas de los tratamientos que incluyeron al cobalto y calcio en las soluciones preservadoras. Este comportamiento está documentado por los trabajos de Van Ieperen *et al.* (2000) y Van Meeteren *et al.*, (2006), quienes demostraron que la inclusión de iones monovalentes y divalentes se asocian y neutralizan las cargas negativas de las pectinas, las cuales son el componente más abundante de la pared celular de los conductos xilemáticos con una disminución de la resistencia al flujo.

VI. CONCLUSIONES GENERALES.

6.1 CONCLUSIONES GENERALES

En general, los tallos florales de *Lilium* tratados con soluciones preservantes que incluyeron cobalto, calcio y ambos, presentaron mayor consumo para ambos cultivares de *Lilium*. Sin embargo, se pudieron apreciar efectos de probablemente toxicidad provocadas por las concentraciones de 0.4 y 0.8 mM de cobalto, 8.0 mM de calcio, ya que los consumos fueron inferiores al testigo y la longevidad floral menor.

Las variaciones de peso fresco de tallos florales de *Lilium* durante la vida postcosecha, tratados con soluciones preservantes que contenían cobalto y/o calcio, presentaron un incremento de peso durante la vida postcosecha con respecto al testigo, sobre todo en la fase final.

La longevidad floral de los tallos de *Lilium* cv. Star Fighter y cv. Star Gazer se incrementó con el uso de soluciones que incluyeron al cobalto en concentraciones de 0.1 y 0.2 mM y calcio en concentraciones de 0.5 y 1.0 mM. Cuando se adicionaron simultáneamente 0.5 mM de calcio y 0.1 mM de cobalto. La vida postcosecha se incrementó.

La presencia de cobalto y calcio en las soluciones preservantes generó un descenso en los contenidos de potasio en hojas de ambos cultivares. El cobalto también generó un descenso en los contenidos de calcio, hierro y magnesio de manera diferencial para

hojas y flores en los dos cultivares. Sin embargo, los contenidos de potasio en flores tienden a incrementarse con respecto a las hojas.

La incorporación de calcio y/o cobalto en las soluciones preservantes, favoreció un retraso en la pérdida de color en las hojas en relación a los tratamientos que no incluyeron estos elementos.

Los contenidos de nitrógeno en hojas de los dos cultivares tienden a incrementarse significativamente con la presencia de calcio ó cobalto en las soluciones preservantes. Sin embargo, cuando se combinaron ambos elementos los contenidos de nitrógeno en hojas y flores de los dos cultivares tienden a descender significativamente. Mientras que en flores no se apreciaron diferencias pero si un mayor contenido de nitrógeno con respecto a hojas.

La presencia de calcio en las soluciones preservantes favoreció la actividad de la peroxidasa en hojas de los dos cultivares.

La producción de etileno descendió con el incremento de calcio en los tratamientos. Aunque, sólo fue significativo para cv. Star Gazer. La actividad respiratoria no presentó diferencias, pero si un descenso con la presencia de calcio para ambos cultivares. La adición simultanea de calcio y cobalto provoco un descenso de la producción de etileno en ambos cultivares. La actividad respiratoria en cv. Star Fighter registró valores inferiores al testigo. Mientras que en Star Gazer se incrementaron.

La transpiración se incrementó en los tallos florales de *Lilium*, con la incorporación de calcio y/o cobalto en las soluciones preservantes durante la vida postcosecha de ambos cultivares.

7. LITERATURA CITADA

- ALCÁNTAR, G. G.; SANDOVAL, V. M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación Especial No. 10 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C., Chapingo, Méx. 156 p.
- AMAKO, K.; CHEN, G.; ASADA, K. 1994. Separate assays specific for ascorbate peroxidase y guaiacol peroxidase y for the choloroplastic y cytosolic isoenzymes of ascorbate peroxidase in plants. *Plant Cell Physiol.* 35(3):497-504.
- AMIRI, M. ; RABIEI, V.; ZANJANI, B. S. 2009. Influence of pulse chemical treatments on water relation in cut gerbera (*Gerbera jasmesonii* cv. Pags) flowers. *Journal of Food, Agriculture and Enviroment.* 7 (1): 182-185.
- ARRIAGA, N. R. M.; GUERRERO, J. E. 1995. Efecto de diferentes soluciones preservativas en la vida de florero de tallos florales de "Polaris" bajo dos condiciones ambientales. *Revista Chapingo. Serie Horticultura.* 1 (3): 103-107.
- BANGERTH, F. 1979. Calcium related physiological disorders of plants. *Annu. Rev. Phytopath.* 17: 97-122.
- BAÑON, A. S.; CIFUENTES, R. D.; FERNANDEZ, H.J.A.;GONZALEZ, B. A. 1993. *Gerbera, Lilium, Tulipán, y Rosa.* Ed. Mundi-Prensa pp 73-154.

BARKER, A.; GRETCHEN, M. 2007. Nitrogen, pp 21-40. In Handbook of Plant Nutrition
BARKER, V.A.; PILBEAM, J.D. (eds.) CRC Press Taylor & Francis Group., London.

BRADFORD, M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of
microquantities of protein. Annual Biochem. 72: 248-256.

BULANTSEVA, E. A.; GLINKA, M.E.; PROTSENKO, A.M.; SAL'KOVA, G.E. 2000. A
protein inhibitor of polygalacturonase in apple fruits treated with aminoethoxyvinylglycine
and cobalt chloride. applied Biochemistry and microbiology. 37 (1): 89-92.

CHEN, Y.; RANDLETT, M.; FINDELL, J.; SCHALLER, E. 2002. Localization of the
ethylene receptor ETR1 to the endoplasmic reticulum of Arabidopsis. J. Biol. Chem.
277:19861-19866.

CROSS, M. 2000. Quality and postharvest performance of cut roses grown in root
media containing coal bottom ash. Department of Plant and Soil Science. Morgantown,
West Virginia. pp. 11-15.

DE CAPDEVILLE, G.; MAFFIA, L.; FINGER, F.; BATISTA, U. 2005. Pre-harvest
calcium sulfate applications affect vase life and severity of gray mold in cut roses. Sci.
Hortic. 103:329- 338.

DE HERTOGH, A. A. 1996. Lilies (Asiatic and Oriental hybrid lilies). pp. 95-121. En: *Holland Bulb Forcer's Guide*, 5th edition. International Flower Bulb Centre. Hillegom. The Netherlands.

DOLE, J. M.; SCHNELLE, A. M. 1998. The care and handling of cut flowers. Oklahoma Cooperative Extension Service. Division of Agricultural Sciences and Natural Resources. pp. 1-4

DOLE, J. M.; WILKINS, H. F. 1999. Floriculture. Principles and Species. Prentice Hall. New Jersey. pp. 408-416.

DUPILLE. E.; SISLER. E.C. 1995. Effect of an ethylene receptor antagonist on carnations and other plant material. En: Ait-Oubahou, A. and El-Otmani. M. (eds), *Postharvest Physiology, Pathology, and Technologies for Horticultural Commodities: Recent Advances*, Institute Agronomique et Veterinaire Hassan II, Agadir, Morocco. pp 294-301.

FAHN, A. 1974. Anatomía vegetal. H. Blume. España. pp 467-553

FIGUEROA, C. I. 2001. Cambios fisiológicos en postcosecha de dos cultivares de rosa con diferente duración en florero. Tesis de Maestría en Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia. México. 66 pp.

FIGUEROA, I.; COLINAS, M. T.; MEJIA, J.; RAMIREZ, F. 2005. Cambios fisiológicos en postcosecha de dos cultivares de rosa con diferente duración en florero. Cien. Inv. Agr. 32 (3): 209-219.

FUKAI, S.; KOUDAI, U. 2006. Effects of calcium treatment on vase life of cut snapdragon flowers. Hort. Res. Japan. 5(4): 465-471.

GASPAR, T.; PENEL, C.; THORPE, T.; GREPPIN, H. 1982. "Peroxidases 1970- 1980. A survey of their biochemical y physiological roles in higher plants. Université de Genève-Centre de Botanique. Genève. pp. 324

GERASOPOULOS, D.; CHEBLI, B. 1999. Effects of pre and postharvest calcium applications on the vase life of cut Gerberas. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 74: 78-81

HALEVY AH, S MAYAK 1981 Senescence and post harvest physiology of cut flowers- part 2. In J Janick, ed, Horticultural Reviews, Vol 3. AVI Publishing Co., Westport, CT, pp 59-143

HICKENTON, P. 1991. GA3 and benzylaminopurine delay leaf yellowing in cut *Alstroemeria* stems. Hort. Sci. 26:1198-1199.

HOJJATI, Y.; KHALIGHI, A.; FAROKHZAD, R.A. 2007. Chemical treatments of *Eustoma* cut flower cultivars for enhanced vase life. *Journal of Agriculture & Social Sciences* 3(3): 75-78.

HUANG, F-Y.; PHILOSOPH-HADAS, S.; MEIR, S.; CALLAHAM, D.; SABATO, R.; ZELCER, A.; HEPLER, P. 1997. Increases in cytosolic Ca^{2+} in parsley mesophyll cells correlate with leaf senescence. *Plant Physiology* 115: 51-60.

HUXLEY, A.; GRIFFITHS, M.; LEVY, M. 1992. *Lilium*. pp. 68-80. En: *The New Royal Horticultural Society Dictionary of Gardening*, vol 3. Stockton Press. New York.

ITZHAKI, H.; BOROCHOV, A.; MAYAK, S. 1990. Age-related changes in petal membrane from attached and detached rose flower. *Plant Physiol.* 94:1233-1236.

JUAREZ, H. P.; COLINAS, L. T.; VALDEZ, A. L.; ESPINOSA, F. A.; CASTRO, B.R.; CANO, G. G. 2008. Soluciones y refrigeración para alargar la vida postcosecha de rosa cv. Black magic. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 31(3): 73-77.

KALTALER, R. E .L.; STEPONKUS, P.L. 1976. Factors affecting respiration in cut roses.J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101:352-354.

KENDE, H. 1993. Ethylene biosynthesis. *Annu. Rev. Plant. Physiol. Mol. Biol.* 44:283-307.

KWAK, S.; LEE, S. 1997. The requirements for Ca^{2+} , protein phosphorylation, and dephosphorylation for ethylene signal transduction in *Pisum sativum* L. *Plant Cell Physiol.* 38(10): 1142-1149.

KUMAR, N.; SRIVASTAVA, G.; DIXIT, K. 2008. Flower bud opening and senescence in roses (*Rosa hybrida* L.). *Plant Growth Regulation.* 51: 81-99

LARSON, R. A. 1992. Introduction to floriculture. Academic Press. California. pp: 334-355.

LASA, B.; FRECHILLA, M.; ALEU, B.; GONZALEZ-MORO, C.; LAMSFUS, P. ; APARICIO-TREJO, M. 2000. Effects of low and high levels of magnesium on the response of sunflower plants grown with ammonium and nitrate. *Plant Soil* 225:167–174.

LUKASZEWSKA, A. J.; BIANCO, J.; BARTHE, P.; PAGE-DEGIVRY, M. T. 1994. Endogenous cytokinins in rose petals and the effect of exogenously applied cytokinins on flower senescence. *Plant Growth Regul.* 14(2):119-126.

MARINANGELI, A. P. 2004. Apuntes técnicos: Biotecnología de Liliium, del tubo de ensayo al florero (1ra Parte). Departamento de Agronomía. Universidad Nacional del Sur. Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS), CONICET-U.N. Sur. Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

MARSCHNER, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London.
Pp 448

MENGEL, K.; KIRKBY. 2001. Principles of plant nutrition. Ed. Kluwer Academic Publishers. Boston. Pp. 232-234.

MICHALEZUK, B.; PRZYBYLA, A.; GOSZCZYNSKA, D. M.; RUDNIEKI, R. M. 1992. Storage of cut *Alstroemeria* flowers. Acta Hort. 325: 207-213.

MIRANDA, M. A.; GUTIERREZ, E.J.A.; COLINAS, L. M.T.; AREVALO, G. L. GAYTAN, A.E.A. 2008. Producción invernal de perrito de corte (*Antirrhinum majus* L.) en el valle de México. Revista Fitotecnia Mexicana 31 (3): 251-256.

MONTEIRO, J.A.; NELL, T.A.; BARRETT, J. E. 2001. Post-production of potted miniature rose: flower respiration and single flower longevity. J Am Soc Hort Sci 126:134–139.

MOR, Y.; SPIEGELSTEIN, H.; HALEVY, A. 1983. Inhibition of ethylene biosynthesis in carnation petals by cytokinins. *Plant Physiol.* 71:541-546.

MORALES, G. E. 1994. Evaluación y almacenamiento en frío y algunas sustancias conservadoras sobre la calidad y longevidad de la flor de gladiola (*Gladiolus spp*). Tesis de Licenciatura, Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia. México. 56 p.

MURALI, T. P.; REDDY, T. V. 1993. Postharvest physiology of gladiolous as influenced by cobalt and sucrose. *Horticulture: New Technologies and Applications*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. pp: 393-396.

MÜLLER, R.; SISLER, E. C.; SEREK, M. 2000. Stress induced ethylene production, ethylene binding, and the response to the ethylene action inhibitor 1-MCP in miniature roses. *Scientia Horticulturae* 83: 51-59.

NELL, T. A.; REID, M. S. 2000. Poscosecha de las flores y plantas. Ediciones Hortitecna. Colombia. 216 p.

NUÑEZ, E. R. 2007. El suelo como medio natural en la nutrición de los cultivos, pp 100-121. En *Nutrición de cultivos*. ALCANTARA, G.G.; TREJO-TELLEZ, L.I. (Editores). Ed. Mundiprensa, CP, México.

PALIT, S.; SHARMA, A. 1994. Effects of cobalt on plant. The Botanical Review 60 (2): 150-171.

PAPADOPOULOS, A. P. 2000. Rowing greenhouse tomatoes in soil and in soilless media. Agriculture and Agri-food Canada. Harrow, Ontario.

PANDEY, N.; SHARMA, C. P. 2002. Effect of heavy metals Co^{2+} , Ni^{2+} and Cd^{2+} on growth and metabolism of cabbage, Plant Science. 163: 753-758.

PARDHA, S. P.; MOHAN RAM, H. Y. 1989. Prolongation of vase-life of chrysanthemum blooms by cobalt chloride and its reversal by IAA. Acta Horticulturae 261: 309- 312, IV International Symposium on Postharvest Physiology of Ornamental Plants.

PAULIN, A. 1997. La poscosecha de las flores cortadas, bases fisiológicas. Ediciones Hortitecna. Colombia. 141 p.

PEREIRA-NETTO, B. A. 2001. Effect of inhibitors of ethylene biosynthesis and signal transduction pathway on the multiplication of in vitro-grown Hancornia speciosa. Plant cell, Tissue and organ culture. 66: 1-7.

PILBEAM, J. D.; MORLEY, S.P. 2007. Calcium, pp 121-140. In Handbook of Plant Nutrition BARKER, V.A.; PILBEAM, J.D. (eds.) CRC Press Taylor & Francis Group., London.

PLICH, H.; JANKIEWICZ, S, L. 2003. Etileno, pp. 459-464. *In: Reguladores del crecimiento, desarrollo y resistencia en plantas propiedades y acción.* JANKIEWICZ, S, L. (ed.) Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia, Instituto de Horticultura. Ediciones Mundi-Prensa, México.

PHAVAPHUTANON, L.; KETSA, S. 1990. Effect of water quality on efficiency of holding solutions for cut roses – Kasetvat S. Nat. Sci. 24:399-407.

PONCE, L. C. 1999. Azúcares reductores, proteína soluble y clorofila en la vida postcosecha de la rosa (*Rosa* sp) cv. Sonia. Tesis de Licenciatura Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia. México.

PORRO, D.; DORIGATTI, C.; STEFANINI, M.; CESCHINI, A. 2001. Use of SPAD meter in diagnosis of nutritional status in apple and grapevine. *Acta Horticulturae* 564: 243 - 252.

PRESSEY, R. 1990. Anions activate the oxidation of indole acetic by peroxidases from tomato and other sources. *Plant Physiol.* 93:798-804.

QUESADA, M. A; VALPUESTA, V. 2008. Senescencia y abscission. pp. 559-576.
In: Fundamentos de fisiología vegetal. 2a Edición. AZCÓN-BIETO, J; TALÓN, M (eds.)
Mcgraw-Hill Interamericana de España. S. A. U. Barcelona, España.

VEEN H. 1986. A theoretical model for anti-ethylene effects of silver thiosulphate and 2,5-norbornadiene. *Acta Horticulturae*. 181: 129-136.

WHITE, P.; BROADLEY, M. 2003. Calcium in plants. *Ann. Bot.* 92: 487–511.

YANG, T.; POOVAIAH, B. 2000. An early ethylene up-regulated gene encoding a calmodulin-binding protein involved in plant senescence and death. *J. Bio. Chem.* 275 (49) : 38467-38473.

YÁÑEZ, M. M.; COLINAS, M. M. T; CURIEL, R. A. 1994. Evaluación de diferentes inhibidores del etileno en postcosecha de rosa (*Rosa sp* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 1: 5-9.