

EFFECTO DEL 1-METILCICLOPROPENO (1-MCP) Y DE LA  
AMINOETOXIVINILGLICINA (AVG) EN ROSA (*Rosa* spp) Y EN  
CLAVEL (*Dianthus caryophyllus* L) MEDIANTE APLICACIONES  
EXOGENAS DE ETILENO

ALEJANDRO CARLO ESTRADA MELO

**TESIS**

Presentada como requisito parcial  
Para obtener el grado de  
Maestro en Ciencias  
Especialidad de Horticultura



**Universidad Autónoma Agraria**

**"Antonio Narro"**

PROGRAMA DE GRADUADOS  
Buenavista, Saltillo, Coahuila.  
Noviembre del 2006

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

**EFFECTO DEL 1-METILCICLOPROPENO (1-MCP) Y DE LA  
AMINOETOXIVINILGLICINA (AVG) EN ROSA (*Rosa spp*) Y EN  
CLAVEL (*Dianthus caryophyllus* L) MEDIANTE APLICACIONES  
EXOGENAS DE ETILENO**

TESIS POR

**ALEJANDRO CARLO ESTRADA MELO**

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada  
como requisito parcial, para optar al grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS  
EN HORTICULTURA**

**COMITÉ PARTICULAR**

Asesor Principal

\_\_\_\_\_  
Dr. Alfonso Reyes Lopez

Asesor

\_\_\_\_\_  
Dr. Adalberto Benavides Mendoza

Asesor

\_\_\_\_\_  
MC. Regino Morones Reza

\_\_\_\_\_  
Dr. Jerónimo Landeros Flores  
Subdirector de Postgrado

**Buenvista, Saltillo, Coahuila, Noviembre Del 2006.**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios**

Por darme salud y la fuerza de voluntad necesaria para culminar con una etapa mas de mi vida

### **A las empresas Visaflor S.A. DE C.V. y Flores Follajes y Plantas del Norte S.A. de C.V.**

Por su valiosa aportación del material vegetativo con el cual se realizaron las evaluaciones.

### **Al Dr. Alfonso Reyes Lopez**

Por haber confiado en mí, por haber creído en el presente proyecto y por guiarme durante el trayecto de este trabajo.

### **Al Dr. George Staby y al Dr. Michael Reid**

Por su amable y experta asesoría en la realización del presente estudio.

### **Al M.C. Regino Moronez Reza**

Por su experta asesoría estadística en la realización del presente estudio así como por sus consejos y amistad.

### **Al Dr. Adalberto Benavides Mendoza**

Por su participación en la revisión del presente trabajo así como por sus atinadas observaciones.

### **A los técnicos y personal del departamento de Horticultura.**

A la QFB Mildred Flores y Laurita, por el apoyo recibido en el desarrollo de este trabajo de investigación.

### **A la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"**

Mi alma Mater, por las facilidades otorgadas durante el trayecto de la carrera y poder culminar una etapa mas de mi vida.

## DEDICATORIA

Con amor incondicional dedico esta tesis a mi esposa **Matilde** y a mis hijos **Cristina, Alejandro y Jimena** que me dan la motivación y la inspiración para vivir.

### **A mis Padres Cesar y Gloria**

Por todo el apoyo incondicional que me han mostrado en el transcurso de mi vida, por el sacrificio de darnos siempre lo mejor y por haberme guiado por el camino de la educación.

### **A mis hermanos Cesar, Fabiola y Ricardo**

Por ser mis mejores amigos y mis mejores aliados.

### **A mi Abuela Marina "Fresita"**

Por ser la mejor abuela del mundo y por enseñarme con el ejemplo a ser dueño de la situación y no víctima de las circunstancias.

A todos los que creen en mí.....

# COMPENDIO

**Efecto del 1-Metilciclopropeno (MCP) y de la aminoetoxivinilglicina (AVG) en Rosa (*Rosa Sp.* Cv. Royalty) y en Clavel (*Dianthus Caryophyllus L.* Cv. Delphi) mediante aplicaciones exógenas de etileno.**

POR

ALEJANDRO CARLO ESTRADA MELO

MAESTRIA

HORTICULTURA

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. NOVIEMBRE DEL 2006.

Dr. Alfonso Reyes Lopez. – Asesor –

**Palabras claves:** Clavel, Rosa, etileno, 1- metilciclopropeno, aminoetoxivinilglicina, vida de florero.

Flores de rosa y de clavel fueron tratadas con 1-metilciclopropeno (1-MCP) en forma de gas, y con aminoetoxivinilglicina (AVG) en forma de pulsado, y después fueron sometidas a cuatro concentraciones de etileno (0,0.1,1.0 ó 10 ppm) en tres periodos de exposición (24, 48 y 72 hr) a 20 °C. Los resultados de los tratamientos fueron evaluados bajo un experimento factorial en diseño completamente al azar con 6 repeticiones.

Al aplicar MCP, se observa una tendencia a incrementar la vida de florero conforme se incrementan los niveles de este factor. Cuando no se aplicó MCP se observó una vida de florero de 4.5 días para rosa y de 6.4 días para el clavel. Cuando se aplicó MCP a 800 ppb, se observó un incremento del 40 por ciento para la vida de florero de la Rosa (6.3 días) y casi duplicó la vida de florero (11.2 días) para clavel.

Además, las flores de Rosa a las cuales se les aplicó el tratamiento de 800ppb de MCP mostraron un diámetro máximo de apertura de 85.5 mm, mientras las que no recibieron el tratamiento con MCP mostraron un diámetro de 70.8 mm Este efecto fue aún mayor para las flores de Clavel, donde se observó que cuando no se aplicó el MCP se tuvo un diámetro máximo de apertura de 38.9 mm, mientras que cuando se aplicó el MCP a 800 ppb se observó un diámetro máximo de 67.9 mm.

# ABSTRACT

**Effects of 1-methylcyclopropene (MCP) and aminoethoxyvinylglycine (AVG) on rose (*Rosa spp*) and carnation (*Dianthus caryophyllus*) with exogenous ethylene applications.**

By

ALEJANDRO CARLO ESTRADA MELO

MASTER IN SCIENCE IN

HORTICULTURE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. NOVEMBER OF 2006.

Dr. Alfonso Reyes Lopez. – ADVISOR –

**Keywords:** carnation, rose, ethylene production, 1-methylcyclopropene, aminoethoxyvinylglycine, vase life.

Carnation and rose flowers were treated with 0 or 800 ppb 1-methylcyclopropene (MCP) as a gas and/or 0 or 50 ppm aminoethoxyvinylglycine (AVG) in a uptake solution and then exposed to four concentrations of ethylene (0, 0.1, 1.0 or 10 ppm) for three exposure times (24, 48 or 72 hours) at 20 °C. The results of the treatments were evaluated using a completely randomized factorial design with six replications.

MCP increased the vase life for both Roses and Carnations. When MCP was not applied, the vase life was 4.5 days for rose and of 6.4 days for carnation.

When MCP was applied at 800 ppb, there was a 40 percent increase in vase life of roses (6.3 days) and almost doubled the vase life(11.2 days) for carnations. In addition, MCP treated roses had an average flower diameter of 85.5 mm whereas non-treated controls averaged 70.8 mm. This effect was even greater for carnations where the controls averaged 38.9 mm in diameter, while the MCP treated flowers averaged 67.9 m

## INDICE DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
INDICE DE FIGURAS .....	xi
INDICE DE CUADROS.....	xiv
INTRODUCCION .....	1
REVISION DE LITERATURA .....	9
- Senescencia.....	9
- Factores que afectan la calidad de postcosecha de las flores después de corte.....	11
- Sensibilidad al etileno y senescencia de las flores .....	16
- Biosíntesis del etileno .....	21
- Ruta de las enzimas .....	24
- Regulación de la producción de etileno .....	26
- Influencia de los azúcares .....	27
- El sitio receptor del etileno .....	28
- Etileno exógeno .....	29
- Antagonistas al etileno .....	31
- Inhibidores de la síntesis del etileno .....	32
- Inhibidores de la acción del etileno .....	33
- Tiosulfato de plata .....	36
- 1-metilciclopropeno .....	37
- Aminoetoxivinilglicina .....	40
- Evolución de la respiración.....	41

- Causas de un incremento climatérico en la respiración.....	42
- Cambios estructurales, bioquímicos y metabólicos asociados con la senescencia de las flores .....	45
- Deterioro de la membrana durante la senescencia .....	53
<b>MATERIALES Y METODOS</b>	
Parte I .- Clavel	
- Material vegetativo.....	57
- Síntomas a considera para determinar la senescencia de las flores .....	60
- Tratamientos utilizados.....	39
Parte II .- Rosa	
- Material vegetativo.....	64
- Determinación de los cambios en la apariencia de las flores .....	66
-Tratamientos utilizados .....	67
Variables evaluadas.....	69
Análisis estadístico utilizado.....	70
<b>RESULTADOS ROSA</b> .....	73
<b>RESULTADOS CLAVEL</b> .....	99
<b>DISCUSION</b> .....	126
<b>CONCLUSIONES</b> .....	131
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	132
<b>APENDICE</b> .....	142
<b>ABREVIATURAS</b> .....	147

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1.- Representación esquemática de la biosíntesis del etileno....	23
2.- El climaterio.....	45
3.- Etapa cero, flores de clavel con buen desarrollo .....	60
4.- Etapa 1, flores de clavel casi totalmente abiertas con un color amarillento en el centro .....	61
5.- Etapa 2 , flores de clavel con enrollamiento de pétalos.....	61
6.- Etapa 3, flores de clavel mostrando pétalos flácidos.....	61
7.- Etapa 4, flores de clavel mostrando pétalos deshidratados....	62
8.- Cambios en la apariencia de flores de rosa para determinar la vida de florero.....	66
1-A. Efecto de los diferentes Tiempos de Exhibición en etileno sobre la vida de florero de la rosa cv. Royalty.....	74
2-A. Efecto de las diferentes Concentraciones de Etileno a las cuales fueron expuestas las rosas cv. Royalty.....	76
3-A. Efecto de los tratamientos de AVG en rosa cv. Royalty.....	77
4-A. Efecto de los tratamientos de MCP en rosa cv. Royalty.....	78
5-A. Efecto de los diferentes Tiempos de Exhibición sobre las diferentes Concentraciones de Etileno en rosa cv. Royalty....	79
6-A. Efecto de los diferentes Tiempos de Exhibición sobre los tratamientos de AVG aplicados en rosa cv. Royalty.....	80
7-A. Efecto de los diferentes Tiempos de Exhibición sobre los tratamientos de MCP aplicados en rosa cv. Royalty.....	81
8-A. Efecto de las diferentes Concentraciones de Etileno sobre los tratamientos de AVG aplicados en rosa cv. Royalty.....	82

9-A. Efecto de las diferentes Concentraciones de Etileno sobre los tratamientos de MCP aplicados en rosa cv. Royalty.....	84
10-A. Efecto de los tratamientos de AVG sobre los tratamientos de MCP aplicados en rosa cv. Royalty.....	85
11-A. Efecto de los diferentes Tiempos de Exhibición sobre el diámetro máximo de apertura en rosa cv. Royalty.....	87
12-A. Efecto de las diferentes Concentraciones de Etileno sobre el diámetro máximo de apertura en rosa cv. Royalty.....	88
13-A. Efecto de los tratamientos de AVG sobre el diámetro máximo de apertura en rosa cv. Royalty.....	89
14-A. Efecto de los tratamientos de MCP sobre el diámetro máximo de apertura en rosa cv. Royalty.....	90
15-A. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición sobre las diferentes Concentraciones de Etileno en rosa cv. Royalty....	91
16-A. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición sobre los tratamientos de AVG aplicados en rosa cv. Royalty.....	93
17-A. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición sobre los tratamientos de MCP aplicados en rosa cv. Royalty.....	94
18-A. Efecto de las diferentes Concentraciones de Etileno sobre los tratamientos de AVG aplicados en rosa cv. Royalty.....	96
19-A. Efecto de las diferentes Concentraciones de Etileno sobre los tratamientos de MCP aplicados en rosa cv. Royalty.....	97
20-A. Efecto de los tratamientos de AVG sobre los tratamientos de MCP aplicados en rosa cv. Royalty.....	98
1-B. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición en Etileno sobre la vida de florero del clavel cv Delphi.....	100
2-B. Efecto de las diferentes Concentraciones de Etileno sobre la vida de florero del clavel cv. Delphi.....	101
3-B. Efecto de los tratamientos de AVG sobre la vida de florero del clavel cv. Delphi.....	102
4-B. Efecto de los tratamientos de MCP sobre la vida de florero del clavel cv. Delphi.....	103

5-B. Efecto de los Tiempos de Exposición sobre las Concentraciones de Etileno en flores de clavel cv. Delphi.....	105
6-B. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición sobre los tratamientos de AVG aplicados en flores de clavel cv. Delphi.....	106
7-B. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición sobre los tratamientos de MCP aplicados en flores de clavel cv. Delphi.....	107
8-B. Efecto de las diferentes Concentraciones de Etileno sobre los tratamientos de AVG aplicados en flores de clavel cv. Delphi...	108
9-B. Efecto de las concentraciones de etileno sobre las Concentraciones de MCP aplicadas en flores de clavel cv. Delphi ..	109
10-B. Efecto de los tratamientos de AVG sobre los tratamientos de MCP aplicados en flores de clavel cv. Delphi.....	110
11-B. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición sobre el diámetro máximo de apertura en clavel cv. Delphi.....	112
12-B. Efecto de las diferentes Concentraciones de Etileno sobre el diámetro máximo de apertura en clavel cv. Delphi.....	113
13-B. Efecto de los tratamientos de AVG sobre el diámetro máximo de apertura en clavel cv. Delphi.....	114
14-B. Efecto de los tratamientos de MCP sobre el diámetro máximo de apertura en clavel cv. Delphi.....	115
15-B. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición sobre las diferentes Concentraciones de Etileno en clavel cv. Delphi.....	117
16-B. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición sobre los tratamientos con AVG aplicados en clavel cv. Delphi.....	118
17-B. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición sobre los tratamientos de MCP aplicados en clavel cv. Delphi.....	120
18-B. Efecto de las diferentes Concentraciones de Etileno sobre los tratamientos de AVG aplicados en clavel cv. Delphi.....	122
19-B. Efecto de las diferentes Concentraciones de Etileno sobre los tratamientos con MCP aplicados en clavel cv. Delphi.....	124
20-B .Efecto de los tratamientos de AVG y MCP aplicados en Clavel cv. Delphi.....	125

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
A1.- Análisis de varianza para el experimento factorial (3x4x2x2) en diseño completamente al azar para la variable vida de florero en rosa cv Royalty.....	143
A2.- Análisis de varianza para el experimento factorial (3x4x2x2) en diseño completamente al azar para la variable diámetro máximo de apertura floral en rosa cv. Royalty.....	144
A3.- Análisis de varianza para el experimento factorial (3x4x2x2) en diseño completamente al azar para la variable vida de florero en clavel cv. Delphi.....	145
A4.- Análisis de varianza para el experimento factorial (3x4x2x2) en diseño completamente al azar para la variable diámetro máximo de apertura floral en clavel cv. Delphi .....	146

## **INTRODUCCION**

Las flores de corte son parte importante de la vida diaria y el comercio mundial de este tipo de flores es ya muy extenso. Cada año se hacen grandes esfuerzos y se invierte gran cantidad de dinero en la producción, almacenamiento, transporte y mercadotecnia de las flores de corte. La mayoría de las flores de corte producidas en todo el mundo se venden en Norte America y Europa. Entre los principales países productores estan Colombia, Holanda, Ecuador, Kenya y Tailandia de donde se transporta por aire o bien por barco a los países consumidores. Una vez que el producto llega a los aeropuertos de los países destinos, es transportada ya sea por tren, o por vehículos terrestres a los mercados donde serán exhibidas para su venta a los minoristas. Estos minoristas después exhiben esta flor en sus tiendas donde serán compradas por los consumidores finales. Una vez adquiridas por estos consumidores, estos esperan que sus flores duren un buen tiempo en sus floreros. Por esta razón, se realizan grandes esfuerzos en llevar a cabo estudios para utilizar productos que ayuden a incrementar la vida de florero.

El consumo de flores en México es considerado suntuario y está relacionado con el nivel de ingresos de las personas, la moda y la ocurrencia de ciertas festividades en el calendario. Esto hace de la floricultura un rubro

dinámico y exigente. Las variedades, las tecnologías de producción y los mercados se encuentran ante una demanda en permanente cambio, que desafía la capacidad de adaptación de los actores involucrados. La tendencia actual es hacia la producción de flores de alta calidad. Es decir, que las flores estén libres de plagas y enfermedades, sin daño visual, que los botones se abran cuando corresponda y con un manejo poscosecha que permita mantener a las flores un tiempo prolongado en el florero, sin marchitarse.

La rosa es el principal cultivo ornamental en México. El Edo. de México es la principal región productora de flores de corte del país con aprox. 5,400 Has, presentando además altos rendimientos. Del total de la producción el 90 por ciento es para el mercado nacional y el 10 por ciento para exportación. Del total de las exportaciones que se realizan un 93.70 por ciento es hacia Estados Unidos, el 6 por ciento a Canadá y el resto entre Inglaterra, Alemania, Holanda, Italia y Suiza (SAGARPA).

Entre las principales flores importadas por E.U.A. en el año 2004, está la rosa con aprox. 2,003 millones de tallos y el clavel con aprox. 831 millones de tallos (USDA).

Dos de las principales amenazas y debilidades que presenta la horticultura ornamental en nuestro país están: la carencia de una infraestructura adecuada para la comercialización de flores, follajes y plantas ornamentales así como inadecuados procesos de poscosecha, de empaque y de distribución.

La vida de florero de las flores de corte está determinada por varios factores fisiológicos que determinan la velocidad de senescencia. Se requiere primeramente, entender a estos factores para diseñar los tratamientos que ayuden a prolongar la vida de florero y retrasar la senescencia de las flores de corte.

La senescencia de las flores climatericas como el clavel (*Dianthus caryophyllus* L cv. Delphi) y la rosa (*Rosa* sp. Cv. Royalty) se caracteriza por un incremento climaterico en la respiración y en la síntesis del etileno durante las ultimas etapas. Al aumento en la producción de etileno le sigue un incremento en la sensibilidad de las flores al etileno.

La senescencia durante la poscosecha es la mayor limitante para el mercado de muchas especies de flores de corte y se han realizado diversos esfuerzos para desarrollar tratamientos de poscosecha que ayuden a prolongar el periodo de mercado de estas flores.

El etileno es uno de los factores mas importantes que limitan la longevidad de las flores de corte climatéricas como el clavel, freesia y rosa. La acumulación de etileno en las atmosferas de almacenamiento y empaque pueden provocar una producción autocatalítica de etileno y acelerar la senescencia en estas flores. Entre otros de los factores que pueden afectar la longevidad de las flores de corte estan la calidad del agua y la disponibilidad de

sustratos respirables. Al diseñar preservadores florales para incrementar la longevidad de las flores habrá que tener en mente estos factores.

La USDA reporta que el etileno puede provocar hasta un 30 % del total de las mermas tanto en flor de corte como en plantas en maceta. Al etileno se le atribuyen efectos como: caída extrema de hojas, amarillamiento de la hojas, caída de pétalos, decoloración en pétalos, cuello de cisne, flores cerradas y marchitamiento de flores.

Un estudio de la Universidad de Guelph en 1999 indica que los porcentajes en promedio de los niveles de etileno que existen son: para los productores (115 ppb), para distribuidores (3.88 ppm) y minoristas (914 ppb). Niveles de Etileno por arriba de las 100 ppb pueden provocar daños en las flores cuando están expuestas en periodos mayores de 24 hr. Niveles de 250 ppb pueden provocar daños en la flor cuando se exponen a periodos de 12 hrs. Bajas temperaturas (1-3 °C) ayudan a disminuir los daños por etileno. (Floralife, Bulletin Vol 3, Issue 1, 1999).

El ion plata, aplicado como tiosulfato de plata (STS siglas en inglés) ha sido ampliamente utilizado como retardante en la senescencia para muchas flores de corte sensibles al etileno. La plata reduce la capacidad del etileno a unirse y suprime la producción de etileno endógeno por lo que retrasa la aparición de características como la marchitez prematura, enrollamiento de los pétalos y la abscisión de flores y botones. Sin embargo, la principal

preocupación sobre el uso de la plata es que ésta es un metal pesado por lo que representa peligro para el medio ambiente y muchos países están trabajando para que ya no sea utilizado de manera comercial.

Se ha demostrado que el 1-MCP previene la acción del etileno a través de una inhibición competitiva. Está demostrado que el 1-MCP alarga la vida de un amplia número de flores de corte y plantas en maceta. Dado que el 1-MCP no es considerado tóxico para los humanos, los estudios se han realizado en frutas y verduras dando resultados similares en cuanto a alargar la vida de anaquel. El 1-MCP ha sido aprobado en diversos países para ser utilizado en flores y ha sido ambientalmente aceptado como una alternativa al tiosulfato de plata (STS).

Para contrarrestar el efecto de este gas también se han utilizado desde hace algún tiempo diversas sustancias químicas como la Aminoetoxivinilglicina (AVG) el cual es un inhibidor de la síntesis del etileno que al aplicarse a cultivos de hortalizas, frutales y en algunas especies ornamentales prolonga la vida de anaquel satisfactoriamente. , un ejemplo de ello es la aplicación de 200 mM de AVG en el agua de florero de clavel cv. "Peterson" lo que redujo: la producción interna de etileno, la senescencia y la sensibilidad de la flor a la aplicación exógena de este gas en flores de Lila (*Syringa vulgaris*) aplicaciones de 0.02 mM de AVG incrementaron visiblemente la vida en florero del geranio o *Pelargonium* la aplicación de 100-200ppm de este inhibidor proporcionó mayor

vida en florero en rosa de corte cv. Royalty aplicaciones foliares de 25 ppm de AVG incrementaron la vida en florero cinco días al igual que las aplicaciones de 50 ppm en el agua de florero.

### **Justificación**

En las dos últimas décadas, la industria florícola ha experimentado muchos cambios. Nuevos desarrollos científicos en el área hortícola, en refrigeración, en el transporte y en la comercialización han hecho que la cadena de distribución de las flores de corte haya crecido, generando que cada paso afecte la calidad y longevidad de estas ornamentales. Por lo tanto un conocimiento lo mas completo posible de cómo manejar y cuidar las flores de corte, se traduce en un mejor comportamiento de poscosecha. Lo anterior a su vez genera que el consumidor pueda disfrutarlas por más tiempo y tanto el productor como el comercializador obtengan una mayor ganancia económica.

### **OBJETIVO GENERAL**

El objetivo del presente trabajo fué evaluar el efecto del 1-MCP y del AVG sobre el tiempo de vida en florero y la apertura máxima del botón de la rosa cv. Royalty y del clavel cv. Delphi, las cuales fueron tratadas con aplicaciones exógenas de etileno a diferentes concentraciones y en diferentes tiempos de exposición al etileno.

## OBJETIVOS ESPECIFICOS

En este trabajo se pretende documentar:

- El efecto del MCP sobre la vida de florero y diámetro de la rosa cv. Royalty y del clavel blanco cv. Delphi sometidas a diferentes atmósferas de etileno (0.1, 1 y 10 ppm) en tres periodos distintos de exposición (24, 48 y 72 horas).
- El efecto del AVG sobre la vida de florero y diámetro de la rosa cv. Royalty y del clavel blanco cv. Delphi sometidas a diferentes atmósferas de etileno (0.1, 1 y 10 ppm) en tres periodos distintos de exposición (24, 48 y 72 horas).
- El efecto de la interacción MCP-AVG sobre la vida en florero y diámetro de la rosa cv. Royalty y del clavel blanco cv. Delphi sometidas a diferentes atmósferas de etileno (0.1, 1 y 10 ppm) en tres periodos distintos de exposición (24, 48 y 72 horas).

## **HIPOTESIS**

- Tanto el 1-MCP como el AVG aplicados de manera independiente mejoran la vida de florero de la rosa cv. Royalty y del clavel cv. Delphi (sin afectar la calidad visual de las flores) en comparación al testigo.
- La aplicación conjunta del 1-MCP+AVG incrementan la vida de florero de la rosa cv. Royalty y del clavel cv. Delphi (sin afectar la calidad visual de las flores) en relación a la aplicación independiente de estos compuestos.

## REVISION DE LITERATURA

### Senescencia

La senescencia es uno de los pasos menos definidos en el desarrollo biológico. Al cambio más drástico de una serie de cambios que conducen a la muerte de un organismo se le ha referido como senescencia. La senescencia puede ser definida como la fase final en la ontogénesis de un órgano en la cual una serie de eventos irreversibles se inicia y le sigue un daño celular y por ende la muerte del órgano. (Sacher, 1973).

La vida natural de un órgano ó de un organismo, puede ser dividida en 4 fases. La primera es llamada división celular, en la cual el volumen de una célula madura se divide en cuatro volúmenes pequeños. Este acontecimiento es seguido de una elongación celular en el cual uno o ambos productos de la división celular se incrementan en tamaño. La tercera fase es la diferenciación celular, en la cual la célula se especializa en uno de los varios órganos posibles. La senescencia es la cuarta y última fase del desarrollo. (Biale, 1950).

Leopold (1980) define la senescencia como el proceso deteriorativo el cual ocasiona la muerte natural. Envejecimiento, en contraste, se refiere al proceso acumulativo de madurez al paso del tiempo. El envejecimiento, por lo

tanto incluye una mayor gamma de procesos fisiológicos los cuales pueden debilitar al organismo o bien ser neutros con respecto a la capacidad biológica del organismo a sobrevivir. La senescencia por el contrario, se refiere a los cambios propiciados por la regulación endógena de la muerte (Leopold,1980).

Un rasgo típico de la senescencia, sea de una célula o de un organismo, es que es un fenómeno correlativo. Normalmente se considera que la senescencia puede ser controlada mediante el uso de hormonas (Wareing, 1977; Lepold and Noodén, 1988). Existen hormonas que promueven la senescencia y hormonas que retardan la senescencia. El etileno y las citocininas son de las hormonas más representativas de este tipo. Mientras que las citocininas en una amplia gamma de tejidos no tienen una función como retardante universal de la senescencia, otras hormonas pueden tener funciones significantes para ciertos tejidos. El etileno, frecuentemente es un promotor de la senescencia, pero en algunos tejidos no es el promotor primario de la senescencia (Noodén and Leopold, 1978). Las diversas partes de una planta influyen una con otra de tal forma que se logra una coordinación en el proceso de desarrollo (Wareing, 1977). La más extensa y reciente literatura en cuanto a los controles correlativos se enfoca en las flores. Las flores aparentan ser un modelo excelente para el estudio de los procesos fundamentales involucrados en el control de la senescencia debido a que tiene un periodo de vida bien definido y es un producto mucho más perecedero que hojas y frutas. En particular, se ha observado que los pétalos de muchas flores son capaces de sobrevivir por largos períodos de tiempo pero se marchitan rápidamente

después de la polinización. En orquídeas, petunias, clavel y algunas otras flores, la polinización ocasiona que la estructura femenina produzca un efecto que probablemente sea etileno o bien el precursor del etileno el cual es transmitido a los pétalos y a otras partes donde se induce la senescencia (Nichols, 1977; Whitehead et al., 1984; Hoekstra and Wages, 1986; Whitehead and Halevy, 1989). Los estudios de los procesos que se dan durante la senescencia natural pueden ser realizados sin recurrir a la aplicación de "tratamientos para el envejecimiento". (Halevy and Mayak, 1979).

## **Factores que Afectan la Calidad de Postcosecha de las Flores**

### **Después de Corte**

#### **Madurez.**

El punto mínimo de corte es la etapa a la cual los botones florales pueden abrir completamente y mostrarse en exhibición después de su distribución. El punto de corte adecuado para algunas flores es en etapa de botón ya que estas abriran después de su transporte, distribución y almacenamiento. Para algunas otras flores será cuando los botones muestren apertura (rosa, gladiola); otras se cortaran cuando estén completamente abiertas (crisantemo, clavel). Las flores destinadas a mercados locales normalmente son cosechadas en etapas mas abiertas que aquellas destinadas para mercados de exportación.

### **Alimento Floral.**

La elevada tasa de respiración así como el rápido desarrollo de los botones florales hacen necesario e indispensable el proveer de carbohidratos a las flores después de corte. Los almidones y azúcares almacenados en los tallos, hojas y en los pétalos proporcionan la mayoría del alimento necesario para la adecuada apertura y mantenimiento de las flores de corte. Estos niveles de carbohidratos son mayores cuando las plantas crecen en condiciones de alta luminosidad así como con un adecuado manejo cultural. Los niveles más altos de carbohidratos normalmente se presentan después en las últimas horas del día, cuando las plantas han estado todo el día con sol. Sin embargo, se recomienda cortar las flores preferentemente por las mañanas debido a que las temperaturas son bajas, a que la planta contiene altas cantidades de agua y que se dispone de todo el día para procesar las flores cortadas.

La calidad y la vida de florero para muchas flores pueden ser mejoradas pulsando los tallos después de cortados en una solución que contenga azúcar.

### **Temperatura**

La rápida respiración que presentan las flores de corte, lo cual es un indicador de la tasa de crecimiento y senescencia, genera calor como una consecuencia. Como en todo sistema biológico, la respiración de las flores de corte se incrementa logaritmicamente conforme se incrementa la temperatura.

Por ejemplo, una flor colocada a 29°C respira aproximadamente 45 veces más rápido que esas mismas flores mantenidas a 2°C. La tasa de senescencia puede disminuirse considerablemente enfriando las flores. Dado que una disminución en la temperatura reduce significativamente la respiración, un enfriado rápido y un mantenimiento adecuado de esta temperatura son esenciales para mantener la calidad y una vida en florero satisfactoria de las flores de corte.

La temperatura óptima mas común que se recomienda para almacenamiento de la mayoría de las flores es de 0°C, justo arriba del punto de congelación. Sin embargo muchas flores como las tropicales sufren daños por quemadura de frío si son almacenadas por debajo de los 10°C. Algunos síntomas de estas quemadura son: necrosamiento de los pétalos, pétalos transparentes y en casos muy severos la caída y deshidratado de pétalos y hojas.

### **Agua**

Las flores de corte, principalmente aquellas cuyos tallos presentan muchas hojas, poseen una gran superficie, por lo tanto pierden agua y se marchitan rápidamente. Estas flores deberán ser almacenadas en humedades de un 95 por ciento, principalmente durante almacenamientos prolongados. La pérdida de agua se reduce considerablemente a bajas temperaturas, lo cual es otra razón por lo que se recomienda enfriar las flores.

Aún y cuando las flores hallan perdido agua (durante el transporte y/o almacenamiento), estas pueden ser completamente rehidratadas utilizando técnicas adecuadas. Las flores de corte absorben agua sin dificultad siempre y cuando no halla alguna obstrucción en el tallo como burbujas de aire, bacterias o una pobre calidad de agua.

### **Enfermedades**

Las flores de corte son susceptibles a varias enfermedades, no solo por sus pétalos delicados sino por el azúcar segregado por su mismo nectar que representa una excelente fuente de nutrientes para diversos patógenos. Algo que es también muy dañino es el transferir las flores de algún lugar frío a otro caliente ya que esto dá como resultado una condensación del agua sobre las flores cosechadas. La espora del moho gris (*Botrytis cinerea*) puede germinar aún en condiciones donde no halla humedad. En las cabezas florales húmedas, este hongo puede crecer a temperaturas cercanas a congelación. Por lo tanto una adecuada limpieza, control de la temperatura y reduciendo al máximo la condensación sobre las flores se reduce el problema con esta enfermedad.

## **Etileno**

El envejecimiento y la senescencia de las plantas superiores son procesos genética y ambientalmente regulados e íntimamente relacionados con la interacción de hormonas. Una hormona de la planta bien reconocida es el etileno ( $C_2H_4$ ) la cual es peculiar y es un hidrocarburo gaseoso simple el cual es biológicamente activo en cantidades pequeñas y es producida como un producto natural por muchos tejidos de las plantas (Adams and Yang, 1981). Este compuesto volátil es considerado también como una hormona endógena de la planta para el control de varios fenómenos involucrados en el crecimiento de las plantas de los cuales la estimulación a la senescencia es el más sobresaliente (Yang, 1980).

La senescencia en flores de corte de clavel se debe principalmente al etileno producido endógenamente por las mismas flores (hormona de la planta) o bien por el etileno presente en el medio ambiente en el cual son expuestas las flores (Nichols, 1979; Reid et al., 1980). En los claves, la senescencia de los pétalos está asociada con un incremento (parecido-climaterio) en la producción de etileno durante las etapas finales. Este incremento en la producción de etileno esta acompañado por un enrollamiento irreversible y marchitamiento de los pétalos (Nichols, 1979; Buffler et al., 1980; Peiser, 1989). El patrón (climaterio) en la producción de etileno muestra dos fases distintas. Durante la primera fase, la producción de etileno se mantiene baja por los primeros 4 a 6

días después de la cosecha. Esta fase es seguida por una fase autocatalítica caracterizada por un incremento logarítmico lineal en la producción de etileno. Los primeros síntomas visibles de marchitez en el clavel son observados durante, o justo después de que se dá este incremento en la producción de etileno (Dilley and Carpenter, 1975).

El etileno es una de las sustancias más simples, que sin embargo tiene una amplia esfera de actividades en la planta. El etileno representa un elemento importante del sistema de regulación endógena en las plantas, especialmente durante la maduración y envejecimiento. El etileno, al estimular el envejecimiento, frecuentemente causa también graves pérdidas en la producción de frutas, hortalizas y flores. El problema de inhibir, o por lo menos retrasar el proceso de envejecimiento del material vegetal, es siempre un reto en la agricultura y esta es una razón importante para desarrollar las investigaciones sobre este regulador.

### **Sensibilidad al Etileno y Senescencia de las Flores**

El desarrollo de la sensibilidad frente a sustancias de crecimiento como auxinas, citocininas y etileno parece preceder al proceso de desarrollo que esto induce (Trewavas, 1982; Whitehead and Vasiljevic, 1993). En muchas flores, el etileno juega un papel muy importante en la iniciación y regulación de los procesos que acompaña a la senescencia de la corola. La senescencia en las flores como en clavel (*Dianthus caryophyllus*) y petunia híbrida se caracteriza

por un incremento en el periodo climatérico en la producción de etileno durante las etapas finales (Nichols et al., 1983; Whitehead et al., 1984) así como en un temprano incremento en la sensibilidad de la corola al etileno, lo cual precede al inicio del período climaterico del etileno (Whitehead and Havelly, 1989; Whitehead and Vasiljevic, 1993). Este incremento en la sensibilidad durante la fase pre-climaterica tiene que ver con un aumento de la capacidad de los tejidos de los petalos de ligar al etileno a su sitio receptor de la membrana (Brown et al., 1986 Whitehead and Vasiljevic, 1993). La disminución de ligar etileno que comienza justo antes de que aumente el periodo climaterico en la producción de etileno se podría atribuir a la saturación de los sitios de liga por el etileno (Whitehead and Bossé, 1991), o a cambios en la composición de la membrana (Brown et al., 1986), o bien en ambas.

Aunque la respuesta de las flores al etileno es claramente dependiente de la disponibilidad de los sitios receptores, este no es el unico factor para determinar la capacidad de los tejidos de ligar etileno. La afinidad de estos sitios receptores con el etileno también juegan un papel muy importante en el control de la sensibilidad al etileno. Brown et al (1986), demostraron un solo tipo de sitio receptor para los periodos pre y pos climatericos de los petalos. Sin embargo, la afinidad del sitio receptor con el etileno disminuye en los pétalos viejos.

Las diferencias a la sensibilidad al etileno debido a las diferencias en la afinidad de las moléculas receptoras del etileno se saben también que varían

entre las diferentes variedades de clavel. El extender la vida de florero de algunas variedades es el resultado tanto de la incapacidad de producir etileno como de disminuir la capacidad de respuesta a la hormona (Wu, Zacarias and Reid, 1991; Brandt and Woodson, 1992).

De acuerdo con Whitehead et al., (1984), la sensibilidad al etileno se incrementa después de la polinización. Esto es seguido de un incremento en la síntesis de ACC y del etileno. Sin embargo, el incremento en la sensibilidad al etileno es independiente de la síntesis del ACC y del etileno, debido a que esto ocurre en flores polinizadas tratadas con aminoetoxivinilglicina (AVG), el cual es un inhibidor de la ACC-sintasa. La aplicación de cadenas cortas saturadas de ácidos grasos, ácido octanoicos y decanoicos a los estigmas de las flores no polinizadas de *Petunia* híbrida dieron como resultado un incremento en la sensibilidad al etileno similar a lo observado en flores polinizadas (Whitehead and Halevy, 1989). Esto significa que los ácidos grasos pueden estar involucrados en estimular la sensibilidad al etileno en la corola. Estos ácidos son sintetizados en los estilos de las flores polinizadas de donde son transportados a la corola para dar un incremento en la sensibilidad al etileno. También se ha sugerido que las cadenas cortas de ácidos grasos saturados pueden estar involucrados en varios procesos de crecimiento que van desde la inhibición del polen y germinación de la semilla (Berrie et al., 1979; Iwanami and Iwadare, 1979; Metzger and Sebesta, 1982) hasta yemas de crecimiento (Tso, 1964) y movimientos estomatales (Wilmer et al., 1978).

Aunque el mecanismo exacto de donde actúan estos ácidos para incrementar la sensibilidad al etileno es desconocido, el sitio de acción se presume que es en las membranas celulares (Babiano et al., 1984), dentro de las cuales estos ácidos son incorporados (Berrie et al., 1975; Iwamani and Iwadare, 1979), resultando en modificaciones de las actividades de los sistemas de intercambio celular y en el incremento en la permeabilidad de las membranas (Berrie et al, 1979; Hyodo and Tanaka, 1982). Esto hace posible que tales cambios pudieran ocasionar un incremento en la capacidad de los tejidos para ligar etileno. De acuerdo a Whitehead and Bossé (1991), el incremento en la sensibilidad al etileno ocasionada por estos ácidos está relacionado con un incremento en la capacidad de los tejidos para ligar etileno. Por lo que se pudiera pensar que las cadenas cortas de ácidos grasos las cuales fluctúan entre los  $C_7$  a los  $C_{10}$  son los factores responsables del incremento en la sensibilidad al etileno durante la senescencia de las flores (Whitehead, 1994).

La existencia de un "factor" transmisible de sensibilidad fue demostrada en petunia mediante la aplicación de un exudado, el cual fue recolectado después que fueron recortados los estilos polinizados a los estigmas de flores no polinizadas, esto dió como resultado una aceleración en la senescencia. También se observó un incremento drástico en la sensibilidad de las flores al etileno. El testigo fueron flores tratadas sin el exudado de flores no polinizadas (Whitehead and Havely, 1989). Los "factores de sensibilidad" fueron revelados cuando los exudados de los estilos en flores polinizadas de clavel y petunia se

analizaron para determinar el contenido de ácidos grasos. Se encontraron grandes cantidades de cadenas cortas de ácidos grasos saturados (longitud de las cadenas de C<sub>7</sub> a C<sub>10</sub>). (Whitehead and Helevy, 1989; Whitehead and Vasilejic, 1993). La aplicación de estos ácidos en los estigmas de flores no polinizadas resultó en la estimulación a la sensibilidad al etileno en las corolas muy parecido a lo observado en flores polinizadas. También se demostró que cuando los ácidos son aplicados a los estilos, estos son transportados rápidamente del estigma a la corola sin acumularse en ninguna parte de la flor durante este trayecto (Whitehead and Havelly, 1989).

Las relaciones entre las cadenas cortas de ácidos grasos saturados y la sensibilidad al etileno esta confirmada por el rápido incremento en los niveles de las cadenas cortas de ácidos grasos a lo cual le sigue un incremento a la sensibilidad al etileno durante las primeras 12 horas después de la polinización (Whitehead, 1994). La acción de estos ácidos se piensa que se da en las membranas celulares debido a que las flores tratadas con estos ácidos dieron como resultado un cambio en las propiedades físicas de estas membranas (Halevy et al., 1996). Esto pudiera provocar un incremento en la permeabilidad de la membrana así como una sensibilidad al etileno.

## Biosíntesis del Etileno

Historicamente, el ímpetu por revelar la identidad de los compuestos intermedios en la biosíntesis del etileno se debe a los estudios con sistemas de modelos químicamente definidos (Lieberman, 1968). El etileno es fácilmente generado cuando sustratos como el ácido linolénico, propanol, metional o la metionina reaccionan con sus radicales libres o con la transición de metales que actúan como catalizadores (Lieberman and Kunishi, 1968) Sin embargo, la metionina ha sido establecida como el mayor precursor del etileno en las plantas superiores.

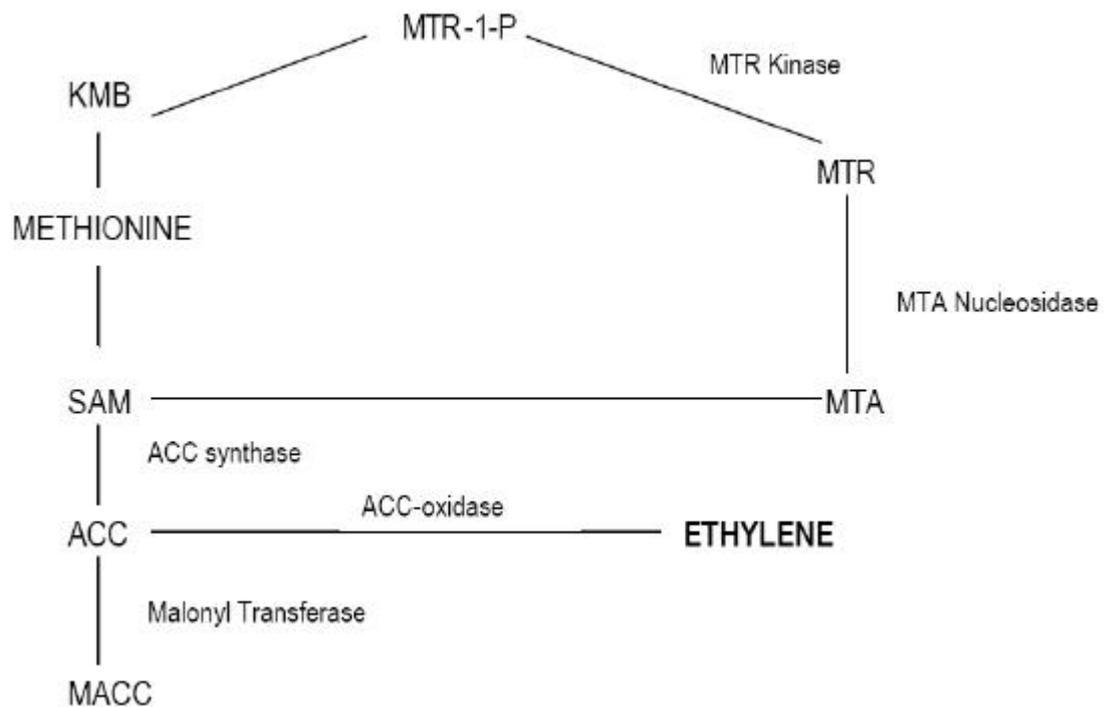
El primer paso en la síntesis del etileno es la conversión de la metionina y ATP en S-adenosilmetionina (SAM), catalizado por la enzima SAM sintasa. SAM es convertida por la ACC sintasa en ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) y 5-metiltioadenosina (MTA). La MTA puede ser reciclada a metionina, por lo tanto permite la producción de grandes cantidades de etileno aún y cuando las concentraciones de metionina sean bajas. La ACC es el precursor inmediato del etileno. La oxidación del ACC por la enzima ACC oxidasa da como resultado la producción de etileno, CO<sub>2</sub> y HCN. El HCN se une luego con la cisteína produciendo β-cianoalanina y esta a su vez es transformada en asparagina. Gracias a esta reacción no se acumula HCN en los tejidos aún y cuando sea muy rápida la biosíntesis de etileno.

Es ampliamente conocido que la producción de etileno se detiene cuando los tejidos de las plantas son colocados bajo condiciones anaerobicas y que existe un incremento en la producción de etileno cuando estos tejidos son expuestos al aire. Esto indica la presencia de un compuesto intermedio que se acumula durante la incubación anaerobica, el cual es subsecuentemente convertido a etileno después que ha sido expuesto al oxígeno (Beyer, 1976). El metabolismo de la metionina en tejidos de manzana se investigó bajo estas condiciones por Adams and Yang (1981). En el aire, la metionina fue eficientemente convertida a etileno. En nitrógeno, sin embargo, la metionina no fue metabolizada a etileno pero en lugar fue convertida en MTA y en un compuesto desconocido. Este compuesto después fue identificado como ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) el cual ahora es universalmente aceptado como el precursor inmediato del etileno.

El ACC además de convertirse en etileno es a veces metabolizado hacia el ácido 1-malonilaminociclopropano-1-carboxílico conocido como malonil-ACC el cual es un compuesto no volátil. (Roberts and Hooley, 1988). Aunque la malonilación es considerada como irreversible en las condiciones fisiológicas, en los brotes de berro (*Rorippa nasturtium aquaticum*) y en los discos cortados de hojas de tabaco se ha constatado que existe también la conversión hacia "atrás" de MACC a ACC (Adams and Yang., 1979). Se ha observado además que tratando con MACC las flores viejas de claveles se estimula la producción del etileno, pero su conversión al etileno no ocurre a través del ACC. La

malonilación puede ser entonces un elemento del sistema regulatorio del nivel de ACC y etileno en los tejidos.

Recientemente fue descubierto otro conjugado de ACC, el GACC o glutamyl-ACC o ácido 1-(a-L.glutamilamino)-ciclopropano-1-carboxílico, el cual puede eventualmente desempeñar un papel semejante al MACC.



**Figura 1: Representación esquemática de la biosíntesis del etileno.**(Noodén and Leopold, 1988)

## Ruta de las Enzimas

Poco se conoce acerca de la naturaleza de las enzimas involucradas en la biosíntesis del etileno. La enzima que cataliza la conversión de SAM a ACC ha sido identificada como ACC-sintasa. Dado que la ACC-sintasa requiere de un fosfato de piridoxal para lograr su máxima actividad y es inhibida por la aminoetoxivinilglicina (AVG) y el ácido aminooxiacético (AOA), se cree que la ACC-sintasa es una enzima dependiente del fosfato de piridoxal (Yang, 1980; Beyer, 1976; Sisler and Yang, 1984; Roberts and Hooley, 1988). El oxígeno está directamente involucrado en la conversión de ACC a etileno (Beyer, 1976), y niveles bajos de oxígeno podrían por lo tanto inhibir esta reacción. Un incremento en la temperatura tiene efectos negativos en la actividad enzimática que controla la biosíntesis del etileno (Yang, 1980). La aplicación de ACC a varios órganos de la planta, incluyendo raíces, tallos, hojas, frutos y flores, ha dado como resultado un incremento en la producción de etileno, lo cual sugiere que la formación de ACC es el valor límite en la reacción de la biosíntesis del etileno (Yang, 1980).

Las observaciones realizadas en la regulación de la producción de etileno en la maduración de frutos señalan que la aplicación de ACC a frutos pre-climatericos de tomate mejoró significativamente el proceso de maduración (Yang, 1980). Esto indica la posibilidad de que un ligero incremento en la producción de etileno ocasionado por la aplicación de ACC es capaz de mejorar el proceso de maduración tal como lo hace la aplicación exógena del gas

etileno. Esta capacidad que tienen los tejidos de sintetizar grandes cantidades de etileno en respuesta a la aplicación de bajas concentraciones de etileno se ha definido como el efecto autocatalítico (Mayak and Halevy, 1994).

El etileno también inhibe su propia biosíntesis mediante un posible mecanismo de retroalimentación conocido como autoinhibición. Aunque este tipo de regulación en la producción de etileno ha sido conocido durante mucho tiempo (Vendrell and McGlasson., 1971), el sitio exacto se demostró después de haber sido descifrada la biosíntesis del etileno.

Experimentos recientes han mostrado que la biosíntesis del etileno procede en diferentes plantas de la misma manera; solo los mecanismos que regulan este proceso pueden diferir.

En los tejidos vegetativos el aumento de la producción del etileno depende, en principio solo de la actividad de la sintasa de ACC, ya que el ACC exógeno aplicado a estos tejidos es rápidamente transformado a etileno (Cameron et al., 1979. Lurssen K, et al., 1979). La habilidad de oxidación rápida de ACC hasta etileno es entonces un elemento estructural de los tejidos vegetativos.

El comportamiento de la mayoría de los frutos y flores es diferente de lo mencionado anteriormente. Los frutos durante la fase temprana, preclimática de maduración y también las flores que todavía no envejecen se caracterizan

por la escasa producción del etileno y bajo nivel de ACC (Hoffman Ne, Yang SF. 1980. Krotkov G. 1941. Nowacki J. Plich H. 1984). También la actividad del ACC oxidasa es debil en ellas (Liu Y, Hoffman, Yang SF, 1985. Monsour R et al., 1985. Sitrit et al., 1986). Sin embargo, cuando empieza la maduración de los frutos o el envejecimiento de las flores la producción de etileno sube, lo cual está conectado con el incremento de la actividad, tanto de la ACC sintasa como de ACC oxidasa (Buffler G, 1984. Plich H, 1989. Yang SF.1985). Todavía no se sabe cual de estas dos enzimas se activa primero. La mayoría de los resultados demuestran que la actividad de estos dos eslabones que son los mas importantes en la biosíntesis del etileno está estrechamente coordinada y el factor de coordinación es la acción autocatalítica del etileno (Liu Y, Hoffman, Yang SF, 1985, Plich H, 1989).

### **Regulación de la Producción de Etileno por la Luz y el Dioxido de Carbono**

Gepstein y timan (Gepstein S, Timan KV, 1980.), fueron los primeros en observar que la luz inhibe la conversión del ACC a etileno en fragmentos de hojas de avena. Sin embargo parece que no es la luz per se sino los metabolitos que se forman en la luz de CO<sub>2</sub> los que regulan la conversión del ACC a etileno (Kao Ch, Yang SF, 1982). El efecto del CO<sub>2</sub> es rapido y reversible, lo que indica que el CO<sub>2</sub> influye en la actividad de la ACC oxidasa y no en la síntesis de esta enzima (Fernandez at el, 1993). Por otro lado, se conoce que el CO<sub>2</sub> en un nivel elevado (de 2-5 por ciento) prolonga la vida en

postcosecha de manzanas y otras frutas. La forma en que el CO<sub>2</sub> inhibe la producción de etileno no está bien definida.

### **La Influencia de los Azúcares Sobre la Producción de Etileno en la Planta**

Hay pruebas de que el nivel de azúcares en los tejidos tiene importancia para la regulación de la producción del etileno y para el envejecimiento de los órganos. Los azúcares se aplican en las preparaciones utilizadas para prolongar la vida "en el florero" de flores cortadas. En experimentos con pétalos de clavel, se ha constatado que los azúcares inhiben la producción de etileno en la etapa de oxidación del ACC. El sorbitol produce un efecto más fuerte, la fructosa es menos activa y todavía menos la glucosa (Mayak S, Borochoy A. 1984). Probablemente los azúcares desempeñan el papel de eliminadores de radicales libres los cuales de alguna manera participan en la conversión de ACC a etileno. La inhibición de la síntesis del etileno por azúcares puede dilucidar el problema porque las hojas sombreadas, las cuales probablemente sufren la escasez de azúcares, envejecen prematuramente y también porque sube la producción de etileno en los frutos pequeños de manzanos, los cuales sufren subalimentación debido a la competencia por asimilados de parte de los frutos más grandes en la infrutescencia (Jankiewicz LS, 1985).

## El Sitio Receptor del Etileno

El etileno, como la mayoría de las hormonas de las plantas, se debe unir a un sitio receptor específico de la molécula, de tal manera que lo transporte a su acción fisiológica (Sisler, 1980; Goren et al., 1984; Sisler and Yang, 1984; Brown et al., 1986). El sitio receptor del etileno parece estar localizado en la membrana del retículo endoplasmático (Beyer, 1976; Sisler and Yang, 1984), en el aparato de Golgi (Beyer, 1976) y en el plasmalema (Sisler and Yang, 1984). De acuerdo con Beyer, (1976), el sitio receptor es cambiante con el calor y solamente es destruida en forma parcial por enzimas proteolíticas, lo cual sugiere que las moléculas receptoras pudieran esconderse dentro de las membranas.

En *Phaseolus vulgaris*, la proteína que se une al etileno ha sido purificada y caracterizada. Esta aparenta ser una proteína hidrofóbica unida a la membrana (Sisler, 1980; Beyer et al., 1984), con alta afinidad y especificidad por el etileno. Sin embargo, existen ciertos argumentos que se oponen a que la proteína sea el receptor del etileno, ya que los receptores cinéticos demandan altos valores de asociación y disociación mientras que los valores de las proteínas extraídas de *Phaseolus vulgaris* son lentos.

Trabajos experimentales tomados de Brown et al., (1986), muestran que la unión del etileno en los pétalos de clavel permanecen altos en flores pre-senescentes y solamente empiezan a declinar una vez que inicia el proceso de

senescencia. En el caso de hojas de tabaco, la unión del etileno cambia durante el desarrollo y senescencia del follaje (Goren et al., 1984). Durante el proceso de senescencia en claveles, la organización molecular de las membranas se comienza a alterar. Conforme los tejidos envejecen, la fluidez de las membranas celulares disminuyen, de este modo se altera la deposición del sitio de unión del etileno en las membranas. Esto origina una modificación en su capacidad para unir etileno. Se ha pensado que tales cambios son producidos por un desplazamiento vertical de las proteínas en la doble capa de lípidos de la membrana. Como resultado se han inducido cambios conformacionales a los cuales le siguen una alteración en las funciones de las proteínas. Además, al rompimiento de las membranas celulares durante la senescencia de los pétalos le sigue una gran disminución de fosfolípidos de lo cual se pueden esperar cambios en la disponibilidad de sitios receptores de etileno en los tejidos (Brown et al., 1986).

### **Etileno Exógeno**

El etileno exógeno puede producir diversas respuestas en los tejidos de las plantas. Al exponer flores de clavel a etileno resultó en un incremento en la producción de etileno endógeno autocatalítico y al mismo tiempo en una senescencia y marchitez acelerada de los pétalos (Nichols, 1968; Wilkinson et al., 1995; Sisler and Yang, 1984).

La senescencia de los claveles se puede comprobar con la aplicación de tan solo 30nl/litro de etileno. Una exposición de 9 a 12 horas es suficiente para que las flores utilizadas en el experimento se marchiten en solo 2 días. (Mayak et al., 1977). Esto demuestra la inherente variabilidad de las flores en relación a su sensibilidad al etileno que existe en una población dada. (Mayak and Kofranek, 1976; Mayak et al., 1977). Las flores desarrollan un temprano síntoma de marchitamiento cuando son tratadas con etileno el cual desaparece al suspenderse el tratamiento con etileno. Esto sugiere que más allá de una temprana aparición visual de los síntomas se requiere de etileno para sustentar el "síndrome de la senescencia" (Mayak and Kofranek, 1976).

Tratamientos realizados en plátano con etileno durante la fase pre-climaterica aceleraran su maduración. Sin embargo, para saber hasta que punto esta maduración es acelerada depende en gran medida del tiempo de exposición al etileno. La maduración ocurre más rápido en frutos expuestos al etileno por 24 horas que en aquellos expuestos a periodos mas cortos. Esto hace pensar que la aceleración en la maduración de los frutos por la aplicación de etileno esta relacionada con la capacidad que tienen los tejidos de unir etileno (Whitehead and Bossé, 1991).

En rodajas de *Prunus mume* así como en rebanadas de plátano, la producción de etileno endogeno disminuye. Esto es paralelo a un decremento en la actividad de la ACC sintasa, lo cual hace pensar que el hecho de hacer una herida o un corte interno a los tejidos puede resultar en la disminución en

la concentración de los receptores de etileno, en la afinidad del etileno o bien que disminuyan los valores de respuesta a la reacción resultado de la unión con el sitio receptor. Esto puede resultar en la inhibición en la síntesis de la ACC sintasa (Philosoph-Hadas et al., 1985; Sawamura and Miyazaki, 1989), debido a un control en el mecanismo ocasionado por la autorepresión de la síntesis de la enzima a lo cual le sigue una disminución en la producción de etileno (Sawamura and Miyazaki, 1989). La conjugación de la ACC a MACC también puede disminuir los niveles de la ACC endógeno y por lo tanto la producción de etileno (Philosoph-Hada et al., 1985).

### **ANTAGONISTAS AL ETILENO**

El etileno juega un papel muy importante sobre la degradación de los pétalos durante la senescencia de las flores climatéricas. Es por lo tanto importante inhibir la síntesis y la acción del etileno y de solucionar las causas que incrementan la sensibilidad al etileno durante la senescencia. Abeles et al., (1987) hace una clasificación de los antagonistas del etileno en dos grupos:

- a. Aquellos que actúan a nivel metabólico (síntesis) como las diferentes concentraciones de CO<sub>2</sub>, etanol, aminoetoxivinilglicina (AVG), ácido aminoxiacético (AOA), ion plata y varios quelatos.
- b. Aquellos que actúan como inhibidores competitivos del etileno ligándose al sitio receptor del etileno como la plata y ciertos cicloalquenos.

Los tratamientos con antagonistas del etileno es una línea primaria que los productores han tomado inmediatamente después de la cosecha. Sin embargo, no todos los compuestos mencionados anteriormente son comercialmente convenientes debido o a la seguridad del consumidor o bien por sus altos costos.

### **Inhibidores de la Síntesis del Etileno.**

Los compuestos como el AVG y el AOA efectivamente retardan la senescencia de las flores climatericas inhibiendo la acción de ACCS (Nichols, 1975; Sisler and Yang, 1984; Yang, 1980). Debido a su naturaleza como material pesado, la plata actúa como un inhibidor no competitivo de la actividad enzimática y como tal también inhibe la actividad de la enzima involucrada en la síntesis de etileno (Beyer, 1976; Veen, 1979; Whitehead and De Swardt, 1980).

El agregar etanol a la solución del florero puede también incrementar la vida de florero inhibiendo la conversión del ACC a etileno (Heins and Blakely, 1980; Podd and Van Staden, 1999; Pun *et al.*, 2001; Van Altvorst and Bovy, 1995; Wu *et al.*, 1992). Altas concentraciones de CO<sub>2</sub> suprime la síntesis del etileno inhibiendo la actividad de la ACCS (Burg and Burg, 1967; Gouble *et al.*, 1995; Sisler and Yang, 1984*b*). Además quelatos como el citrato 8 de hidroxiquinoleina (8-HQC) el cual es comunmente utilizado como agente antibacterial en los preservativos florales (Van Doorn and Perik, 1990) también actúa inhibiendo la síntesis de etileno (Parups and Peterson, 1973).

Aunque estos compuestos son efectivos en diferente escala para inhibir la síntesis del etileno e incrementar la vida de florero, su uso comercial es limitado por diversos factores como costos, aplicación práctica, toxicidad y el más importante que estos no protegen a las flores contra el etileno exógeno presentes en la atmósfera que rodea a las flores.

### **Inhibidores de la Acción del Etileno**

Los inhibidores de etileno son compuestos que no poseen efecto fisiológico en su acción a las concentraciones utilizadas para bloquear la acción del etileno. Estos compuestos inhiben la acción del etileno ligándose al sitio receptor del etileno, por lo que impiden que el etileno se una a su sitio receptor. Estos inhibidores son efectivos para proteger los tejidos de las plantas tanto del etileno endógeno como del etileno exógeno y suprime la actividad autocatalítica sobre su propia síntesis (Abeles and Wydoski, 1987).

La plata aplicada en la forma del compuesto tiosulfato de plata (STS) es muy efectiva para inhibir la acción del etileno (Farhoomand *et al.*, 1980; Reid *et al.*, 1980; Veen, 1979).

El ión plata liberado del compuesto STS previene que el etileno se una a su sitio receptor. Sin embargo, algunos trabajos de investigación han demostrado que la plata también puede actuar en la señal de transducción en su ruta hacia el receptor (Kieber *et al.*, 1993; Knee, 1995). En vista a que por

naturaleza la plata es un metal pesado, esta observación no es para causar sorpresa. Los tratamientos a las flores de corte con STS dan como resultado una supresión en la respiración, en la producción de etileno y retrasa la senescencia (Bufler *et al.*, 1980; Halevy, 1974; Veen, 1979; Whitehead and De Swardt, 1980; Whitehead *et al.*, 1984).

Olefinas cíclicas como el 2,5.norbornadieno (NBD), cis-butano, trans-ciclooctano y el 1-metilciclopropeno (1-MCP) también actúan como inhibidores del etileno respondiendo efectivamente a prevenir que el etileno se una a su sitio receptor (Hyodo *et al.*, 1982; Peiser, 1989; Sisler *et al.*, 1985; 1986; 1990; 1996; Sisler and Yang, 1984). El 1-MCP es un inhibidor de la acción del etileno muy efectivo debido a su capacidad de ligarse irreversiblemente al sitio receptor del etileno o al menos permanece unido a él durante varios días (Sisler *et al.*, 1996; Sisler and Serek, 1996). Los tratamientos de la mayoría de las flores de corte y frutos climatericos dan como resultado un retraso marcado en la senescencia y madurez (Feng *et al.*, 2000; Lelievre *et al.*, 1997; Serek *et al.*, 1995; Sisler *et al.*, 1996). Además para prevenir que el etileno se una a su sitio receptor, los tratamientos con 1-MCP también suprimen la estimulación autocatalítica de la síntesis del etileno.

### **Tiosulfato de Plata (STS)**

Tratamientos con plata han sido ampliamente utilizados como conservador de las flores de corte (Whitehead and De Swardt, 1980). Los primeros trabajos señalan que el ion plata se mueve muy lentamente dentro de los tallos de clavel. Dado que el ion de plata penetra al sitio de acción del etileno, este deber ser convertido en alguna forma mediante la cual pueda ser tomado y transportado mucho más fácilmente que la forma ionica.

Después se demostró que la plata se mueve mucho mas fácilmente en los tallos si esta se presenta en el complejo tiosulfato de plata (STS) formado por una combinación de  $\text{AgNO}_3$  y  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  en proporciones molares específicas (Reid et al., 1980; Farhoomand et al., 1980). Tratamientos realizados a flores frescas de petunia (polinizadas o no) con el STS retarda la senescencia (Whitehead at al., 1984). De manera similar, la marchitez de los claveles se retrasa mediante la aplicación de STS (Veen and Van de Gejin, 1978). La plata actua como un agente anti-etileno inhibiendo la fuente de etileno que normalmente ocurre de 7 a 8 días después de cosecha. Esto a su vez resulta en la supresión de una alza en la respiración climaterica (Veen, 1979).

Buffer et al. (1980), mantuvo que el complejo STS previene una alza climaterica en la producción de etileno, sin afectar la producción basal de etileno. La plata, siendo un material pesado, actua como un inhibidor no-competitivo de la enzima. Su prescencia en la célula resulta en la supresión de la respiración y el

retrazo de la senescencia (Whitehead and De Swart, 1980). Las investigaciones realizadas con respecto a la distribución del STS en la planta después de los tratamientos señalan que el STS se acumula en el receptáculo de los flores. Ultraestructuralmente hablando, los depositos de plata están asociados principalmente con las paredes celulares y los espacios intracelulares de los tejidos del receptáculo (Veen et al., 1980). En plántulas etioladas de guisante, la plata inhibe tanto la acción del etileno así como la incorporación del etileno dentro del tejido. En flores de clavel el ion de plata inhibe la incorporación del etileno lo cual ocurre en los tejidos reproductivos y del receptáculo justo antes del aumento en la producción de etileno. Por lo tanto, el efecto inhibitorio de la plata sobre el aumento de etileno puede estar asociado con la prevenir la union del etileno con el tejido (Veen, 1979).

Está bien establecido por varios autores que la plata es un inhibidor de la acción del etileno. Abeles and Wydosky (1987), definen como inhibidor de la acción del etileno a "un compuesto que no tiene efectos fisiológicos por sí mismo utilizado a una concentración para bloquear la acción del etileno". Como se mencionó anteriormente, el etileno se une a un sitio receptor incrustado dentro de la membrana celular. Este forma un complejo con la molécula receptora en orden de transportarlo a su acción fisiológica. La plata debe ser sustituida por cobre (Beyer, 1976) el cual es el metal medular del sitio receptor del etileno y por lo tanto interfiere con la union del etileno.

La longevidad de las flores esta fuertemente influenciada por la presencia de etileno exógeno el cual incrementa el proceso de senescencia. El STS contraresta completamente el efecto de etileno exógeno brindandole insensibilidad al tejido contra el etileno (Veen and Van de Gejin, 1978; Veen, 1979). Un incremento en la concentración de iones de plata progresivamente reduce la capacidad del etileno exógeno de inducir la senescencia (Beyer, 1976).

Un amplio uso práctico presenta el ion de plata, en forma de tiosulfato. Este compuesto actua en forma muy eficaz. Sin embargo, el ion de plata como metal pesado es toxico y no se puede usar en productos comestibles como frutas y hortalizas. Aún su uso en plantas ornamentales se cuestiona frecuentemente, desde el punto de vista de protección al ambiente. Por lo tanto se ha buscado intensivamente algunas sustancias orgánicas que pudiesen reemplazar al tiosulfato de plata. (Domínguez M, Vendrell M.1993).

### **1-Metilciclopropeno (1-MCP)**

El 1-metilciclopropeno (1-MCP), es un inhibidor efectivo a la respuesta del etileno en flores de clavel tanto en condiciones de luz como de oscuridad. Se dice que el mecanismo de acción del 1-MCP es la habilidad que tiene este de unirse irreversiblemente o al menos permanece unido por varios días al sitio receptor del etileno (Sisler et al., 1996). Las flores tratadas con etileno exógeno las cuales recibieron 10 días antes el tratamiento con el 1-MCP no mostraron

sensibilidad al etileno. El 1-MCP es el primer producto gaseoso encontrado como antagonista irreversible al etileno en la oscuridad, además de que actúa a muy baja concentración. El 1-MCP también aparenta interactuar con los mecanismos de producción de etileno y es capaz de detener irreversiblemente la producción autocatalítica de etileno, pero se piensa que este no es un efecto directo en la producción de etileno (Sisler et al., 1996). La sensibilidad de las flores al etileno se ha demostrado que se incrementa, conforme aumenta la edad de los claveles considerando que la capacidad de unión del etileno disminuye con flores "viejas". Para que sean protegidas contra el etileno exógeno, las flores "viejas" requieren mayor concentración de 1-MCP que las flores "jóvenes" (Sisler et al., 1996). Los resultados obtenidos por Sisler et al., (1996) indican que el 1-MCP se une al receptor fisiológico de etileno, pero compite con el etileno endógeno para dicha unión. Las dosis tan bajas que se necesitan de 1-MCP para inactivar al receptor y el hecho de que este permanece unido por un largo periodo de tiempo, hace creer que es un producto eficiente para controlar la respuesta al etileno (Sisler et al., 1985).

Serek et al. (1995) investigaron los efectos del 1-MCP en los síntomas de la senescencia celular en flores de petunia que fueron expuestas al etileno. Flores de corte de petunia (Petunia Híbrida) que fueron expuestas a concentraciones de etileno de 1-12 ppm por 12 horas se marchitaron más rápido que aquellas que no fueron expuestas a estas condiciones. Este efecto se suprimió cuando las flores recibieron un pre-tratamiento de 1-MCP por 6 horas.

Inmediatamente después del tratamiento con etileno, se observó una disminución en el peso fresco de los pétalos así como en el contenido total de proteínas aunado a una pérdida alta de electrolitos así como a un pobre flujo de lípidos en la membrana y contenido de proteínas. Cuando se aplicó solo, el 1-MCP tuvo poco impacto sobre estos parámetros. Sin embargo, cuando las flores fueron tratadas con el 1-MCP antes de recibir el tratamiento con etileno, el etileno no tuvo efecto. Los resultados indicaron que mientras los efectos del etileno fueron muy notables a los 3 días después del tratamiento, los parámetros celulares se vieron afectados hasta el final del tratamiento. Debido a que el 1-MCP reprime los efectos tempranos del etileno, se puede concluir que el 1-MCP interfiere con la acción del etileno en flores de petunia principalmente en las primeras etapas, es decir, mucho antes de la marchitez. (Serek et al., 1995).

Estudios realizados en los últimos años han demostrado que el 1-MCP puede retardar la maduración de los frutos (Serek et al., 1995) tanto como la senescencia de las flores (Porat et al., 1999). Feng et al., (2000) encontró que el 1-MCP es un potente inhibidor en la maduración del aguacate el cual ejerce su efecto a través de la inhibición de la acción del etileno. La ventaja de utilizar inhibidores de la acción del etileno sobre los inhibidores de la producción del etileno está en la habilidad de los inhibidores de la acción del etileno en proteger al tejido contra el etileno endógeno y exógeno lo cual brinda mucho mayor protección.

### **Aminoetoxivinilglicina (AVG)**

La producción de etileno puede ser suprimida por los inhibidores de la ACC-sintasa, la cual es una enzima responsable de la conversión del SAM a ACC en la biosíntesis del etileno. Aminoetoxivinilglicina (AVG) es un ejemplo de este inhibidor, el cual, cuando es colocado como solución de pulso en flores de clavel alarga la vida de florero (Yang,1980). La producción de etileno permanece en niveles basales, nunca muestra los picos climatéricos observados durante el periodo normal de senescencia, por lo que se piensa que la acción del AVG se relaciona con la habilidad de inhibir la producción endógena de etileno (Fujino et al., 1980). Mayak et al (1985), encontraron que esto era verdad cuando investigaron el efecto del AVG en flores de clavel expuestas a un temporal stress hídrico lo cual induce la producción de etileno. Ellos encontraron que las flores tratadas con AVG manifestaron resistencia al stress hídrico mediante la inhibición de la biosíntesis del etileno.

Sin embargo, no se ha visto que el AVG tenga efecto para proteger a las flores de clavel contra la acción del etileno endógeno (Fujino et al, 1980). Esto contrasta contra el efecto anti-etileno del ion plata y del 1-MCP.

## **RESPIRACION EN LA SENESCENCIA DE LAS FLORES DE CORTE**

### **EVOLUCION DE LA RESPIRACION**

El comportamiento de la respiración en las flores de corte no ha sido investigado tanto como en se hace con frutas o con las hojas. Sin embargo, la información disponible para estos organos muestra una tendencia respiratoria tanto climatérica como no-climatérica. Nichols (1968), demostró que la tendencia en la respiración para claves de corte es muy parecida a la de los frutos climatéricos en la cual existe una marcado declive después de la cosecha, seguido por un considerable incremento hasta llegar a un pico y después un segundo declive.

En los productos climatericos, la taza de respiración permanece constante, o muestra una disminución gradual después de la cosecha hasta llegar a un valor mínimo conocido como el mínimo punto pre-climaterico alcanzado. La fase pre-climaterica es aquella fase que comprende desde que el producto es cosechado hasta que alcanza el punto mínimo pre-climaterico. Esto es seguido por un incremento en la taza de respiración, de la fase climaterica, hasta alcanzar un valor maximo (pico) conocido como valor climaterico máximo (mostrado en la mayoría de las flores marchitaz). Un segundo decremento en la taza de respiración ocurre cuando la senscencia finalmente se alcanza y esto es la fase post-climaterica. Este modelo de respiración en productos climatericos es conocido como climaterio. (Fig 2).

## CAUSAS DE UN INCREMENTO CLIMATERICO EN LA RESPIRACION

La respiración en organos individuales de las plantas, puede ser estimulada por diversos factores, tales como la adición de desganchadores en la fosforilación oxidativa, temperaturas bajas, heridas, adición de azúcares e irradiación (Millerd et al., 1953; Theologist and Laties, 1978). El aumento climatérico en la respiración ha sido atribuido en diversas maneras al decremento en la resistencia organizacional (Blackman and Parija, 1928), aumento en la síntesis de proteínas (Hulme, 1954), la presencia natural de desganchadores en la fosforilación oxidativa (Millerd et al., 1953), y en el intento de mantener la homeostasis metabólica (Romani, 1984).

La relación entre la tasa de respiración y la síntesis de proteína no siempre es tan estrecha. Por ejemplo, en la mayoría de los frutos climatéricos, la incorporación de aminoácidos en las proteínas disminuye rigurosamente antes de llegar al pico climatérico (Richmond and Biale, 1966; Baker et al., 1985). Además, aparte de requerir síntesis de proteínas para la maduración, no existe un comun denominador metabólico que explique el incremento climatérico en la respiración que se dá en algunos productos.

La única característica metabólica común que existe en los productos climatéricos es su habilidad para producir etileno ( $C_2H_4$ ) y de responder a las aplicaciones exógenas de este gas, incrementar la respiración y eventualmente la senescencia. Se han realizado esfuerzos considerables para intentar probar

si el aumento del etileno precede o sigue a la respiración (Rhodes, 1980; Biale and Young, 1981). Los resultados de esta investigación muestran que en diversos frutos el aumento de etileno precede, coincide (Biale and Young, 1981), ó sigue (Kosiyachinda and Young, 1975) a la respiración. Sin embargo, se debe tener en mente que debido a la sensibilidad de los tejidos al etileno, este se incrementa con la maduración (Burg, 1962), los niveles de etileno existentes en los tejidos pueden ser lo suficiente necesarios como para provocar un aumento tanto en la respiración como en la evolución del etileno.

Breves exposiciones al etileno de aguacates provocan un incremento pasajero en la respiración mas no en la maduración (Rhodes,1980). Sfakiotakis and Dilley (1973), trataron manzanas inmaduras con propileno, el cual es muy similar al etileno (Burg and Burg, 1967) y se incrementó la tasa de respiración pero no se logró incrementar la maduración. Aplicaciones exógenas de etileno mejoraron la respiración en tomates mutantes inmaduros pero no indujo algún cambio evidente de maduración como el ablandamiento y la formación de licopeno (Herner and Sink, 1973). Además, el aumento en la respiración requiere la presencia continua de etileno.

Una respuesta similar al etileno exógeno se observó con frutos no-climatericos (Rhodes, 1980; Biale and Young, 1981). McMurchie et al. (1972), trataron platanos (fruto climaterico) y naranjas (fruto no-climaterico) con propileno. El propileno provocó un incremento en la respiración en ambos frutos, pero solo en el plátano indujo la producción de etileno endógeno. Para

utilizar la terminología del autor, las naranjas (fruto no climaterico) perdió el sistema II en la síntesis del etileno, el cual el autor considera que está asociado con la inducción en la producción autocatalítica de etileno.

En frutos climatéricos, la aplicación de etileno exógeno conduce a la inducción de la biosíntesis de etileno la cual en respuesta y debido a la extensa barrera contra el intercambio de gases, se incrementa la concentración interna de etileno a niveles altos, y esto probablemente satura al sistema (Solomos, 1987). Nichols (1968) demostró que el aumento en la respiración de claveles de corte fue precedido por un aumento en la evolución del etileno. Mayak et al., (1978) también observaron que los tratamientos de claveles de corte con propileno indujo tanto un incremento en la respiración como la síntesis del etileno. Al aplicar aminoetoxivinilglicina (AVG), el cual es un inhibidor de la síntesis del etileno, a la solución en la cual se colocaron los claveles previene el incremento tanto de etileno como de CO<sub>2</sub>, aunque finalmente los claveles se marchitaron.

Aplicaciones de etileno exógeno inducen un marcado incremento en la evolución del CO<sub>2</sub>. Así mismo, la adición de iones de plata, el cual es un inhibidor en la acción del etileno (Beyer,1976), impide el aumento en la respiración en claveles de corte, y la aplicación de etileno exógeno evita un incremento en la tasa de respiración. Por lo tanto, la inhibición tanto de la biosíntesis como de la acción del etileno elimina el incremento en la respiración sin prevenir la senescencia. El marcado aumento en la respiración durante la

senescencia de las flores de corte parece ser un aspecto de acción del etileno y no de senescencia como tal (Noodén and Leopold, 1988).

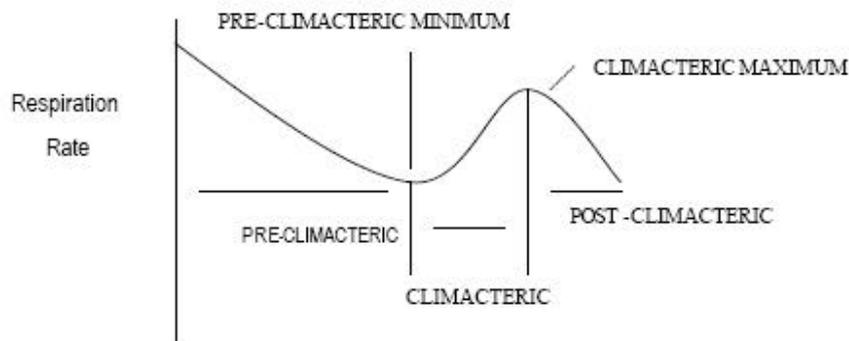


Figura 2.- El climaterio  
8

## CAMBIOS ESTRUCTURALES, BIOQUÍMICOS Y METABÓLICOS ASOCIADOS CON LA SENESCENCIA DE LAS FLORES

### CAMBIOS ULTRAESTRUCTURALES

La mayoría de los estudios de los procesos ultraestructurales y bioquímicos durante la senescencia de los pétalos se llevaron a cabo en la corola efímera de "gloria al amanecer", *Ipomoea tricolor* Cav. El primer síntoma observado de envejecimiento fue la invaginación del tonoplasto. Esto a su vez sugirió la participación de la vacuola en actividad autófaga, representando el compartimiento lisosomal de la célula (Matile and Winkenbanch, 1971). La abolición del compartimiento de la vacuola y la liberación de enzimas hidrolíticas dan como resultado la muerte celular. La presencia de material citoplásmico

como las mitocondrias desintegradas y diferentes tipos de membranas en la vacuola envejecida le dan soporte a esta hipótesis.

Al rompimiento del tonoplasto le sigue la autólisis de la célula. Durante la maduración y la senescencia los primeros ribosomas solitarios y libres desaparecen seguido por aquellos agrupados en racimos así como aquellos unidos al retículo endoplasmático (Matile and Winkenbanch, 1971). Oclusiones vasculares disminuyen el flujo de agua y por consiguiente se reduce la vida de florero de las flores de corte (Burdett, 1970). La esterilización de los tallos ó el uso de solución 8-hidroxiquinoleína disminuyen la resistencia al flujo de la solución mediante el control de crecimiento bacteriano (Burdett, 1970). Observaciones microscópicas de cortes longitudinales de tallos de rosa han mostrado oclusiones vasculares debido a crecimientos bacterianos y depósitos de goma (Lineberger and Steponkus, 1976). Esto indica una pérdida en la integridad de la membrana lo cual ocasiona un incremento en la permeabilidad y fugas (Halevy, 1981).

Un incremento en un aparente espacio libre y en la permeabilidad de la membrana durante la senescencia de varias flores han sido demostrados (Eliam, 1965). Un marcado incremento en la microviscosidad del plasmalema durante el envejecimiento de flores de rosa intactas, de flores de corte o pétalos aislados también ha sido observado (Borochoy et al., 1976). Además se observó que el incremento en la microviscosidad corresponde a un incremento en la proporción esterol libre - fosfolípido. El esterol libre contenido en las flores

permanece inalterado durante la senescencia, pero el contenido de fosfolípidos se reduce. Esto es atribuido a una disminución en la síntesis y al incremento de la hidrólisis por la fosfolipasa A, la cual disminuye los niveles de fosfolípidos (Halevy, 1981). Esta disminución de los fosfolípidos fue observada en *Ipomoea corolla*, aún antes de presentar esta disminución, se percibieron signos visibles de envejecimiento (Beutelmann and Kende, 1977). Simons (1973), postuló que la reducción en los niveles de fosfolípidos aumenta la permeabilidad del plasma de la membrana, ocasionando una fuga celular. Durante la senescencia, existe un 40% de reducción en los niveles de ácidos grasos esterificados a fosfolípidos lo que corresponde a una pérdida de fosfolípidos durante el mismo periodo. No se han encontrado cambios significantes en la proporción de los componentes de los ácidos grasos (Beutelmann and Kende, 1977). El nivel y composición de ácidos grasos libres permanecen sin cambios durante la senescencia.

Smith *et al.* (1992) investigaron los cambios ultraestructurales asociados con la senescencia de los pétalos de clavel utilizando pétalos individuales se midieron los niveles de etileno como un monitor fisiológico del proceso de la senescencia. Se observó una limitada vesiculación vacuolar en pétalos pre-senescentes, los cuales son más extensivos en tejidos pre-climatericos, junto con la dilatación de las mitocondrias externas de la membrana.

Tejidos climatericos del mesófilo fueron caracterizados por citolisis extendida. Las células intactas poseen un citoplasma reducido y vacuolas con depósitos de gran cantidad de electrones. En esta etapa se hicieron evidentes

los cambios degenerativos en el sistema vascular. Estos cambios incluyen oclusión de la lamina celular y anomalías en la membrana de las células acompañantes.

El tejido pos-climaterico se caracterizó por la pérdida en la estructura de la pared fibrilar en el vasculature, la aparición de restos del citoplasma intracelular y de células completamente sin contenido así como una pérdida en el peso fresco del tejido.

Los síntomas de pérdida en el peso fresco de los tejidos florales como el deshidratado y la marchitez son claramente visibles en la fase final de la senescencia, la pérdida de agua ocurre aún y cuando los pétalos envejecidos de las flores de corte son colocados en agua, lo cual indica una pérdida en la integridad de la membrana y un consecuente incremento en la permeabilidad y fugas (Halevy, 1981).

### **CAMBIOS BIOQUIMICOS**

La respiración y la hidrólisis enzimática de los componentes celulares son los dos principales eventos bioquímicos y metabólicos que ocurren durante la senescencia de las flores de clavel y freesia. Un incremento en la actividad de la peroxidasa se asoció con un incremento en los niveles de peróxido así como radicales libres, los cuales reaccionan con componentes celulares (Fridovich, 1975), y probablemente están involucrados en la promoción de la

senescencia (Mishra et al., 1976 Brennan and Frenkel, 1977) y en la producción de etileno.

Un retraso en la senescencia de flores de clavel se demostró mediante el tratamiento con radicales libres de benzoato de sodio (Baker et al., 1978). Incrementos significativos en la actividad de la ribonucleasa, desoxiribonucleasa y de las hidrolasas de los polisacáridos en las paredes celulares de Ipomoea (Wiemken-Gehring et al., 1974) y de la ribonucleasa en rosas (Halevy et al., 1974 Halevy and Mayak, 1974) han sido reportados. El desarrollo marcado de la senescencia en las flores ha sido fuertemente relacionado con una gran variedad de cambios, tales como una coloración azulada en los pétalos rojos, disminución en los contenidos de proteínas así como un incremento en la actividad de la ribonucleasa (Halevy and Mayak, 1974; Halevy et al., 1974; Borochoy et al., 1976).

Durante el proceso de senescencia de los pétalos, se ha observado una reducción en los niveles de componentes macromoleculares como almidón (Ho and Nichols, 1977), polisacáridos de las paredes celulares (Wiemke-Gehring et al., 1974), proteínas (Borochoy et al., 1976) y ácidos nucleicos (Matile and Winkenbach, 1971). Los principales componentes de azúcares en los pétalos maduros de clavel y rosa fueron azúcares reducidos antes que sucrosa no reducida (Weinstein, 1951; Nichols, 1968). La mayoría de la transformación en azúcar es acompañada por la hidrólisis del almidón (Ho and Nichols, 1977). Pectinas insolubles presentes como el principal constituyente de la pared

celular se encontraron en diferentes cantidades en dos variedades de clavel con diferentes vidas de florero. Astor, una variedad roja de corta vida de florero, se caracteriza por contener un 25% menos de pectina que la variedad amarilla de larga duración llamada Alice (Jona et al., 1981).

### **CAMBIOS METABOLICOS**

Cambios metabólicos internos en la respiración de las flores de corte han sido demostrados. La tasa de respiración en muchas flores de corte alcanzan su pico al tiempo de la apertura floral, y disminuye conforme las flores maduran y senescen. Después, existe un segundo incremento considerable en la respiración en un periodo relativamente corto, seguido de una disminución final (Mayak and Halevy, 1980). De acuerdo con Mayak y Halevy (1980), el segundo pico en la tendencia de la respiración significa la última etapa de la senescencia. Esto ha sido considerado un equivalente en el incremento climaterico en la respiración de muchos frutos. La insensibilidad al cianuro, el aumento en la respiración en ciertas flores (ej. Araceae), indican la formación de radicales libres con alto potencial oxidativo, lo cual promueve la senescencia en muchos tejidos y son relacionados con un incremento en la sensibilidad de los tejidos al etileno (Fridovich, 1975; Brennan and Frenkel, 1977). El segundo pico en la respiración de las flores puede ser empleado para evaluar la efectividad de las sustancias retardantes de la senescencia, debido a que el pico que se dá en la respiración refleja cambios internos metabólicos asociados con el envejecimiento.

Los productos químicos que retardan la aparición del segundo pico han sido reportados que incrementan la vida de florero de muchas flores (Coorts, 1973; Kende and Hanson, 1976). Hew et al. (1978), demostraron un patrón "rítmico" de la respiración en flores de orquídeas, la producción de CO<sub>2</sub> comienza tan pronto las flores empiezan a abrir.

El período entre las amplitudes fue cerca de 24 horas, y no se vió influenciado por los periodos continuos de oscuridad. La amplitud del ritmo fue ligeramente menor en flores de corte, pero fue parcialmente incrementado mediante la aplicación externa de sucrosa.

El comienzo de la hidrólisis de los componentes celulares como las proteínas y carbohidratos se inicia en respuesta a la reducción de azúcares libres utilizados en la respiración para proveer un sustrato alternativo respirable como el esqueleto de carbono de los aminoácidos (Weinstein, 1951). Esta hipótesis es soportada por la observación de que una fuente exogena de azúcar retrasa el inicio de una excesiva degradación de proteínas (Weinstein and Laurencot, 1958).

La disminución gradual de la eficiencia en la respiración en pétalos de rosa resultó de la progresiva inhabilidad de la mitocondria para utilizar el sustrato (Kaltaler and Steponkus, 1976). Un cambio en la respiración de las mencionadas mitocondrias afecta su integridad, por lo que se ve reducida su capacidad funcional. La respiración de mitocondrias aisladas de flores de corte

puede ser controlada por largos períodos de tiempo. El principal efecto de aplicar azúcar para prolongar la vida de florero en rosas fue la de proteger la estructura y funcionalidad de la mitocondria. Sin embargo, la influencia del azúcar en estos organelos puede no tener tal efecto específico, pero de manera mas general tiene un efecto en la integridad de la membrana (Santarius, 1973).

### **CAMBIOS EN LOS PIGMENTOS**

La decoloración o pérdida de color es un síntoma común que se presenta en muchas flores en senescencia. Los carotenoides y antocianinas, las dos principales clases de pigmentos responsables de los diferentes colores en las flores, cambian significativamente durante el desarrollo y senescencia de los organos de las plantas. Los cambios en la composición de carotenoides en flores de *Strelitzia reginae* fueron monitoreados a través de su desarrollo desde los plastidios pequeños, plastidios sin color a traves de cloroplastos verdes hasta los grandes cromoplastos. Conforme la edad se observó un incremento en la concentración de carotenoides oxigenados (Simpson et al., 1975). Diferentes cambios en el contenido de antocianinas de las flores senescentes han sido observados. Mientras su nivel permanece estable en ciertas flores (Packet, 1966), en otras disminuye significativamente (Stickland, 1972), mientras que en las orquídeas las antocianinas son sintetizadas constantemente.

Los cambios en el color de los pétalos en senescencia son significativamente influenciados por un cambio en el pH de la vacuola (Stewart et al., 1975). Una co-pigmentación con otros flavonoides y compuestos relacionados es el factor decisivo en determinar la intensidad del color de la mayoría de las flores. En pocas ocasiones lo que provoca el color es un muy bajo (menos de tres) o muy alto (más de siete) pH afectando la antocianina por sí misma. El grado de co-pigmentación es fuertemente influenciado por cambios aunque estos sean ligeros en el pH (Asen et al., 1975).

### **DETERIORO DE LA MEMBRANA DURANTE LA SENESCENCIA**

Las membranas celulares son selectivas, poseen barreras dinámicas que juegan un papel esencial en la regulación de los eventos bioquímicos. Durante la senescencia existe una pérdida progresiva en la integración de la membrana. Esto es mucho más evidente en los estudios ultraestructurales los cuales muestran cambios progresivos deteriorativos en organelos y membranas, y en estudios de permeabilidad los cuales muestran un aumento en las fugas de solutos. La senescencia es un proceso activo iniciado por la combinación de desencadenadores internos y del medio ambiente, y el deterioro de las membranas es un rasgo característico de este proceso. En flores senescentes de clavel los cambios en la permeabilidad muestran un deterioro en las membranas los cuales inician durante el período pre-climaterico antes de que se dé el aumento climaterico en la producción de etileno (Eze et al., 1986). Diversos estudios han demostrado que la maduración de los frutos y la vida de

florero de las flores pueden ser controladas por radicales libres lo que indica que los radicales libres están involucrados en la senescencia (Baker et al., 1978). Se especula que las membranas son susceptibles al ataque de estos radicales libres en la medida que los ácidos grasos insaturados son el principal componente de la mayoría de las bicapas lipídicas de las membranas.

Las consecuencias del ataque de estos radicales libres a las membranas incluyen la inducción de la peroxidación de los lípidos y la deesterificación de los ácidos grasos (Niehaus, 1978). Las membranas microsomales de flores de clavel y de cotiledones de frijol en senescencia producen un aumento en los niveles de radicales superóxido ( $O_2^-$ ) adelantando la senescencia. La formación de ( $O_2^-$ ) ha sido atribuida a la lipoxigenasa asociada con la membrana. Una fuerte correlación existe entre los cambios en la actividad lipoxigenasa microsomal y por cambios en la producción de ( $O_2^-$ ) durante la senescencia. La formación de ( $O_2^-$ ) es sensible a cambios en la disponibilidad de sustrato para la lipoxigenasa, para la formación de ( $O_2^-$ ) y para la actividad de la lipoxigenasa (Lynch and Thompson, 1984).

La membrana plasmática y la membrana microsomal sostienen una disminución en el volumen de lípidos que fluyen conforme avanza su edad. La senescencia en los pétalos de clavel muestran un incremento parecido al climaterico en la producción de etileno, la disminución de los fluidos de lípidos ocurre repentina y coincidentemente con o justo antes del incremento en la producción de etileno (Thompson et al., 1982). Durante la senescencia existe

una correlación temporal entre los cambios en el volumen de lípidos que fluyen de las membranas microsomales y con los cambios en la producción de ( $O_2^-$ ). Esto indica que existe una relación durante la senescencia entre la producción de radicales libres y la rigidificación de la membrana (Mayak et al., 1983).

Los cambios más visibles en la composición de los lípidos en la senescencia del plasmalema y de la membrana microsomal es el descenso dramático de fosfolípidos en la membrana, lo que se manifiesta como un incremento en la relación colesterol-fosfolípido en la membrana. Esto ha sido demostrado en la senescencia de las flores de Ipomoea, rosas, cotiledones de frijol, hojas de frijol y flores de clavel (Thompson et al., 1982). Estas observaciones implican el papel que tiene la lipasa en la deterioración de la membrana. Por lo tanto, conforme la membrana senesce, se vuelve más vulnerable a los ataques por la lipasa, como tal deesterificación puede ser prevista como ocurre en el proceso autocatalítico. El aumento en la proporción colesterol: fosfolípido en la senescencia de las membranas es uno de los principales factores que contribuyen al aumento en el volumen de la microviscosidad de los lípidos. Mayores niveles de colesterol en relación a los fosfolípidos se sabe que reducen la fluidez de la bicapa (Noodén and Leopold, 1988).

Existen 3 manifestaciones de esta desestabilización, ej. Rigidificación de los volúmenes de lípidos en la membrana, la formación de lípido en estado de gel, y la configuración de la no-formación de la bicapa de lípidos. A esta

desestabilización le sigue la pérdida de permeabilidad de la membrana, incremento en la actividad proteolítica y en una pérdida generalizada de las funciones de la membrana. La desestabilización de la bicapa se ha pensado que es inducida por una secuencia de las reacciones enzimáticas que se dan en la deesterificación, lo que resulta en la liberación de ácidos grasos libres y a través de la lipoxigenasa la iniciación de la peroxidación de los lípidos.

Esta secuencia de reacciones explica la pérdida de ácidos grasos que acompañan a la senescencia, el incremento en la producción de ( $O_2^-$ ) así como en la rigidificación de la membrana atribuida a la peroxidación mediada por los radicales libres (Nooden and Leopold, 1988). Por lo tanto, la senescencia de las membranas microsomales aparenta ser conducida por los lípidos.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Descripción de la Localidad**

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de poscosecha del departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" que se encuentra localizada en el kilómetro siete de la carretera a Saltillo, Coahuila a 25° 25' 41" Latitud Norte y 100° 59' 57" Latitud Oeste, con una altitud de 1,747 metros sobre el nivel del mar. La temperatura promedio anual se encuentra en los 19.8 °C, la precipitación media anual se ubica en los 298.5mm y la humedad relativa durante el año oscila de 30 a 85 por ciento.

Para cumplir con los objetivos planteados en esta investigación, este trabajo se realizó en dos partes:

### **PARTE I - CLAVEL**

#### **MATERIAL VEGETATIVO**

Las flores de clavel blanco (*Dianthus caryophyllus* L. cv. Delphi ) fueron proporcionadas por la bodega de flores local llamada Flores, Follajes y Plantas del Norte S.A. de C.V. Estas flores fueron traídas del Edo de México y fueron de

corte reciente para cada una de las evaluaciones. El punto de corte utilizado para estas flores fue el mismo que utiliza el productor de manera comercial, es decir, de botón a medio abrir; los tallos se recortaron a 40 cm y se les quitaron las hojas de la parte del tallo que quedó bajo el agua. Una vez que se recortaron los tallos, estos fueron colocados en floreros con sus respectivos tratamientos. Durante el tiempo que duró el tratamiento, las flores se mantuvieron todo el tiempo dentro del cuarto frío a una  $T^{\circ}$  de 2-4°C.

Una vez que se completaron los tratamientos, las flores se sacaron del frío para ser colocadas dentro de cada una de las cámaras de etileno y de esta manera ser expuestas a las diferentes concentraciones (0, 0.1, 1 y 10 ppm) de etileno, así como a los 3 diferentes tiempos de exposición (24, 48 y 72 horas).

Dichas cámaras fueron construidas de cristal y con medidas de 50 x 50 x 60 cm, a estas cámaras se les adaptó una manguera de latex con diferentes longitudes para de esta manera lograr las diferentes concentraciones de etileno. El etileno puro (99%) se inyectó a través de las mangueras de latex mediante una bomba para pecera, y con el cromatógrafo de gases se logró tener las cuatro concentraciones de etileno en cada cámara ( 0, .1, 1.0 y 10 ppm ) en las cuales se colocaron las flores tratadas. Una vez que las flores fueron expuestas al etileno para cada periodo de exposición y para cada una de las concentraciones, se sacaron de las cámaras y se pusieron en las mesas de trabajo del laboratorio para ser observadas y de esta manera empezar las evaluaciones.

Las características del cromatógrafo de gases utilizado para calibrar las cámaras son:

Cromatógrafo de gases VARIAN 3800

Columna HAYESEP Q (CHROMPACK). 1.8m X 1/8" X 2 mm

Temperatura inyector: 100°C

Flujo columna: 30 mL/min

Temperatura del horno de la columna: 60 °C durante 2 min y 120 °C durante 1.5 min.

La temperatura a la cuál se mantuvieron las flores dentro de las cámaras con etileno así como después de haber sido expuestas al etileno y ser colocadas en las mesas del laboratorio para las respectivas evaluaciones fue de  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  bajo condiciones de luz constante ( $15 \mu\text{mol}\cdot\text{M}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) durante el tiempo que duró el experimento.

A partir de que las flores se sacaron del cuarto frío para ser colocadas dentro de las cámaras de etileno se considera día 0.

## **SINTOMAS QUE SE CONSIDERARON PARA DETERMINAR LA SENESCENCIA DE LAS FLORES DE CLAVEL**

El progreso de la senescencia en las flores fue monitoreado observando los cambios en la apariencia de las flores, asignando un valor numérico a cada flor individual el cual corresponde a cada síntoma que a continuación se describen:

- 0 – Flor con desarrollo normal
- 1 - Flores mostrando un color amarillento
- 2 – Enrollamiento de petalos
- 3 – Pétalos Flácidos
- 4 – Marchitez por deshidratación



Figura 3.- Etapa 0, flor fresca con buen desarrollo con el centro completamente blanco.



Figura 4.- Etapa 1, flores casi totalmente abiertas mostrando en el centro una coloracion amarillenta



Figura 5.- Etapa 2, flor senescente mostrando enrollamiento de petalos.



Figura 6.- Etapa 3, flor vieja mostrando pétalos flácidos.



Figura 7.- Etapa 4, flor vieja en la cual los pétalos muestran síntomas de deshidratación.

Por lo tanto se consideró que la vida de florero del clavel terminó cuando cada una de las flores presentó alguno de los síntomas descritos arriba.

### **TRATAMIENTOS UTILIZADOS**

Para evaluar el efecto de los tratamientos con respecto a la sensibilidad que presentan las flores al etileno, las flores recibieron los siguientes tratamientos:

#### **Testigo**

Las flores utilizadas como testigo se cortaron y se colocaron en agua destilada por todo el tiempo que duró el experimento.

## **AVG**

El efecto del AVG en la vida de florero del clavel se determinó colocando los tallos en una solución que contenía 50 ppm de AVG. Las flores se mantuvieron en esta solución durante 3 horas y una vez concluido este periodo se colocaron en tubos de ensaye que contenían agua destilada y en los cuales se mantuvieron por todo el tiempo que duró el experimento.

## **1-MCP**

El efecto del 1-MCP en la vida de florero del clavel se determinó colocando las flores dentro de una cámara de vidrio sellada en la cual se aplicó el MCP, utilizando una dosis de .080 g de Ethylbloc® a la cual se le agregó 3 ml de solución buffer para obtener una concentración final de 1-MCP de 800 ppb. Las flores fueron expuestas al MCP por 12 horas dentro de un cuarto frío el cual estuvo a una  $T^{\circ}$  entre los 2 y 4 °C. Una vez que terminó este tratamiento las flores fueron colocadas dentro de tubos de ensaye los cuales contenían agua destilada.

## **AVG-MCP**

El efecto del AVG-MCP en la vida de florero del clavel se determinó colocando los tallos previamente tratados con AVG (inciso b) dentro de la cámara de vidrio en la cual se hizo el tratamiento de MCP (inciso c) por lo que las dosis y tiempos de los tratamientos utilizados fue el mismo que se utilizó en los tratamientos de AVG y MCP descritos anteriormente.

## **PARTE II**

### **ROSA**

#### **MATERIAL VEGETATIVO**

Las rosas de corte en color rojo cv. Royalty, fueron proporcionadas por la empresa productora Visaflor S.A. de C.V., estas fueron de corte reciente para la realización de los tratamientos. Las flores fueron cosechadas bajo el mismo criterio que esta empresa utiliza para la comercialización de las mismas. Los tallos fueron recortados a 40 cm, se removió el follaje de la parte del tallo que quedó bajo el agua. Después las flores fueron colocadas en un contenedor con agua y dentro de un cuarto frío a T<sup>o</sup> de 2 - 4 ° C aproximadamente.

Una vez que se completaron los tratamientos, las flores se sacaron del frío para ser colocadas dentro de cada una de las cámaras de etileno y de esta manera ser expuestas a las diferentes concentraciones (0, 0.1, 1 y 10 ppm) de etileno, así como a los 3 diferentes tiempos de exposición (24, 48 y 72 horas).

Dichas camaras fueron construidas de cristal y con medidas de 50 x 50 x 60 cm, a estas camaras se les adaptó una manguera de latex con diferentes longitudes para de esta manera lograr las diferentes concentraciones de etileno.

El etileno puro (99%) se inyectó a través de las mangueras de latex mediante una bomba para pecera, y con el cromatografo de gases se logró tener las cuatro concentraciones de etileno en cada camara ( 0, .1, 1.0 y 10 ppm ) en las cuales se colocaron las flores tratadas. Una vez que las flores fueron expuestas al etileno para cada periodo de exposición y para cada una de las concentraciones, se sacaron de las camaras y se pusieron en las mesas de trabajo del laboratorio para ser observadas y de esta manera empezar las evaluaciones.

Las características del cromatógrafo de gases utilizado para calibrar las camaras son:

Cromatógrafo de gases VARIAN 3800

Columna HAYESEP Q (CHROMPACK). 1.8m X 1/8" X 2 mm

Temperatura iny ector: 100°C

Flujo columna: 30 mL/min

Temperatura del horno de la columna: 60°C durante 2 min y 120°C durante 1.5 min.

La temperatura a la cual se mantuvieron las flores dentro de las camaras con etileno así como después de haber sido expuestas al etileno y ser colocadas en las mesas del laboratorio para las respectivas evaluaciones fue de  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  bajo condiciones constantes de luz ( $15 \mu\text{mol}\cdot\text{M}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) durante el tiempo que duró el experimento.

## DETERMINACION DE LOS CAMBIOS EN LA APARIENCIA DE LA SENESCENCIA DE LAS FLORES

El progreso en la senescencia de las flores y por consecuencia la determinación (en días) de la vida de florero de cada flor fue monitoreado mediante la evaluación en los cambios de la apariencia de las flores asignándole un valor numérico a cada flor individual de acuerdo a la siguiente escala:

- 0 - Flores mostrando daño por botrytis
- 1 - Flores mostrando abscisión de petalos
- 2 – Flores mostrando deformación en la apertura
- 3 – Flores mostrando doblado de botón



0 - Botrytis      1 - Caída de petalos      2 - Apertura Deforme      3 - Doblado de Botón

Figura 8.- Cambios en la apariencia de flores de rosa para determinar la vida de florero.

Las observaciones se hicieron diariamente durante todo el experimento y los registros (en días) se tomaron hasta que las flores mostraron uno de los 4

valores asignados en la escala mostrada anteriormente, lo cual indica que ha terminado la vida de florero. Posteriormente se sacó la media de acuerdo al número de repeticiones usadas para cada tratamiento.

## **TRATAMIENTOS UTILIZADOS**

Para evaluar el efecto de los diferentes tratamientos a la sensibilidad al etileno y a la vida de florero, las flores fueron tratadas al inicio de cada experimento como se describe a continuación:

### **Testigo**

Las flores utilizadas como testigo fueron cortadas y colocadas en agua destilada durante todo el experimento.

### **AVG**

El efecto de la concentración del AVG en la vida de florero de las rosas de corte se determinó colocando los tallos en una solución que contenía 50 ppm de AVG durante tres horas. La aplicación del AVG se hizo adentro de un cuarto frío el cual estuvo a una  $T^{\circ}$  de  $2-4^{\circ}\text{C}$ . Una vez que se completaron las 3 horas las flores fueron sacadas del cuarto frío y se colocaron en tubos de ensaye que contenían agua destilada, previamente estos tubos fueron identificados para cada tratamiento.

### **1-MCP**

El efecto del 1-MCP en la vida de florero de las rosas de corte se determinó colocando los tallos dentro de una cámara de vidrio sellada en la cual se colocó un vaso de precipitado con 5 ml de solución buffer y se le añadió 0.07 g de Ethylbloc® para obtener una concentración final de 1-MCP de 800 ppb. Las flores fueron expuestas al 1-MCP por 12 horas dentro de un cuarto frío el cual estuvo a una  $T^{\circ}$  entre los 2 y 4 °C. Después las flores se sacaron de la cámara y se colocaron en tubos de ensayo con agua destilada y previamente identificados para cada tratamiento.

### **AVG + 1-MCP**

El efecto de la interacción AVG + 1-MCP en la vida de florero de las rosas de corte se determinó colocando los tallos primero en forma de pulsado en la solución que contenía al AVG a 50 ppm por un periodo de tres horas, después se sacaron estos tallos de esta solución para ser colocados en agua destilada para posteriormente colocarse dentro de una cámara de vidrio sellada para recibir el tratamiento con MCP tal y como se describe en el inciso "c".

Cada unidad experimental constó de 1 tallo, teniendo 6 repeticiones para cada uno de los 4 tratamientos utilizados por lo que en total se utilizaron 24 tallos por tratamiento. Una vez que fueron aplicados los tratamientos, los tallos

se colocaron dentro de cada una de las 4 cámaras en las cuales se inyectaron las diferentes concentraciones de etileno (0, 0.1, 1.0 y 10 ppm) y se realizaron evaluaciones para tres periodos distintos de exposición al etileno: 24, 48 y 72 horas.

### **Variables Evaluadas**

Las variables que se estudiaron en este experimento fueron vida de florero (días) y diámetro máximo de flor (mm).

#### **Vida de Florero**

Se consideró que la vida del clavel y de la rosa terminó cuando se presentaron alguno de los síntomas de senescencia descritos anteriormente.

#### **Diámetro Máximo del Botón**

Se determinó midiendo con un vernier el diámetro de cada botón floral tocando ligeramente el borde de los pétalos, estas mediciones se hicieron diariamente, desde que las flores fueron colocadas para su evaluación hasta que se terminó la vida de florero. Una vez que fueron tomados todos los datos se identificó el valor máximo que corresponde al valor máximo de apertura de cada flor el cual se tomó para realizar los análisis correspondientes.

### Análisis Estadístico

Los resultados de los tratamientos se analizaron bajo el experimento factorial  $3 \times 4 \times 2 \times 2$  en diseño completamente al azar con 6 repeticiones, donde el factor A correspondió a 3 periodos de exposición al etileno (24, 48 y 72 hrs), el factor B a las 4 concentraciones a las cuales se aplicó el etileno (0, 0.1, 1.0 y 10 ppm), el factor C a los tratamientos con AVG (0 y 50 ppm) y el factor D a los tratamientos con MCP (0 y 800 ppb).

El modelo estadístico correspondiente es el siguiente:

$$Y_{ijklm} = \mu + a_i + \beta_j + (a\beta)_{ij} + \gamma_k + (a\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (a\beta\gamma)_{ijk} + d_l + (ad)_{il} + (\beta d)_{jl} + (a\beta d)_{ijl} + (\gamma d)_{kl} + (a\gamma d)_{ikl} + (\beta\gamma d)_{jkl} + (a\beta\gamma d)_{ijkl} + e_{ijklm}$$

$i = 1, 2, \dots, a$  niveles del factor A (Exposición al etileno: 24, 48 y 72 horas)

$j = 1, 2, \dots, b$  niveles del factor B (Concentración de etileno: 0, 0.1, 1.0 y 10 ppm)

$k = 1, 2, \dots, c$  niveles del factor C (Dosis de AVG: 0 y 50 ppm)

$l = 1, 2, \dots, d$  niveles del factor D (Dosis de MCP: 0 y 800 ppb)

$m = 1, 2, \dots, r$  repeticiones

$$e_{ijklm} \sim NI(0, s^2)$$

Donde:

$Y_{ijklm}$ : respuesta de la  $ijkl$  combinación de los niveles de los factores en la repetición  $m$ .

$\mu$  : efecto general o media general que es común a cada unidad experimental.

$\alpha_i$ : efecto del nivel  $i$  del factor A.

$\beta_j$ : efecto del nivel  $j$  del factor B.

$(\alpha\beta)_{ij}$ : interacción ó efecto conjunto del nivel  $i$  del factor A con el nivel  $j$  del factor B.

$\gamma_k$ : efecto del nivel  $k$  del factor C.

$(\alpha\gamma)_{ik}$ : interacción ó efecto conjunto del nivel  $i$  del factor A con el nivel  $k$  del factor C.

$(\beta\gamma)_{jk}$ : interacción ó efecto conjunto del nivel  $j$  del factor B con el nivel  $k$  del factor C.

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ : interacción del nivel  $i$  del factor A, el nivel  $j$  del factor B y el nivel  $k$  del factor C.

$\delta_l$ : efecto del nivel  $l$  del factor D.

$(\alpha\delta)_{il}$ : interacción ó efecto conjunto del nivel  $i$  del factor A con el nivel  $l$  del factor D.

$(\beta\delta)_{jl}$ : interacción ó efecto conjunto del nivel  $j$  del factor B con el nivel  $l$  del factor D.

$(\alpha\beta\delta)_{ijl}$ : interacción ó efecto conjunto del nivel  $i$  del factor A con el nivel  $j$  del factor B con el nivel  $l$  del factor D.

$(\gamma\delta)_{kl}$ : interacción ó efecto conjunto del nivel  $k$  del factor C con el nivel  $l$  del factor D.

$(\alpha\beta d)_{ikl}$ : interacción ó efecto conjunto del nivel  $i$  del factor A con el nivel  $k$  del factor C con el nivel  $l$  del factor D.

$(\beta\gamma d)_{jkl}$ : interacción ó efecto conjunto del nivel  $j$  del factor B con el nivel  $k$  del factor C con el nivel  $l$  del factor D.

$(\alpha\beta\gamma d)_{ijkl}$ : interacción ó efecto conjunto del nivel  $i$  del factor A con el nivel  $j$  del factor B con el nivel  $k$  del factor C con el nivel  $l$  del factor D.

$e_{ijklm}$ : error experimental, variable aleatoria que se le asume distribución normal e independencia con **media cero y varianza constante  $s^2$**  (suposición de homogeneidad de varianza).

Para la comparación de medias se utilizó la prueba de rango múltiple de la Diferencia Mínima significativa (DMS).

## **RESULTADOS**

### **Rosa**

#### **Vida de Florero**

De acuerdo al análisis de varianza se encontró diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ) para los efectos principales: Tiempos de Exhibición: niveles del factor A (24, 48 y 72 hrs), Concentraciones de etileno: niveles del factor B (0, 0.1, 1 y 10 ppm) y 1-MCP ó factor D con niveles de 0 y 800 ppb. No se encontró significancia para el factor AVG ó factor C.

Para la interacción AC se obtuvo significancia ( $P < 0.05$ ) y para AD se obtuvo diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ).

#### **Efectos principales**

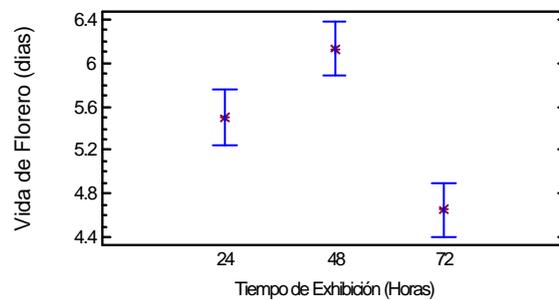
##### **Interpretación para el efecto principal A (Tiempos de Exposición)**

En el análisis de varianza realizado para vida de florero, se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P < 0.01$ ; Cuadro A1, apéndice) para las medias de respuesta de los niveles del factor A (24, 48 y 72 horas) que

son: 5.5, 6.1 y 4.6 días respectivamente. En la Figura 1-A con intervalos al 95% de nivel de confianza se puede observar que en promedio las flores duraron 6.1 días cuando fueron sometidas por 48 horas al etileno; 5.5 días cuando se sometieron por 24 horas y solamente 4.6 días cuando el tiempo de exposición al etileno fué de 72 horas. Considerando que los niveles de este factor son cualitativos se observa una tendencia cuadrática, esto significa que hay una máxima respuesta para un nivel intermedio del espacio de exploración. El modelo estimado es:

$$Y = 2.78125 + 0.156901 A_i - 0.001817 A_i^2$$

$$24 = A_i = 72$$



$$R^2 = 1.00$$

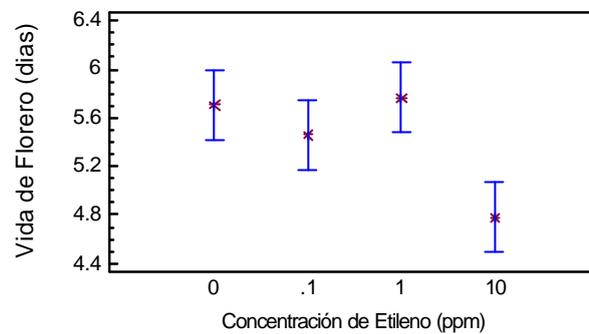
Figura 1-A. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición en etileno sobre la vida de florero de la rosa cv. Royalty.

### **Interpretación para el efecto principal B (Concentración de Etileno)**

El análisis de varianza también muestra diferencias estadísticas altamente significativas ( $P < 0.01$ ; Cuadro A1, apéndice) para las medias de respuesta de los niveles del factor B (0, 0.1, 1.0 y 10 ppm) que son: 5.7, 5.4, 5.7 y 4.7 días, respectivamente. La Figura 2-A con intervalos al 95% de nivel de confianza muestra como la vida de florero se ve afectada con las diferentes concentraciones de etileno a las cuales se sometieron las flores, siendo la concentración de 10 ppm la que dió la menor vida de florero que fue de 4.7 días. Las concentraciones de 0, 0.1 y 1 mostraron valores de 5.7, 5.4 y 5.7 días de florero respectivamente. En la descomposición de tratamientos mediante la técnica de polinomios ortogonales se encontró diferencia significativa para el efecto lineal, ajustándose entonces al modelo lineal el cual nos muestra la tendencia de los niveles del factor B. El modelo estimado es:

$$Y_i = 5.670288 - 0.87642B_j$$

$$0 = B_j = 10$$



$$R^2 = 0.87$$

Figura 2-A. Efecto de las diferentes Concentraciones de etileno a las cuales fueron expuestas las rosas cv. Royalty.

### Interpretación para el efecto principal C ó AVG

El análisis de varianza realizado para vida de florero, no muestra diferencia significativa ( $P < 0.05$  ; Cuadro A1, apéndice) para las medias de respuesta de los niveles del factor B (0 y 50 ppm) que son 5.5 y 5.3 días, respectivamente; Sin embargo en la Figura 3-A con intervalos al 95% de nivel de confianza se puede observar que cuando se usó el AVG se observa una disminución para la respuesta vida de florero en relación a cuando no se usó el AVG.

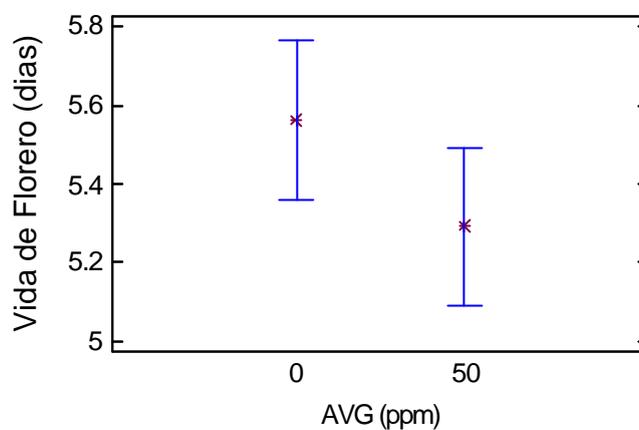


Figura 3-A. Efecto de los tratamientos de AVG aplicados en rosa cv. Royalty.

### Interpretación para el efecto principal D ó MCP

El análisis de varianza realizado para vida de florero del factor D (MCP), muestra diferencias estadísticas altamente significativas ( $P < 0.01$ ; Cuadro A1, apéndice) para las medias de respuesta de los niveles del factor D (0 y 800 ppb) que son: 4.52 y 6.32 días, respectivamente. En la figura 4-A con intervalos al 95% de nivel de confianza se puede observar una tendencia a incrementar la respuesta vida de florero conforme se incrementan los niveles del factor D ó MCP.

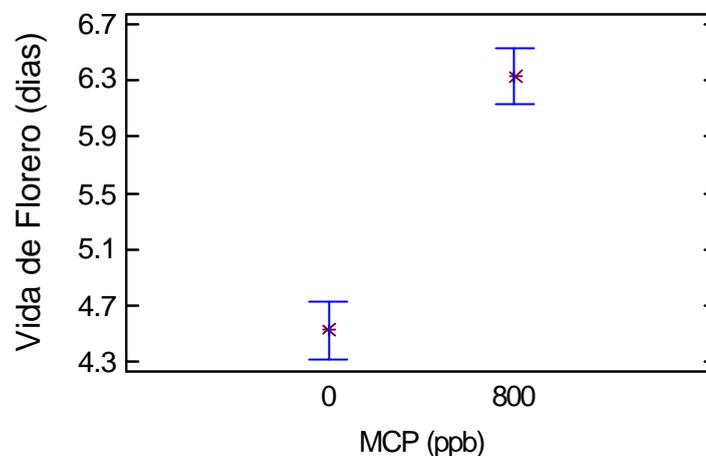


Figura 4-A. Efecto de los tratamientos de MCP aplicados en rosa cv. Royalty.

### Interpretacion de las Interacciones

#### Tiempo de Exposición vs Concentraciones de Etileno: AB

Al analizar estadísticamente la interacción Tiempo de Exposición-Concentraciones de etileno, el análisis de varianza no muestra diferencia significativa ( $P < 0.05$ ; Cuadro A1, apéndice), sin embargo, en la figura 5-A podemos observar que la concentración mas alta de etileno (10ppm) a la cual fueron sometidas las flores, proporcionó la menor vida de florero para los 3 tiempos de exposición utilizados en este experimento (24, 48 y 72 hrs), siendo la interacción 10 ppm-72 hrs la que proporcionó la menor vida de florero que fue

solamente de 3.8 días. Cuando esta misma concentración se expuso a 24 y 48 hrs se obtuvo una vida de florero de 4.8 y 5.6 días respectivamente.

Cuando las flores se sometieron por 24 horas a 0 ppm de etileno, duraron en promedio 5.8 días, 6.4 días cuando fueron sometidas por 48 horas y 5.3 días cuando fueron expuestas por 72 horas al etileno.

Las flores sometidas por 24 y 48 horas a concentraciones de 0.1 ppm de etileno dieron en promedio 5.8 días de vida de florero, siendo ligeramente menor (5.3 días) cuando se expusieron por 72 hrs al etileno.

Las flores sometidas a la concentración de 1.0 ppm de etileno por 24, 48 y 72 hrs dieron una vida de florero de 5.8, 6.5 y 4.8 respectivamente.

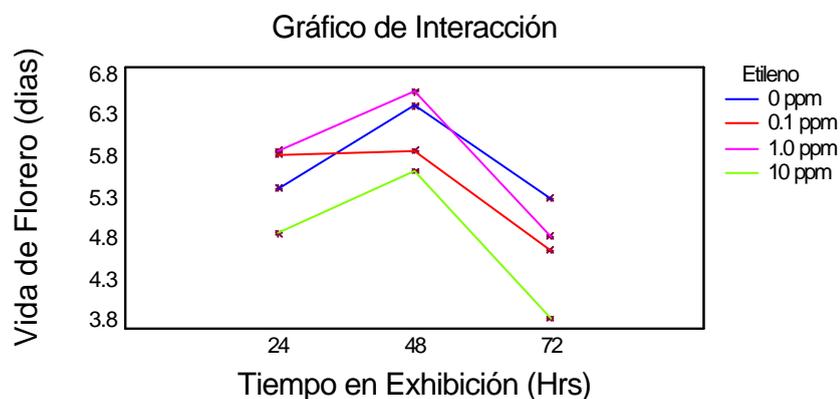


Figura 5-A. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición sobre las diferentes Concentraciones de Etileno en rosa cv. Royalty.

### Tiempo de Exposición vs AVG: AC

El análisis de varianza realizado para vida de florero, muestra que existe diferencia significativa ( $P < 0.05$ ; cuadro A1, apéndice) para la interacción tiempo de exposición-AVG. Al observar la figura 6-A se aprecia como la vida de florero varía para las flores que fueron tratadas con 0 ppm de AVG y con 50 ppm de AVG con respecto a los 3 tiempos de exposición en etileno, esto es, 24, 48 y 72 horas.

Cuando las flores tratadas con 0 ppm de AVG fueron sometidas al etileno por 24, 48 y 72 horas tuvieron una vida de florero de 5.5, 6.5 y 4.6 días, respectivamente. Observándose una tendencia muy similar en las flores que fueron tratadas con 50 ppm de AVG y expuestas al etileno por 24, 48 y 72 horas las cuales tuvieron una vida de florero de 5.4, 5.7 y 4.7 días, respectivamente.



Figura 6-A. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición sobre los tratamientos de AVG aplicados en rosa cv. Royalty.

### Tiempo de Exposición vs MCP: AD

En el análisis de varianza realizado para la interacción tiempo de exposición-MCP se detectaron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.01$ ; cuadro A1, apéndice). La figura 7-A muestra claramente como la vida de florero de las flores a las cuales se les aplicó el MCP así como a las que no se les aplicó el MCP se ve afectada con cada uno de los tres tiempos a los cuales se sometieron las flores (24, 48 y 72 horas) al etileno.

Cuando las flores fueron tratadas con MCP a 800 ppb para después ser sometidas al etileno por 24, 48 y 72 hrs se obtuvo una vida de florero de 6.7, 7.2 y 5 días, respectivamente mientras que cuando no se aplicó el MCP (0 ppm) la vida de florero fue de 4.2, 5 y 4.2 días para las 24, 48 y 72 hrs de exposición al etileno, respectivamente.

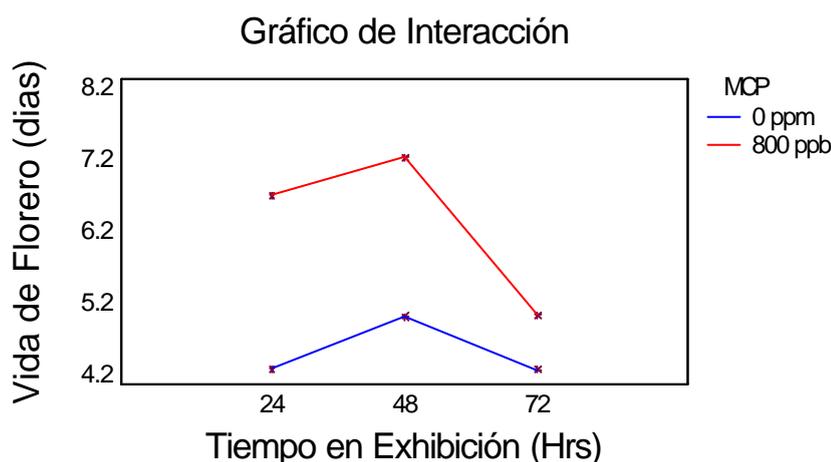


Figura 7-A. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición sobre los tratamientos de MCP aplicados en rosa cv. Royalty.

### Concentración de etileno vs AVG: BC

En la evaluación para vida de florero no se manifestó una diferencia significativa para la interacción concentración-AVG bajo el análisis de varianza ( $P < 0.05$ ; cuadro A1, apéndice).

En la Figura 8-A podemos observar como para las cuatro concentraciones de etileno utilizadas (0, 0.1, 1.0 y 10 ppm), las flores que no recibieron tratamiento con AVG tuvieron la siguiente vida de florero: 5.8, 5.5, 6 y 4.8 días respectivamente, mostrando una tendencia muy similar con aquellas flores a las cuales si se les aplicó el AVG y cuya vida de florero fue: 5.6 días para 0 ppm de etileno, 5.3 días para 0.1 ppm de etileno 5.4 días para 1.0 ppm de etileno y 4.7 días para 10 ppm.

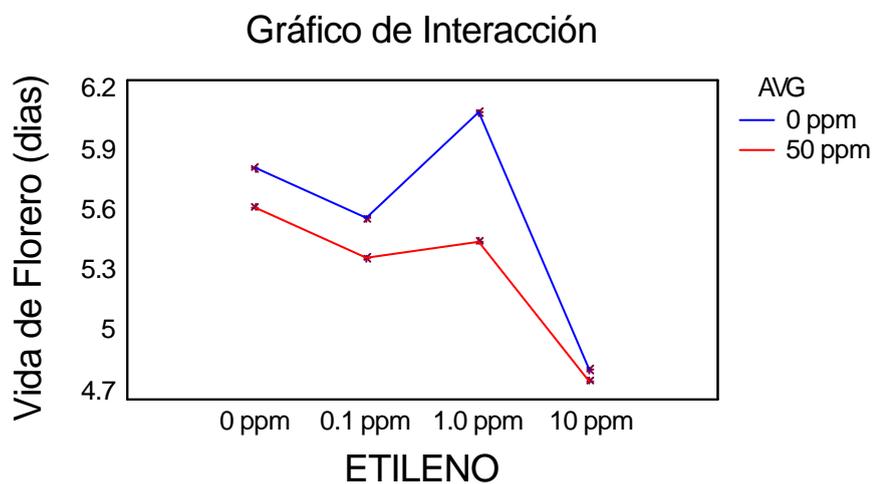


Figura 8-A. Efecto de las diferentes Concentraciones de Etileno sobre los tratamientos de AVG aplicados en rosa cv. Royalty.

### **Concentración de Etileno - MCP: BD**

En el análisis de varianza realizado para vida de florero, se encontró que no existe diferencia significativa para la interacción concentración de etileno vs MCP ( $P < 0.05$ ; cuadro A1, apéndice).

Sin embargo, en la figura 9-A podemos observar claramente como las flores a las cuales se les aplicó MCP muestran una mayor vida de florero con respecto aquellas que no se les aplicó el MCP para las cuatro concentraciones de etileno a las cuales fueron expuestas las flores.

Cuando se aplicó el MCP a 800 ppb se obtuvieron los siguientes resultados: 6.6 días para la concentración a 0 ppm de etileno, 6.3 días para la concentración a 0.1 ppm, 6.3 días para la concentración a 1 ppm de etileno y 5.9 días para la concentración a 10 ppm de etileno.

En contraste, las flores que recibieron tratamiento con MCP a 0 ppm dieron los siguientes resultados: 4.7 días para la concentración a 0 ppm de etileno, 4.58 días para la concentración a 0.1 ppm de etileno, 5.1 días para la concentración a 1.0 ppm y 3.63 días para la concentración a 10 ppm de etileno.

Así mismo podemos observar que para ambas situaciones (con MCP y sin MCP) existe una tendencia a disminuir los días de florero conforme se incrementa la concentración de etileno en las cámaras, mostrando los valores

mas bajos para la concentración a 10 ppm la cual dió 5.9 días para las flores con MCP y 3.63 días para las flores sin MCP.

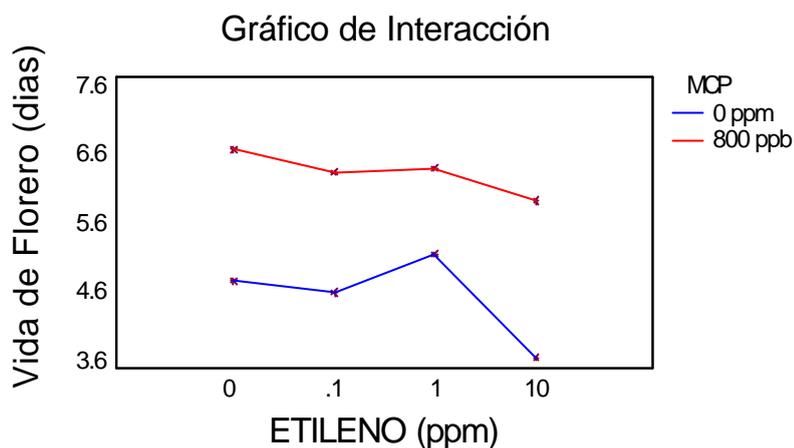


Figura 9-A. Efecto de las diferentes Concentraciones de Etileno sobre los tratamientos de MCP aplicados en rosa cv. Royalty.

### AVG vs MCP: CD

El análisis estadístico no muestra diferencia significativa ( $P < 0.05$ ; cuadro A1, apéndice).

En la figura 10-A podemos notar que las flores a las cuales se les aplicó el tratamiento de MCP a 800 ppb mostraron la mayor vida de florero que fué de 6.58 días, en contraste con las flores a las cuales se les aplicó el tratamiento de AVG a 50 ppm las cuales mostraron una vida de florero de 4.5 días siendo el mismo valor para aquellas flores que no recibieron tratamiento alguno (testigo).

Las flores que recibieron el tratamiento de MCP a 800 ppb + AVG a 50 ppm mostraron una vida de florero de 6.07 días.

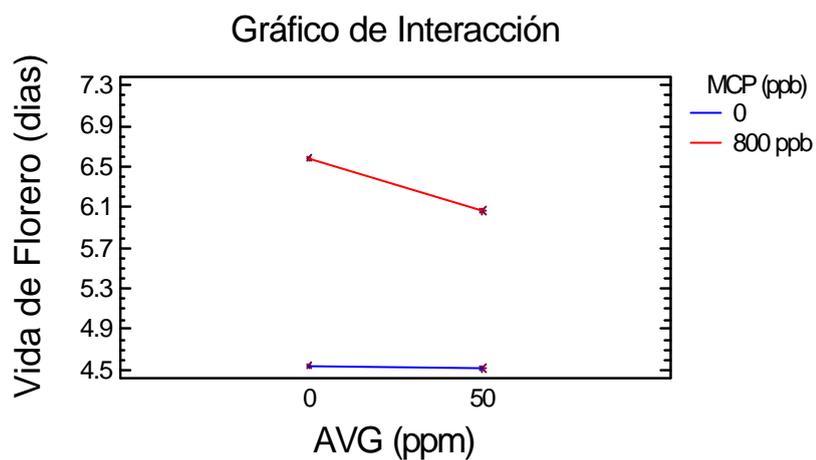


Figura 10-A. Efecto de los tratamientos de AVG sobre los tratamientos de MCP aplicados en rosa cv. Royalty.

### **Diámetro Máximo de Apertura**

De acuerdo al análisis de varianza se encontró diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ) para los efectos principales: Tiempos de Exposición: niveles del factor A (24, 48 y 72 hrs) y 1-MCP ó factor D con niveles de 0 y 800 ppb. No se encontró significancia para Concentración de Etileno o factor B ni para el AVG ó factor C.

Para las interacciones AB, AC y AD se obtuvo diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ) y para la interacción CD se obtuvo diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

## **Efectos Principales**

### **Interpretación para el efecto principal A (Tiempos de Exposición)**

En el análisis de varianza realizado para diámetro máximo de apertura, se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P < 0.01$ ; Cuadro A2, apéndice) para las medias de respuesta de los niveles del factor A (24, 48 y 72 horas) que son: 91.27, 84.77 y 58.38 mm respectivamente. En la Figura 11-A con intervalos al 95% de nivel de confianza se puede observar como el diámetro máximo de apertura se reduce conforme aumentan los tiempos de exposición al etileno, observándose el mayor diámetro de apertura de 91.27 mm cuando las flores se sometieron por 24 horas, seguido por el diámetro máximo de apertura de 84.77 mm cuando las flores se sometieron al etileno por 48 horas, y tan solo un diámetro máximo de apertura de 58.38 mm cuando las flores se sometieron al etileno por 72 horas.

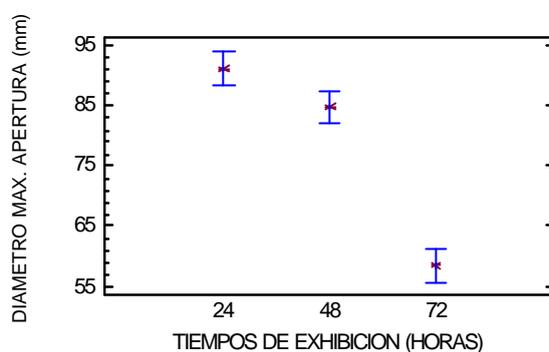


Figura 11 -A. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición sobre el diámetro máximo de apertura en rosa cv. Royalty.

### Interpretación para el efecto principal B (Concentración de Etileno)

En el análisis de varianza realizado para el efecto principal concentración de etileno ó factor B, se encontró que no existe diferencia significativa para las medias de respuestas ( $P < 0.05$ ; cuadro A2, apéndice). Aún y cuando en la Figura 12-A se muestra que para la concentración de 0 ppm se tuvo el valor mas alto en cuanto al diámetro máximo de apertura el cual fué de 80.77 mm; observandose una reducción en el diámetro máximo de apertura con respecto a la concentración de 0 ppm para las concentraciones de etileno de 0.1, 1 y 10 ppm, cuyos valores son 76.04, 77.95 y 77.80 mm respectivamente.

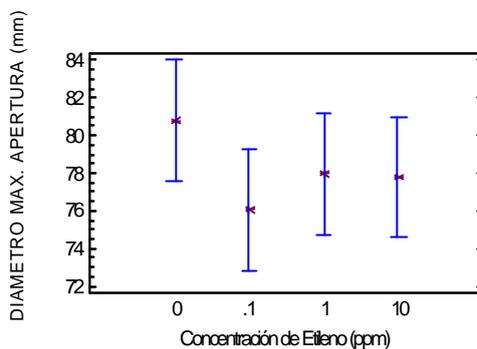


Figura 12-A. Efecto de las diferentes Concentraciones de Etileno sobre el diámetro máximo de apertura en rosa cv. Royalty.

### Interpretación para el efecto principal C (AVG)

Para el efecto principal AVG ó factor C, el análisis estadístico no muestra diferencia significativa para las medias de respuesta de los niveles del factor C: 0 y 50 ppm ( $P < 0.05$ , cuadro A2, apéndice). En la figura 13-A se observa como las flores con 50 ppm de AVG presentaron un diámetro máximo de apertura de 78.98 mm, siendo practicamente el mismo valor para las flores a 0 ppm de AVG las cuales presentaron un diámetro máximo de apertura de 77.30 mm.

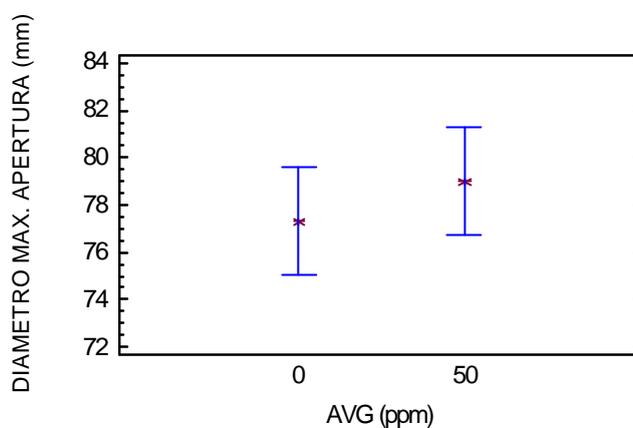


Figura 13-A. Efecto de los tratamientos de AVG sobre el diámetro máximo de apertura en rosa cv. Royalty.

### Interpretación para el efecto principal D (MCP)

Con respecto al efecto principal MCP o factor D, en el análisis estadístico se puede observar que sí existió diferencia significativa para las medias de respuesta de los niveles de factor D: 0 y 800 ppb ( $P < 0.01$ , cuadro A2, apéndice).

En la figura 14-A se puede observar como las flores a las cuales se les aplicó el tratamiento con 800ppb de MCP muestran un diámetro máximo de apertura de 85.45 mm mientras que las flores con 0 ppb de MCP muestran un diámetro de 70.84 mm.

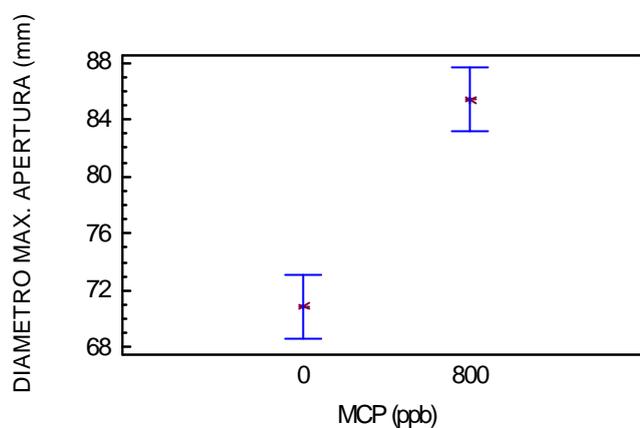


Figura 14-A. Efecto de los tratamientos de MCP sobre el diámetro máximo de apertura en rosa cv. Royalty.

## Interpretación de las Interacciones

### Tiempo de Exposición vs Concentraciones de Etileno: AB

En el análisis de varianza realizado para la interacción AB: Tiempo de Exposición-Concentración de Etileno, se encontró que sí existe una diferencia significativa ( $P < 0.01$ , cuadro A2, apéndice).

En la figura 15-A podemos observar como para todas las concentraciones de etileno utilizadas (0, 0.1, 1 y 10 ppm), a medida que aumentan los tiempos de exposición al etileno (24, 48 y 72 hrs) el diámetro máximo de apertura disminuye. Así pues podemos observar que los diámetros máximos de apertura mas grandes los tenemos cuando las flores se sometieron

solo por 24 horas al etileno para las cuatro concentraciones utilizadas: 0, 0.1, 1 y 10 ppm cuyos diámetros máximos de apertura fueron de 92, 91.55, 92.47 y 89 mm respectivamente. Cuando las flores fueron expuestas al etileno por 48 horas los diámetros máximos fueron los siguientes: 85.02, 80.77, 79.91 y 93.39 mm para las concentraciones de 0,0.1,1.0 y 10 ppm respectivamente.

Los valores mas bajos en cuanto al diámetro máximo de apertura los encontramos cuando las flores fueron expuestas por 72 hrs a las diferentes concentraciones de etileno siendo los diámetros máximos de apertura los siguientes: 65.30, 55.78, 61.47 y 50.95 mm para las concentraciones de etileno a 0, 0.1, 1 y 10 ppm respectivamente.

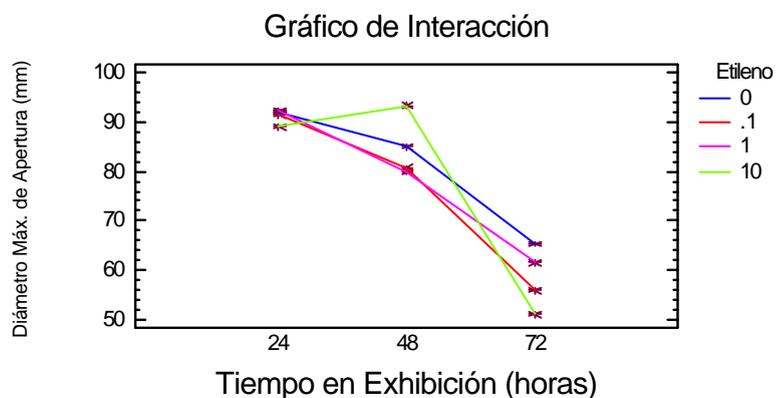


Figura 15-A. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición sobre las diferentes Concentraciones de Etileno en rosa cv. Royalty.

### **Tiempos de Exposición vs AVG: AC**

Al realizar el análisis de varianza para la interacción AC: Tiempos de Exposición-AVG, se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.01$ , cuadro A2, apéndice).

En la figura 16-A podemos observar que tanto a las flores que se les aplicó 50 ppm de AVG como a las que se les aplicó 0 ppm de AVG muestran una misma tendencia con respecto a los tiempos de exposición, es decir, a medida que las flores fueron sometidas al etileno por más tiempo los diámetros máximos de apertura disminuyeron, quedando de la siguiente manera: las flores que recibieron tratamiento de 0 ppm AVG tuvieron diámetros máximos de apertura de 90.31, 80.11 y 61.48 mm a 24, 48 y 72 horas de exposición al etileno respectivamente, mientras que las flores que fueron tratadas a 50 ppm de AVG mostraron diámetros máximos de apertura de 92.23, 89.43 y 55.28 mm a 24, 48 y 72 horas de exposición al etileno respectivamente.

Por otra parte podemos observar como los diámetros máximos de apertura para las flores que recibieron el tratamiento a 0 ppm de AVG fueron ligeramente menores cuando las flores fueron expuestas al etileno por 24 y 48 horas (90.31 y 80.11 mm respectivamente) con respecto a las flores que recibieron el tratamiento a 50 ppm de AVG (92.23 y 89.43 mm) a las 24 y 48 horas de exposición al etileno. Observándose un diámetro máximo de apertura mayor (61.48 mm) en las flores que recibieron el tratamiento a 0 ppm de AVG

con respecto a las que recibieron el tratamiento a 50 ppm de AVG (55.28mm) cuando fueron expuestas por 72 horas al etileno

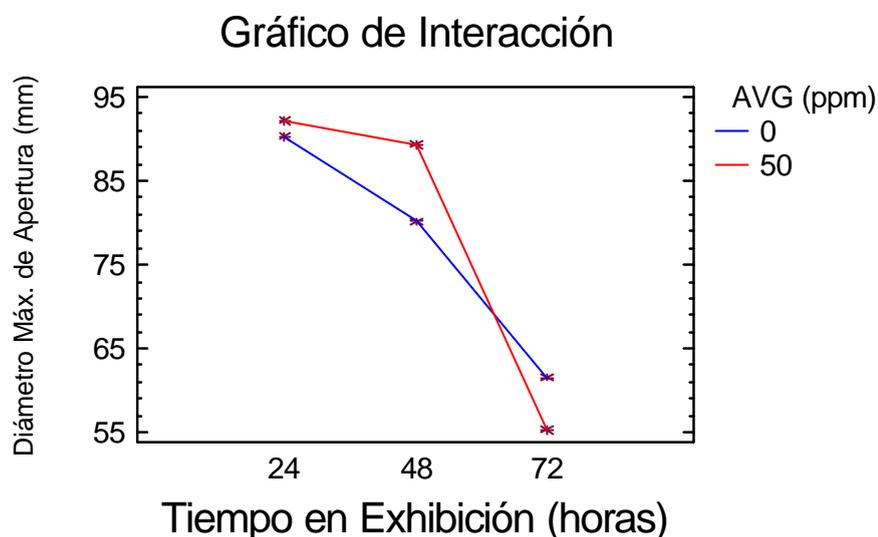


Figura 16-A. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición sobre los tratamientos de AVG aplicados en rosa cv. Royalty.

### Tiempos de Exposición vs MCP: AD

Se puede observar en el cuadro A2, del apéndice que sí existió diferencia significativa  $P < 0.01$  para la interacción AD: Tiempos de Exposición-MCP. En la figura 17-A se puede observar claramente que tanto las flores que recibieron el tratamiento a 800 ppb de MCP como las que recibieron el tratamiento a 0 ppb de MCP, muestran una tendencia a disminuir el diámetro máximo de apertura conforme se incrementan los tiempos de exposición al etileno (24, 48 y 72 horas), esto es, para las flores que recibieron el tratamiento a 0 ppb de MCP se obtuvieron diámetros de 84.50, 71.79 y 56.22 para los tiempos de exposición al etileno de 24, 48 y 72 horas respectivamente, mientras que para las flores que

recibieron el tratamiento a 800 ppb de MCP se obtuvieron diámetros máximos de apertura de 98.04, 97.76 y 60.54 mm para los tiempos de exposición al etileno de 24, 48 y 72 horas respectivamente.

Además podemos observar también que todas las flores que recibieron el tratamiento a 800 ppb de MCP mostraron diámetros máximos de apertura mayores que aquellas flores que recibieron el tratamiento a 0 ppb de MCP para los tres tiempos de exposición al etileno (24, 48 y 72 horas), quedando de la siguiente manera: Las flores que recibieron el tratamiento a 0 ppb de MCP mostraron diámetros máximos de apertura de 84.50, 71.79 y 56.22 mm, mientras que las flores que recibieron el tratamiento a 800 ppb de MCP mostraron diámetros máximos de apertura de 98.04, 97.76 y 60.54 para las 24, 48 y 72 horas de exposición al etileno respectivamente.



Figura 17-A. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición sobre los tratamientos de MCP aplicados en rosa cv. Royalty.

### **Concentración de etileno vs AVG: BC**

En la evaluación para diámetro máximo de apertura no se manifestó una diferencia significativa para la interacción BC: Concentración de Etileno-AVG bajo el análisis de varianza ( $P < 0.05$ ; cuadro A2, del apéndice).

En la figura 18-A se puede apreciar que tanto las flores que recibieron el tratamiento a 0 ppm de AVG como las flores con tratamiento a 50 ppm de AVG practicamente mantienen el mismo diámetro máximo de apertura para las 4 concentraciones de etileno utilizadas (0,0.1,1.0 y 10 ppm), mostrando un ligero incremento para las flores con tratamiento a 50 ppm de AVG (80.57 mm) con respecto a las flores con tratamiento a 0 ppm de AVG (75.33 mm) cuando fueron sometidas a la concentración de 1 ppm de etileno. Para la concentración de 0 ppm de etileno las flores con tratamiento a 0 ppm AVG mostraron un diámetro máximo de apertura de 81.39 mm mientras que las flores con tratamiento a 50 ppm de AVG mostraron un diámetro máximo de apertura de 80.16 mm. Para la concentración de 0.1 ppm de etileno, las flores con tratamiento a 0 ppm de AVG mostraron un diámetro máximo de apertura de 75.90 mm mientras que las flores con tratamiento a 50 ppm de AVG mostraron un diámetro máximo de apertura de 76.17 mm. Y para la concentración de 10 ppm de etileno las flores con tratamiento a 0 ppm de AVG mostraron un diámetro máximo de apertura de 76.58 mm mientras que las flores con tratamiento a 50 ppm de AVG mostraron un diámetro máximo de apertura de 79.03 mm.

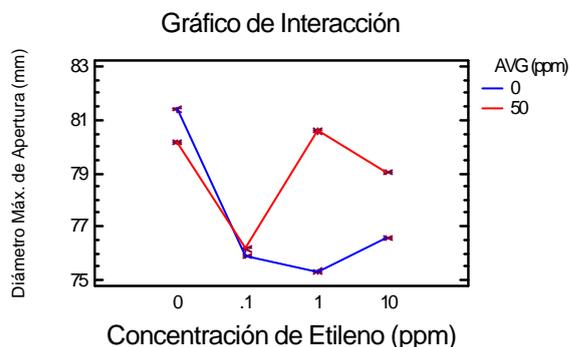


Figura 18-A. Efecto de las diferentes Concentraciones de Etileno sobre los tratamientos de AVG aplicados en rosa cv. Royalty.

### **Concentración de etileno vs MCP: BD**

En el análisis de varianza realizado para diámetro máximo de apertura, se encontró que no existe diferencia significativa para la interacción BD: Concentración de Etileno - MCP ( $P < 0.05$ ; cuadro A2, apéndice). Sin embargo, en la Figura 19-A podemos observar claramente como las flores que recibieron el tratamiento a 800 ppb de MCP muestran diámetros máximos de apertura mayores con respecto a las flores que recibieron el tratamiento a 0 ppb de MCP, esto para cada una de las concentraciones de etileno (0, 0.1, 1.0 y 10 ppm) a las cuales fueron expuestas las flores, esto es, las flores que recibieron el tratamiento a 800 ppb de MCP mostraron diámetros máximos de apertura de 85.06, 83.03, 87.52 y 86.17mm a 0,0.1,1.0 y 10 ppm de etileno respectivamente, mientras que las flores que recibieron tratamiento a 0 ppb de MCP mostraron diámetros máximos de apertura de 76.48, 69.05, 68.38 y 69.44 mm a 0, 0.1, 1.0 y 10 ppm de etileno respectivamente.

Con respecto a las diferentes concentraciones de etileno a las cuales fueron exhibidas las flores, esto es a 0,0.1,1.0 y 10 ppm, se puede apreciar que estas no afectan de manera significativa los diámetros máximos de apertura para las flores que recibieron el tratamiento a 800 ppb de MCP cuyos valores son de 85.06, 83.03, 87.52 y 86.17 mm, respectivamente., ni para las flores que recibieron el tratamiento a 0 ppb de MCP cuyos valores son 76.48, 69.05, 68.38 y 69.44mm para 0,0.1,1.0 y 10 ppm de etileno, respectivamente.

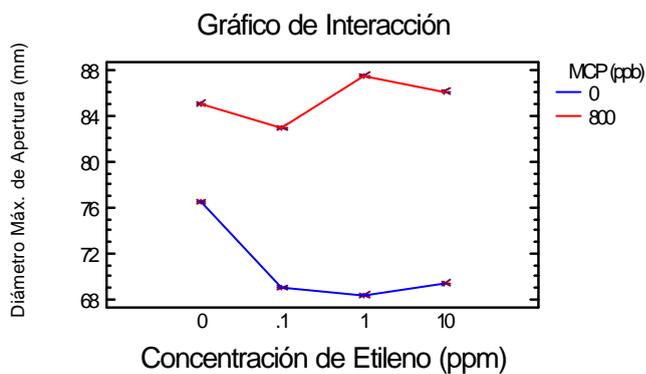


Figura 19-A. Efecto de las diferentes Concentraciones de Etileno sobre los tratamientos de MCP aplicados en rosa cv. Royalty.

### AVG vs MCP: CD

Al realizar el análisis de varianza para la interacción BD: AVG-MCP, se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ , cuadro A2, apéndice). En la Figura 20-A podemos observar como las flores que recibieron el tratamiento a 800 ppb de MCP, mostraron diámetros máximos de apertura de 82.49mm, superiores a aquellas flores que fueron tratadas a 50 ppm de AVG (69.56mm). Sin embargo cuando se aplicó 50 ppm de AVG mas 800 ppb de MCP juntos, es decir, como un solo tratamiento, el diámetro máximo de apertura fue de 88.40mm superando al diámetro máximo de apertura de las flores que se les aplicó las 800 ppb de MCP y las 50 ppm de AVG de manera independiente así como al diámetro máximo de apertura (72.11mm) de las flores testigo (0 ppm de AVG, 0 ppb de MCP). Así mismo podemos observar que el diámetro máximo de apertura de dichas flores testigo resultó superior al diámetro máximo de apertura para las flores que recibieron el tratamiento a 50 ppm de AVG.

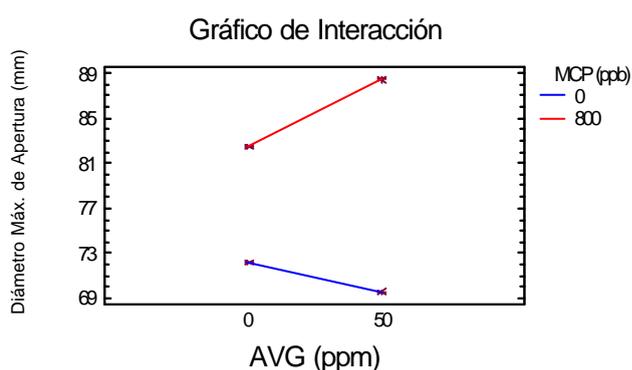


Figura 20-A. Efecto de los tratamientos de AVG sobre los tratamientos de MCP aplicados en rosa cv. Royalty.

## **RESULTADOS CLAVEL**

### **VIDA DE FLORERO**

De acuerdo al análisis de varianza se encontró diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ) para los efectos principales: Tiempos de Exposición: niveles del factor A (24, 48 y 72 hrs), Concentraciones de etileno: niveles del factor B (0, 0.1, 1 y 10 ppm) y 1-MCP ó factor D con niveles de 0 y 800 ppb. No se encontró significancia para el factor AVG ó factor C.

Para la interacción AC y BC se obtuvo significancia ( $P < 0.05$ ), para AD y BD se obtuvo diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ).

### **EFFECTOS PRINCIPALES**

#### **Interpretación para el efecto principal A (Tiempos de Exposición)**

En el análisis de varianza realizado para vida de florero, se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P < 0.01$ ; Cuadro A3, apéndice) para las medias de respuesta de los niveles del factor A (24, 48 y 72 horas) que son: 10.93, 8.43 y 7.18 días respectivamente.

En la Figura 1-B con intervalos al 95% de nivel de confianza se puede observar una tendencia a disminuir los días de florero conforme se

incrementaron los tiempos de exposición al etileno, esto es, cuando las flores de clavel se sometieron al etileno por 24 horas tuvieron una vida de florero en promedio de 10.93 días, cuando se sometieron por 48 horas al etileno duraron en florero 8.43 días y cuando se sometieron por 72 horas al etileno solamente duraron 7.18 días en florero.

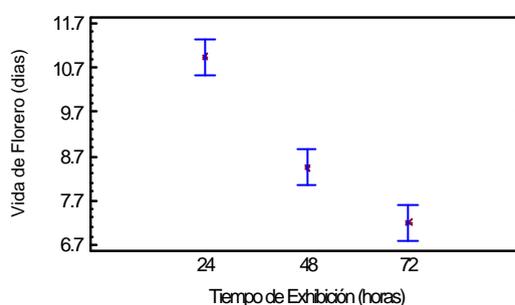


Figura 1-B. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición en Etileno sobre la vida de florero del clavel cv Delphi.

### Interpretación para el efecto principal B (Concentración de Etileno)

El análisis de varianza también muestra diferencias estadísticas altamente significativas ( $P < 0.01$ ; Cuadro A3, apéndice) para las medias de respuesta de los niveles del factor B (0, 0.1, 1.0 y 10 ppm) que son: 10.98, 8.69, 7.33 y 8.40 días, respectivamente. La Figura 2-B con intervalos al 95% de nivel de confianza muestra como la vida de florero se ve afectada con las diferentes concentraciones de etileno a las cuales se sometieron las flores, siendo la concentración de 1 ppm la que dió la menor vida de florero que fue de 7.33

días. Las concentraciones de 0, 0.1 y 10 mostraron valores de 10.98, 8.69 y 8.40 días de florero respectivamente.

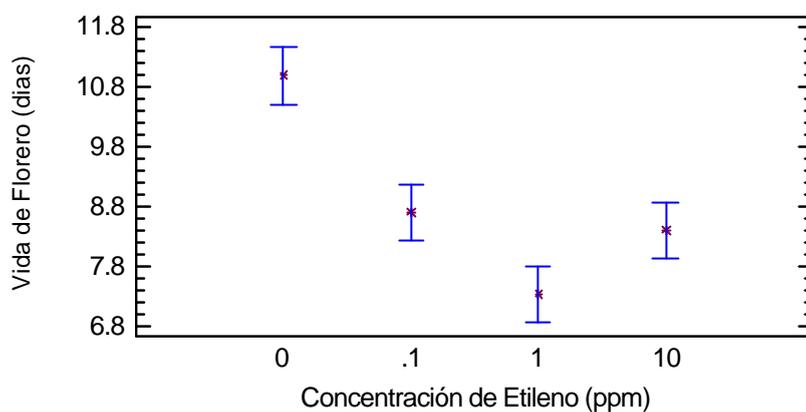


Figura 2-B. Efecto de las diferentes Concentraciones de Etileno sobre la vida de florero del clavel cv. Delphi.

### Interpretación para el efecto principal C ó AVG

El análisis de varianza realizado para vida de florero, no muestra diferencia significativa ( $P < 0.05$  ; Cuadro A3, apéndice) para las medias de respuesta de los niveles del factor B (0 y 50 ppm) que son 8.56 y 9.13 días, respectivamente; Sin embargo en la Figura 3-B con intervalos al 95% de nivel de confianza se puede notar que cuando se aplicó el tratamiento a 0 ppm de AVG se observa una disminución para la respuesta vida de florero en relación al tratamiento de 50 ppm de AVG.

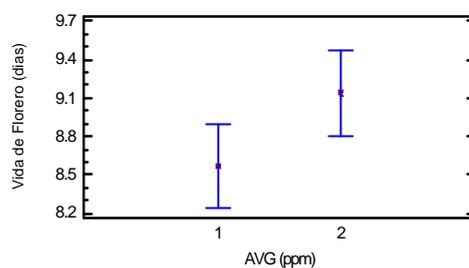


Figura 3-B. Efecto de los tratamientos de AVG sobre la vida de florero del clavel cv. Delphi.

### Interpretación para el efecto principal D ó MCP

El análisis de varianza realizado para vida de florero del factor D (MCP), muestra diferencias estadísticas altamente significativas ( $P < 0.01$ ; Cuadro A3, apéndice) para las medias de respuesta de los niveles del factor D (0 y 800 ppb) que son: 6.43 y 11.27 días, respectivamente.

En la figura 4-B con intervalos al 95% de nivel de confianza se puede observar una tendencia a incrementar la respuesta vida de florero conforme se incrementan los niveles del factor D ó MCP.

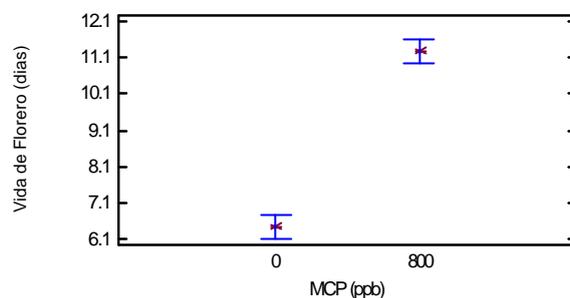


Figura 4-B. Efecto de los tratamientos de MCP sobre la vida de florero del clavel cv. Delphi.

## INTERPRETACION DE LAS INTERACCIONES

### Tiempo de Exposición vs Concentraciones de Etileno: AB

Al analizar estadísticamente la interacción AB: Tiempo de Exposición-Concentración de Etileno, el análisis de varianza no muestra diferencia significativa ( $P < 0.05$ ; Cuadro A3, apéndice), sin embargo, en la figura 5-B podemos observar una tendencia a disminuir la vida de florero para cada una de las cuatro concentraciones de etileno a las cuales se sometieron las flores (0, 0.1, 1 y 10 ppm de etileno) conforme aumentan los tiempos de exposición al etileno (24, 48 y 72 horas).

Cuando las flores se sometieron por 24 horas a 0 ppm de etileno, duraron en promedio 13.25 días, 9.87 días cuando fueron expuestas por 48 horas y 9.83 días cuando fueron expuestas por 72 horas al etileno.

Las flores sometidas por 24, 48 y 72 horas a concentraciones de 0.1 ppm de etileno duraron en promedio 10.83, 8.04 y 7.20 días en florero, respectivamente.

Las flores sometidas a la concentración de 1.0 ppm de etileno por 24, 48 y 72 horas dieron una vida de florero de 9.66, 7.29 y 5.04 días, respectivamente.

Cuando se utilizó la concentración de etileno mas alta para este experimento que fue de 10 ppm se observó una vida de florero de 10, 8.54 y 6.66 días para 24, 48 y 72 horas de exposición al etileno, respectivamente.

En general podemos observar una tendencia muy marcada: a medida que se incrementan los tiempos de exposición utilizados, 24,48 y 72 hrs, así como las concentraciones de etileno 0, 0.1 1 y 10 ppm, hay una disminución en la vida de florero para todas las flores.

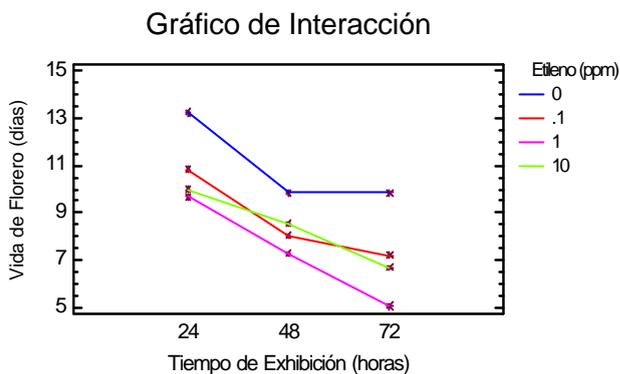


Figura 5-B. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición sobre las diferentes Concentraciones de Etileno en flores de clavel cv. Delphi.

### Tiempo de Exposición vs AVG: AC

El análisis de varianza realizado para vida de florero, muestra que existe diferencia significativa ( $P < 0.05$ ; Cuadro A3, apéndice) para la interacción AC: Tiempo de Exposición-AVG.

Al observar la figura 6B se observa como la vida de florero para las flores de clavel disminuye conforme se incrementan los tiempos de exposición para las flores con tratamiento a 0 ppm de AVG así como para las flores con tratamiento a 50 ppm de AVG. Esto es, cuando se utilizó el tratamiento a 0 ppm de AVG y se sometieron a etileno por 24, 48 y 72 horas, se observa en promedio una vida de florero de 10.06, 8.47 y 7.16 días, respectivamente, y cuando se aplicó el tratamiento a 50 ppm de AVG y se sometieron a 24, 48 y 72

horas se observó una vida de florero de 11.81, 8.39 y 7.20 días, respectivamente.

La tendencia para ambas situaciones es similar, es decir, cuando se utilizó el tratamiento a 0 ppm de AVG así como a 50 ppm de AVG, la vida de florero disminuye a medida que se aumentan los tiempos de exposición (24, 48 y 72 horas), observándose los valores mas bajos cuando la flor es expuesta al etileno en el periodo de 72 hrs.



Figura 6-B. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición sobre los tratamientos de AVG aplicados en flores de clavel cv. Delphi.

### **Tiempo de Exposición vs MCP: AD**

En el análisis de varianza realizado para la interacción AD: Tiempo de Exposición-MCP se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P < 0.01$ ; Cuadro A3, apéndice).

En la figura 7-B se observa como la vida de florero de las flores de clavel a las cuales se les aplicó el tratamiento a 0 ppb de MCP así como a las que se les aplicó el tratamiento de 800 ppb de MCP se vé afectada con cada uno de los tres tiempos a los cuales se sometieron las flores, esto es a 24, 48 y 72 horas.

Cuando se usó el tratamiento a 0 ppb de MCP y se sometieron a 24, 48 y 72 horas se observó una vida de florero en promedio de 8.31, 4.83 y 6.16 días, respectivamente. En las flores a las cuales se les aplicó el tratamiento a 800 ppb de MCP se observó una vida de florero de 13.56, 12.04 y 8.20 dias para las 24, 48 y 72 horas de exposición al etileno, respectivamente.

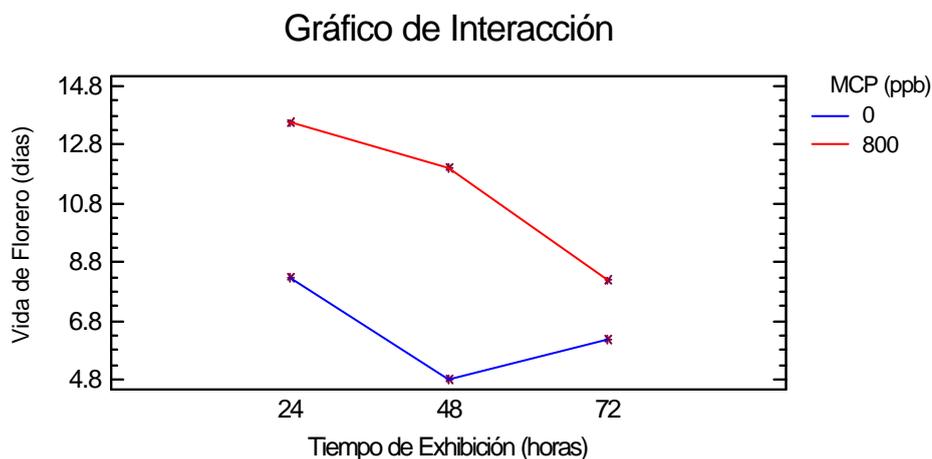


Figura 7-B. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición sobre los tratamientos de MCP aplicados en flores de clavel cv. Delphi.

### Concentración de Etileno vs AVG: BC

Para la evaluación vida de florero se manifestó una diferencia significativa para la interacción BC: Concentración de Etileno-AVG bajo el análisis de varianza ( $P < 0.05$ ; Cuadro A3, apéndice).

En la figura 8-B podemos observar como las cuatro concentraciones de etileno utilizadas (0, 0.1, 1.0 y 10 ppm de etileno) influyen sobre la vida de florero de las flores que recibieron el tratamiento a 0 ppm de AVG, las cuales duraron 9.86, 8.30, 7.58 y 8.52 días respectivamente, tendencia muy similar a las flores que recibieron el tratamiento a 50 ppm de AVG en las cuales se observó una vida de florero de 12.11, 9.08, 7.08 y 8.27 días para las concentraciones a 0, 0.1, 1.0 y 10 ppm de etileno, respectivamente.

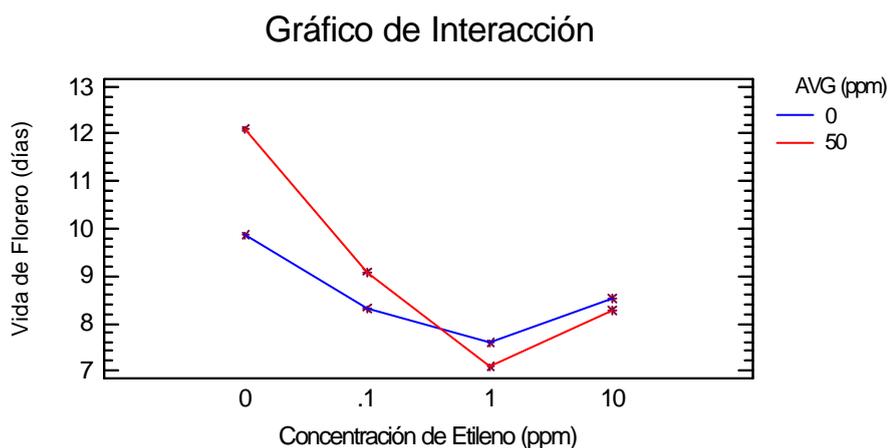


Figura 8-B. Efecto de las diferentes concentraciones de etileno sobre los tratamientos de AVG aplicados en flores de clavel cv. Delphi.

### Concentración de etileno vs MCP: BD

En el análisis de varianza realizado para vida de florero, se encontró que existe diferencia altamente significativa para la interacción BD: Concentración de Etileno - MCP ( $P < 0.01$ ; Cuadro A3, apéndice).

En la figura 9B podemos observar claramente que en las flores con tratamiento a 0 ppm de MCP hay una tendencia muy marcada a disminuir la vida de florero conforme las concentraciones de etileno se incrementan, esto es, para las concentraciones de 0, 0.1, 1.0 y 10 ppm de etileno a las cuales se exhibieron las flores se observa una vida de florero de 10.25, 5.75, 5.11 y 4.63 días, respectivamente. Situación que se presenta menos marcada para las flores que recibieron el tratamiento a 800 ppb de MCP, en las cuales se observó una vida de florero de 11.72, 11.63, 9.55 y 12.16 días para 0, 0.1, 1.0 y 10 ppm de etileno, respectivamente.

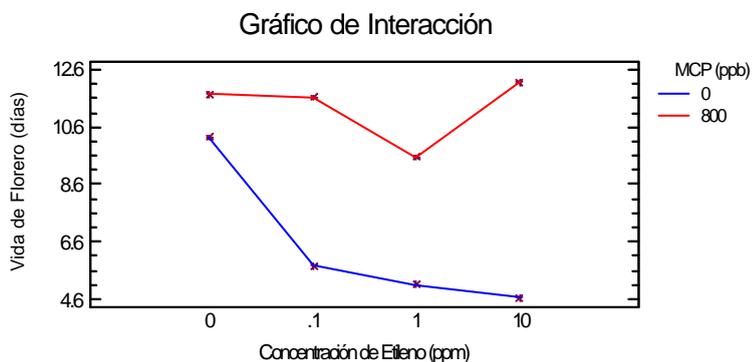


Figura 9-B. Efecto de las diferentes concentraciones de etileno sobre las diferentes concentraciones de MCP aplicadas en flores de clavel cv. Delphi.

### AVG vs MC: CD

Para la interacción CD: MCP-AVG, el análisis estadístico no muestra diferencia significativa ( $P < 0.05$ ; Cuadro A3, apéndice).

En la figura 10-B podemos observar que las flores con tratamiento a 0 ppm de AVG y a 0 ppm de MCP mostraron el valor mas bajo para la vida de florero el cual fue de 6.23 días, seguido por el tratamiento a 50 ppm de AVG el cual mostró una vida de florero de 6.63 días; el tratamiento a 800 ppb de MCP mostró una vida de florero de 10.92 días y las flores que recibieron el tratamiento a 50 ppm de AVG mas el tratamiento a 800 ppb de MCP mostraron el valor mas alto que fué de 11.63 días en florero.

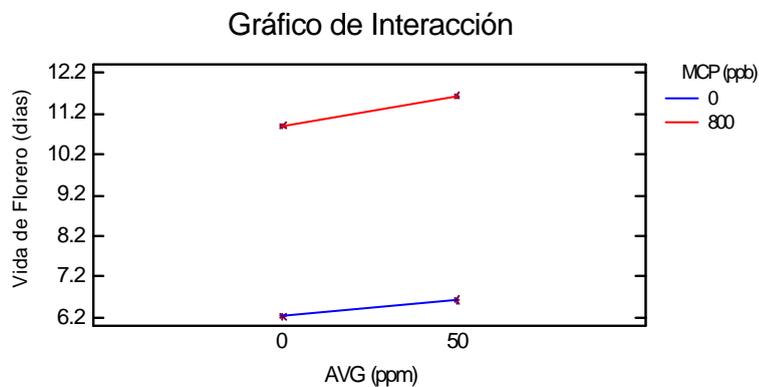


Figura 10-B. Efecto de los tratamientos de AVG sobre los tratamientos de MCP aplicados en flores de clavel cv. Delphi

## **DIAMETRO MAXIMO DE APERTURA**

De acuerdo al análisis de varianza se encontró diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ) para los efectos principales: Tiempos de Exposición: niveles del factor A (24, 48 y 72 hrs), Concentración de Etileno: niveles del factor B (0, 0.1, 1.0 y 10 ppm) y 1-MCP ó factor D con niveles de 0 y 800 ppb. No se encontró significancia para el AVG ó factor C.

Para las interacciones AB y BD se obtuvo diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ).

## **EFFECTOS PRINCIPALES**

### **Interpretación para el efecto principal A (Tiempos de Exposición)**

En el análisis de varianza realizado para diámetro máximo de apertura, se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P < 0.01$ ; Cuadro A4, apéndice) para las medias de respuesta de los niveles del factor A (24, 48 y 72 horas) que son: 50.70, 59.18 y 50.22 mm, respectivamente.

En la Figura 11-B con intervalos al 95% de nivel de confianza se puede observar como el diámetro máximo de apertura para el Tiempo de Exposición de 24 hora es de 50.70 mm, sin embargo para el Tiempo de Exposición de 48

horas el diámetro se incrementa a 59.18mm y baja a 50.22 mm cuando las flores se sometieron por 72 horas al etileno.

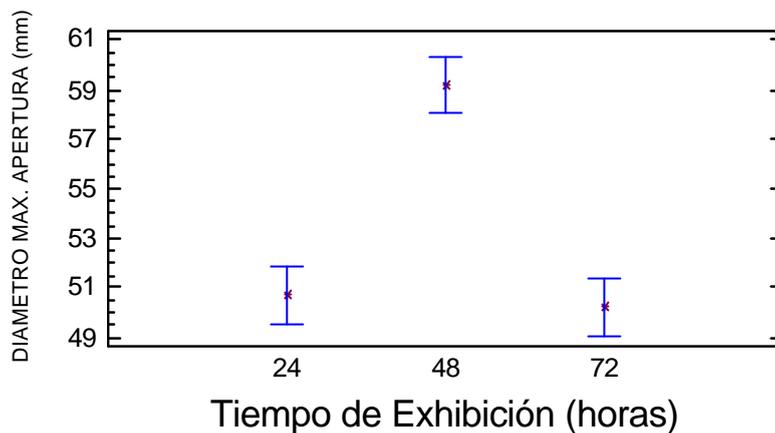


Figura 11-B. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición sobre el diámetro máximo de apertura en clavel cv. Delphi.

### Interpretación para el efecto principal B (Concentración de Etileno)

En el análisis de varianza realizado para el efecto principal Concentración de Etileno, se encontró que sí existe diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ; cuadro A4, apéndice) para las medias de respuesta de los niveles del factor B (0, 0.1, 1.0 y 10 ppm) que son: 62.8, 50.64, 49.39 y 50.65mm, respectivamente.

En la Figura 12-B con intervalos de confianza al 95% se puede observar que para la Concentración de Etileno a 0 ppm se tuvo el valor mas alto para la

variable diámetro máximo de apertura el cual fué de 62.80 mm; observándose una reducción en el diámetro máximo de apertura con respecto a la concentración de 0 ppm para las Concentraciones de Etileno a 0.1, 1 y 10 ppm, cuyos valores son 50.64, 49.39 y 50.65 mm, respectivamente.

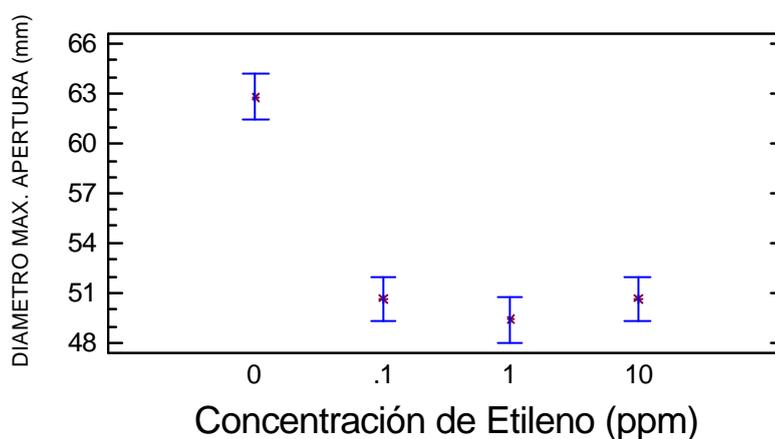


Figura 12-B. Efecto de las diferentes Concentraciones de Etileno sobre el diámetro máximo de apertura en clavel cv. Delphi.

### Interpretación para el efecto principal AVG o factor C

Para el efecto principal AVG o factor C, el análisis de varianza realizado para la variable diámetro máximo de apertura, no muestra diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ; Cuadro A4, apéndice) para las medias de respuesta de los niveles del factor C (0 y 50 ppm) que son: 54.23 y 52.51 mm, respectivamente.

En la Figura 13-B con intervalos al 95% de nivel de confianza se puede observar como las flores que recibieron el tratamiento a 0 ppm de AVG tuvieron un diámetro máximo de apertura de 54.23 mm, resultando ligeramente superior al diámetro máximo de apertura observado en las flores que fueron tratadas a 50 ppm de AVG y cuyo valor fue de 52.51 mm.

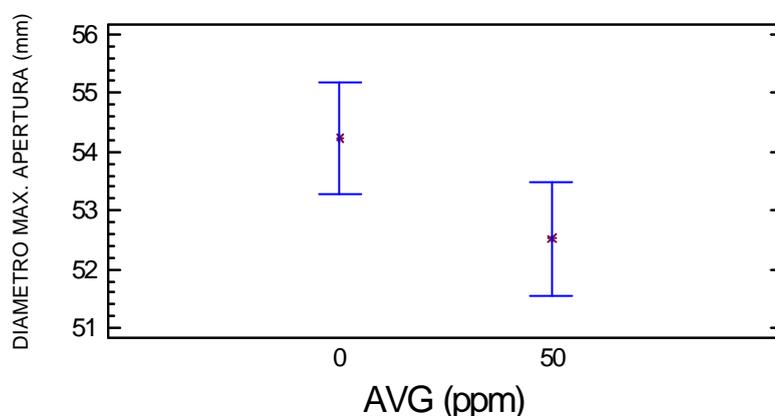


Figura 13-B. Efecto de los tratamientos de AVG sobre el diámetro máximo de apertura en clavel cv. Delphi.

### Interpretación para el efecto principal MCP o factor D

Para el efecto principal MCP o factor D, el análisis de varianza realizado para la variable diámetro máximo de apertura, muestra diferencias estadísticas altamente significativas ( $P < 0.01$ ; Cuadro A4, apéndice) para las medias de respuesta de los niveles del factor D (0 y 800 ppb) que son: 38.88 y 67.85 mm, respectivamente.

En la Figura 14-B con intervalos al 95% de nivel de confianza se puede observar como las flores que recibieron el tratamiento a 0 ppm de MCP mostraron un diámetro máximo de apertura de 38.88 mm, valor muy inferior al observado en las flores que recibieron el tratamiento de 800 ppb de MCP y cuyo valor fue de 67.85 mm.

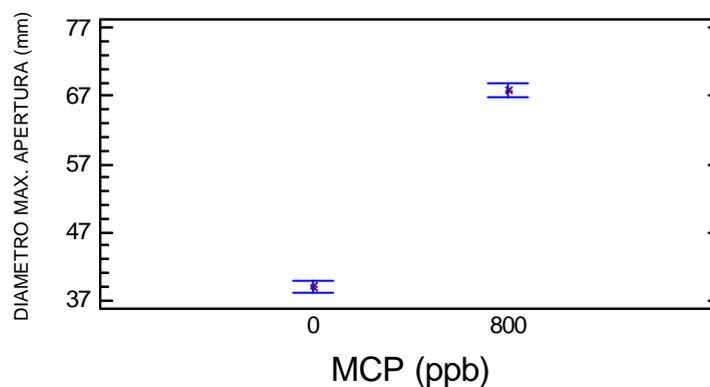


Figura 14-B. Efecto de los tratamientos de MCP sobre el diámetro máximo de apertura en clavel cv. Delphi.

## INTERPRETACION DE LAS INTERACCIONES

### Tiempo de Exposición vs Concentraciones de Etileno: AB

Al analizar estadísticamente la interacción AB: Tiempo de Exposición-Concentración de Etileno, el análisis de varianza muestra una diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ; Cuadro A4, apéndice).

En la figura 15-B podemos observar como el diámetro máximo de apertura para cada una de las cuatro concentraciones de etileno a las cuales se sometieron las flores (0, 0.1, 1 y 10 ppm de etileno) varía conforme aumentan los tiempos de exposición al etileno (24, 48 y 72 horas).

Cuando las flores se sometieron por 24 horas a 0 ppm de etileno, tuvieron en promedio un diámetro máximo de apertura de 57.69 mm, de 69.41mm cuando fueron expuestas por 48 horas y de 61.30 mm cuando fueron expuestas por 72 horas al etileno.

Las flores sometidas por 24, 48 y 72 horas a concentraciones a 0.1 ppm de etileno mostraron en promedio un diámetro máximo de apertura de 51.79, 57.31 y 42.81mm, respectivamente.

Las flores sometidas a la concentración de 1.0 ppm de etileno por 24, 48 y 72 horas mostraron un diámetro máximo de apertura de 45.02, 54.15 y 49 mm, respectivamente.

Cuando se utilizó la concentración de etileno más alta para este experimento que fue de 10 ppm se observó un diámetro máximo de apertura de 48.32, 55.84 y 47.78 mm para 24, 48 y 72 horas de exposición al etileno, respectivamente.

En general podemos observar una tendencia muy marcada para las cuatro concentraciones de etileno a las cuales fueron sometidas las flores: cuando las flores fueron sometidas al etileno por 48 horas todas las concentraciones utilizadas (0, 0.1, 1.0 y 10 ppm) muestran un incremento en el diámetro con respecto al diámetro máximo de apertura observado a las 24 horas de exposición al etileno, y cuando fueron sometidas al etileno por 72 horas todas muestran un decremento en el diámetro máximo de apertura con respecto a los valores observados a las 48 horas de haber sido sometidas al etileno.

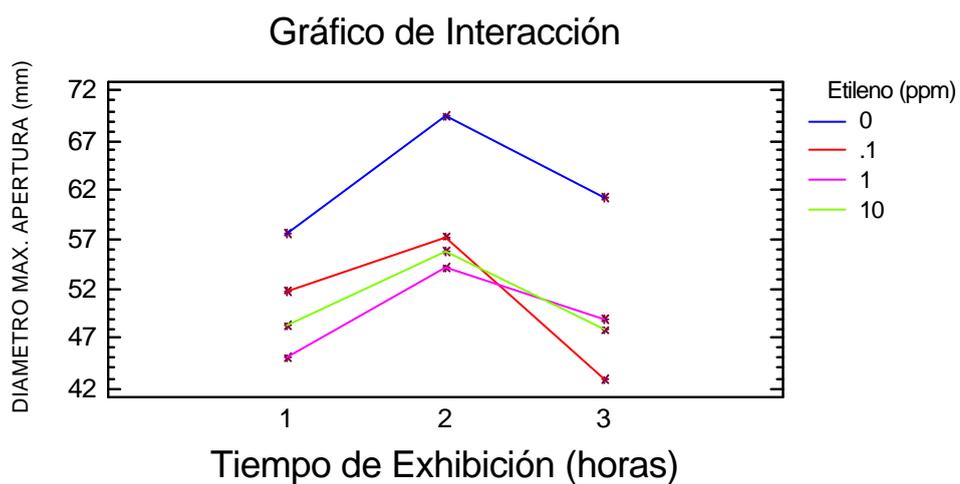


Figura 15-B. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición sobre las diferentes Concentraciones de Etileno en clavel cv. Delphi.

### Tiempos de Exposición vs AVG: AC

Al realizar el análisis de varianza para la interacción AC: Tiempos de Exposición - AVG, no se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ , Cuadro A4, apéndice).

En la figura 16-B podemos observar como tanto a las flores que se les aplicó el tratamiento a 0 ppm de AVG como a las que se les aplicó el tratamiento a 50 ppm de AVG muestran una misma tendencia con respecto a los tiempos de exposición; cuando las flores a las cuales se les aplicó el tratamiento a 0 ppm fueron expuestas al etileno por 24, 48 y 72 horas tuvieron diámetros máximos de apertura de 50.22, 60.04 y 52.42 mm, respectivamente. Misma tendencia para las flores que recibieron el tratamiento a 50 ppm de AVG que cuando se expusieron por 24, 48 y 72 horas el etileno tuvieron diámetros máximos de apertura de 51.19, 58.31 y 48.02 mm, respectivamente.

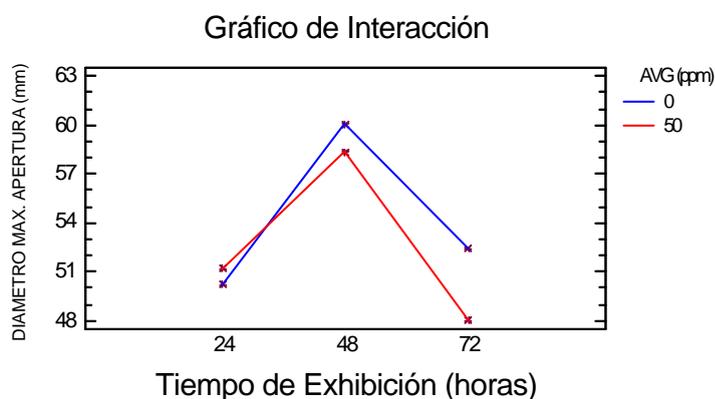


Figura 16-B. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición sobre los tratamientos con AVG aplicados en clavel cv. Delphi.

### **Tiempos de Exposición vs MCP: AD**

Se puede observar en el Cuadro A4, del apéndice que no existió diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) para la interacción AD: Tiempos de Exposición-MCP.

En la figura 17-B se puede observar claramente que tanto las flores que recibieron el tratamiento a 0 ppb con MCP como las que lo recibieron a 800 ppb de MCP muestran diámetros máximos de apertura muy similares para cada uno de los tres tiempos que fueron sometidas las flores al etileno (24, 48 y 72 horas).

Cuando las flores que recibieron el tratamiento a 0 ppb de MCP fueron sometidas a 24, 48 y 72 horas al etileno, mostraron diámetros máximos de apertura de 35.36, 45.34 y 35.94 mm, respectivamente.

Mientras que las flores que recibieron el tratamiento a 800 ppb de MCP mostraron diámetros máximos de apertura de 66.04, 73.01 y 64.51 mm cuando fueron expuestas al etileno por 24, 48 y 72 horas, respectivamente.

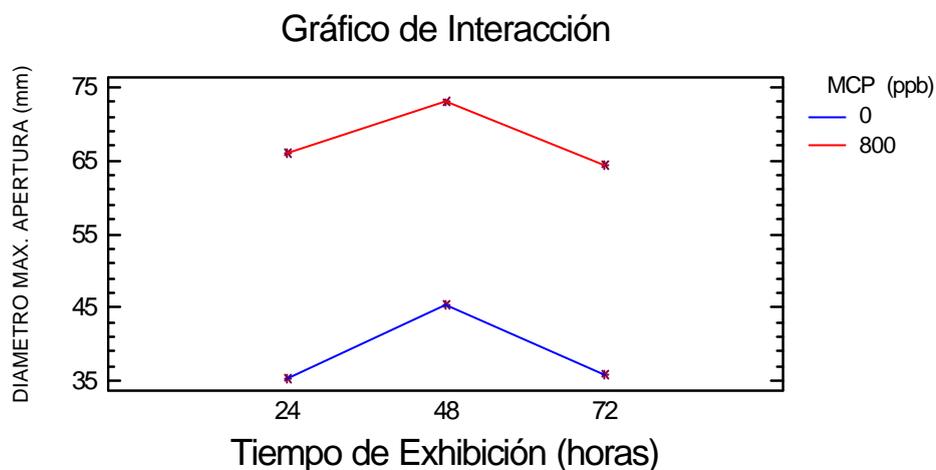


Figura 17-B. Efecto de los diferentes Tiempos de Exposición sobre los tratamientos de MCP aplicados en clavel cv. Delphi.

### Concentración de etileno vs AVG: BC

En la evaluación para diámetro máximo de apertura no se manifestó una diferencia significativa para la interacción BC: Concentración de Etileno - AVG bajo el análisis de varianza ( $P < 0.05$ ); (Cuadro A4, del apéndice).

En la figura 18-B se puede apreciar que tanto las flores con tratamiento a 0 ppm de AVG como con tratamiento a 50 ppm de AVG mantienen la misma tendencia a medida que se incrementan las concentraciones de etileno a las cuales fueron expuestas.

Cuando las flores con tratamiento a 0 ppm de AVG fueron expuestas a concentraciones de etileno de 0, 0.1, 1.0 y 10 ppm, muestran una tendencia a disminuir el diámetro conforme se incrementa la concentración de etileno, sin embargo para la dosis mas alta (10 ppm) de etileno, se observa que el diámetro máximo de apertura manifiesta un pequeño incremento con respecto a la concentración de 1.0 ppm de etileno, quedando de la siguiente manera: para la concentración a 0 ppm de etileno, se observa un diámetro máximo de apertura de 62.86 mm, para la concentración a 0.1 ppm de etileno, se observa un diámetro máximo de apertura de 51.63 mm, para la concentración a 1 ppm de etileno, se observa un diámetro máximo de apertura de 49.63 mm y para la concentración a 10 ppm de etileno, se observa un diámetro máximo de apertura de 52.79 mm.

En tanto las flores que recibieron el tratamiento a 50 ppm de AVG mostraron una tendencia a disminuir el diámetro de sus flores conforme se incrementan las concentraciones de etileno a las cuales fueron sometidas las flores, esto es, para las concentraciones a 0, 0.1, 1.0 y 10 ppm de etileno, se observaron diámetros máximos de apertura de 62.74 mm, 49.64, 49.14 y 48.51 mm, respectivamente.

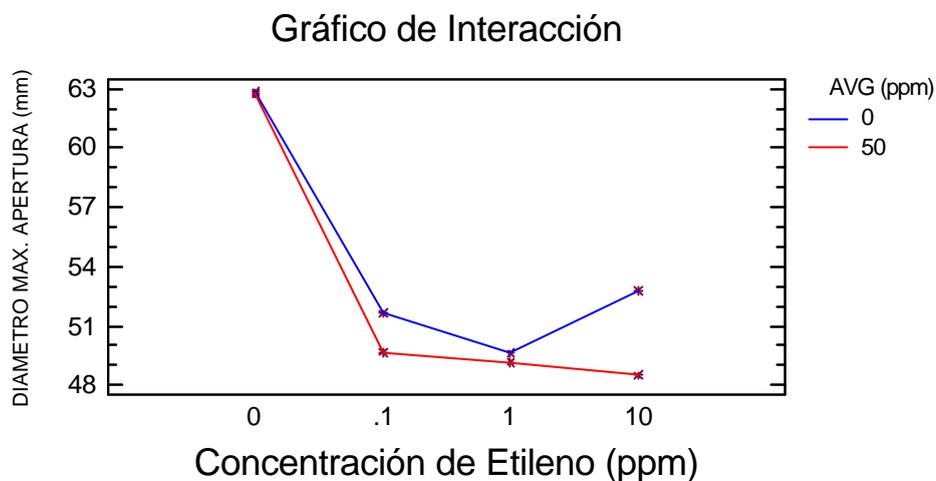


Figura 18-B. Efecto de las diferentes Concentraciones de Etileno sobre los tratamientos de AVG aplicados en clavel cv. Delphi.

### **Concentración de etileno vs MCP: BD**

En el análisis de varianza realizado para diámetro máximo de apertura, se encontró que existe diferencia altamente significativa para la interacción BD: Concentración de Etileno vs MCP ( $P < 0.01$ ); Cuadro A4, apéndice.

En la figura 19-B, podemos observar como las flores que recibieron el tratamiento a 0 ppb de MCP muestran una tendencia muy marcada a disminuir los diámetros máximos de apertura conforme se incrementan las concentraciones de etileno a las cuales fueron expuestas las flores (0, 0.1, 1.0 y 10 ppm).

Para las flores que recibieron el tratamiento a 800 ppb de MCP la tendencia a disminuir el diámetro máximo de apertura conforme se incrementan las concentraciones de etileno es mucho menos marcada que con el tratamiento a 0 ppb de MCP, sin embargo la tendencia también es la de disminuir el diámetro máximo de apertura conforme se incrementan las concentraciones de etileno (0, 0.1, 1.0 y 10 ppm) solo que con la concentración a 10 ppm de etileno se observa un incremento en el diámetro máximo de apertura con respecto al diámetro observado con la concentración a 1 ppm de etileno.

Para las flores que recibieron el tratamiento a 0 ppb de MCP se observaron diámetros máximos de apertura de 54.09, 35.15, 33.23 y 33.04 mm para las concentraciones de etileno a 0, 0.1, 1.0 y 10 ppm, respectivamente.

Mientras que para las flores que recibieron el tratamiento a 800 ppb de MCP, se observaron diámetros máximos de apertura de 71.51, 66.12, 65.55 y 68.25 mm para las concentraciones de etileno a 0, 0.1, 1 y 10 ppm de etileno, respectivamente.

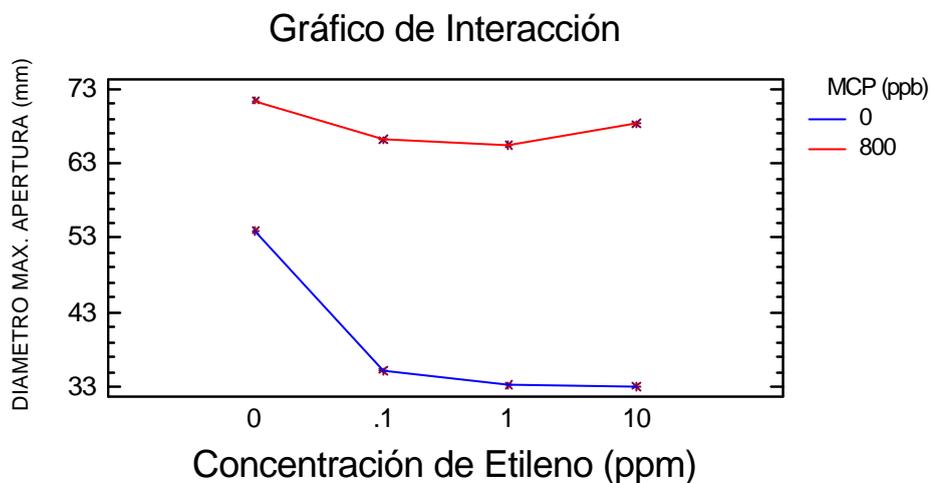


Figura 19-B. Efecto de las diferentes Concentraciones de Etileno sobre los tratamientos con MCP aplicados en clavel cv. Delphi.

#### **AVG vs MCP : CD**

Al realizar el análisis de varianza para la interacción CD: AVG-MCP, no se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ); Cuadro A4, apéndice.

En la figura 20-B se puede observar que las flores que recibieron el tratamiento con MCP aplicado solo, mostraron los valores más altos en cuanto al diámetro máximo de apertura se refiere, cuyo valor fue de 68.54 mm, seguido por el diámetro máximo de apertura de 67.17 mm mostrado cuando se aplicó el tratamiento de MCP más AVG. Cuando se aplicó solamente el tratamiento con AVG se observa un diámetro máximo de apertura de 37.84 mm y cuando no se

usó ningún tratamiento (testigo) se observa un diámetro máximo de apertura de 39.92 mm.

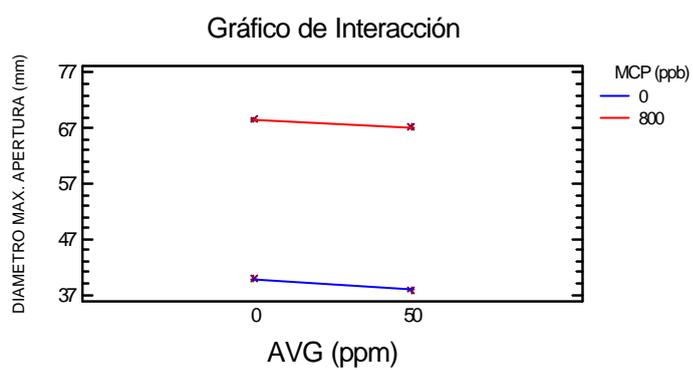


Figura 20-B. Efecto de los tratamientos de AVG y MCP aplicados en clavel cv. Delphi.

## DISCUSION

Los resultados de este estudio muestran que tanto la rosa cv. Royalty como el clavel cv. Delphi son dos variedades sensibles al etileno, y que si no se les protege con algun producto que inhiba o impida la acción de dicho gas muestran algunos de los siguientes síntomas: caída de pétalos, caída de hoja, doblado de botón, mala apertura, botrytis y marchitez prematura en las rosas, en tanto que el clavel muestra síntomas como poca apertura, cambio de color, caída de pétalos y botrytis tal como lo reportó Floralife en su boletín informativo (Vol. 3, Enero 2001).

Al observar los resultados para la variable vida de florero, se tuvo que tanto en rosa como en clavel el tratamiento de 1-MCP aplicado a 800 ppb fué el tratamiento que mostró los valores mas altos (Figura 4-A para rosa y Figura 4-B para clavel). Podemos pensar que el incremento observado con respecto al testigo se debe a la capacidad que tiene el MCP de ligarse en el sitio receptor del etileno tal como lo menciona Sisler *et al.*, 1996. y de esta manera evita el daño provocado por el etileno aplicado exógenamente.

Por otra parte, en la rosa, el tratamiento de AVG aplicado a 50 ppm no mostró ningun incremento en cuanto a los días de florero con respecto al tratamiento testigo (Figura 3-A), podemos observar que en la variedad Royalty

no se observó efecto del AVG ya que se sabe que este compuesto actúa inhibiendo la síntesis de etileno, es decir inhibe el etileno producido por las mismas flores tal como lo reporta Yang en 1980. Estos resultados se contraponen a los reportados por Fernandez (1998) en cuyo trabajo de investigación en rosas de corte concluye que el tratamiento de AVG a 50 ppm fue el que brindó la mayor vida de florero superando al testigo por 3 días. Y también a lo reportado por Aureoles (2000) quien en su trabajo de investigación en rosas de corte concluye que el tratamiento de AVG a 50ppm supera por 3 días al testigo.

Para el tratamiento MCP + AVG, en Rosa se tuvo un incremento de 1.5 días en relación al testigo (Fig. 10-A), muy similar a lo observado con el tratamiento de MCP aplicado a 800 ppb por lo que es posible que en esta interacción MCP-AVG el MCP es el compuesto que en realidad está protegiendo a las flores del etileno exógeno. Para el caso del clavel el tratamiento de MCP aplicado a 800 ppb junto con el tratamiento de AVG aplicado a 50 ppm, tuvo un incremento de 5.4 días con respecto al testigo (Fig 10-B) por lo que también podríamos pensar que este efecto se debió más por el MCP que por el AVG.

Se dice que el mecanismo de acción del 1-MCP es la habilidad que tiene este de unirse irreversiblemente o al menos permanece unido por varios días al sitio receptor del etileno (Sisler et al., 1996).

El proceso de senescencia en las flores climatericas está regulado por el etileno. El etileno es un regulador importante en el proceso de crecimiento y desarrollo de las plantas, incluyendo maduración de frutos, abscisión de hojas, germinación de semillas y senescencia (Van Altvorst and Bovy, 1995). La senescencia en las flores climatericas como el clavel, está relacionada con el incremento climaterico en la producción de etileno durante las ultimas etapas (Maxie et al., 1973). Esta producción de etileno es autocatalítica, lo que significa que al exponer las flores al etileno se estimula la biosíntesis del etileno (Woodson and Lawton, 1988). Además de incrementar la síntesis de etileno, la senescencia en las flores climatéricas también contribuye a incrementar la sensibilidad al etileno (Halevy and Mayak, 1981; Whitehead and Halevy, 1989; Whitehead and Vasiljevic, 1993).

Aunque la síntesis de etileno no está directamente relacionada con la sensibilidad al etileno (Halevy and Whitehead, 1989), la sensibilidad al etileno puede ser suprimida mediante tratamientos con compuestos como el STS, 2,5-Norbornadieno y 1-MCP los cuales impiden de manera eficiente que el etileno se una al sitio receptor en la membrana (Veen, 1979; Sisler et al., 1985; Whitehead and Vasiljevic, 1993). El impedir que el etileno se una a su sitio receptor en la planta dá como resultado un incremento en la longevidad de las flores climatéricas. Al exponer flores de clavel a etileno exogeno se reduce la vida de florero (Nichols, 1977; Thompson, et al., 1982). Las aplicaciones exogenas de etileno realizadas en este trabajo dieron como resultado una notable reducción en la vida de florero tanto para la rosa como para el clavel.

Sin embargo, el tratamiento con MCP a 800 ppb retardó notablemente la senescencia de las flores al impedir el daño por etileno. Aunque el tratamiento de AVG a 50 ppm realizado en forma de pulsado por 3 horas mejoró la longevidad en las flores de clavel, este no pudo prevenir completamente la acción del etileno.

Los tratamientos con compuestos como el ácido octanoico, el cual estimula la sensibilidad al etileno, también estimula la unión del etileno en las flores de clavel (Whitehead and Vasiljevic, 1993). Sin embargo, los tratamientos con compuestos tales como el STS, norbonadieno y el 1-MCP, reducen la sensibilidad al etileno compitiendo contra el etileno por el sitio receptor, por lo que impiden que el etileno se una a su sitio receptor y por ende previenen la respuesta fisiológica (Goren et al., 1984). Brown et al. (1986) and Whitehead and Vasiljevic (1993) demostraron que la unión del etileno en flores de clavel se incrementa en flores pre-senescentes acompañado con el incremento en la sensibilidad al etileno, y solamente empieza a declinar cuando ha alcanzado la máxima sensibilidad durante las últimas etapas de senescencia.

Los resultados de este trabajo confirman lo anterior. Además, estos resultados también muestran que el tratamiento de MCP a 800 ppb dió como resultado una supresión de la unión del etileno en los tejidos de las flores.

El tratamiento con MCP a 800 ppb fue muy efectivo en incrementar la longevidad de las flores. Sin embargo cuando las flores fueron tratadas tanto

con AVG como con MCP, no se observó algún efecto adicional en la longevidad de las flores. Por otra parte se observa que las flores tratadas con AVG a 50 ppm disminuyen su diámetro máximo de apertura en relación al testigo mientras que las flores tratadas con MCP a 800 ppb fueron las que presentaron los valores mas altos en cuanto al diámetro máximo de apertura tanto para la rosa como para el clavel.

Se sabe que el 1-MCP no tiene acción directa en la síntesis del etileno y por otra parte inhibe efectivamente que el etileno se una al sitio receptor.

Tanto las flores de rosa como los claveles presentan un patrón climatérico en su respiración durante la senescencia. En ambas flores, el tratamiento con MCP a 800 ppb incrementó la vida de florero. El retraso en cuanto al valor maximo de la respiración esta directamente relacionado con una mayor duración en florero (Mayak et al., 1978).

## **CONCLUSIONES**

- 1.- La aplicación de 1-MCP a 800 ppm fue el mejor tratamiento ya que incrementa la vida de florero de la rosa y del clavel con respecto al testigo y con respecto al tratamiento de AVG aplicado en forma de pulsado a 50 ppm.
- 2.- El MCP no alteró el proceso de apertura de las flores de rosa y de clavel durante la vida de florero.
- 3.- No se muestra ningún beneficio significativo al aplicar MCP y AVG en conjunto como un solo tratamiento.

## LITERATURA CITADA

Abeles, F.B. and Wydoski, S.G. 1987. Inhibitors of ethylene synthesis and action: A comparison of their activities in a lettuce growth model system. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:122-125.

Adams, D.O. and Yang, S.F. 1979. Ethylene biosynthesis: Identification of ACC as an intermediate in the conversion of methionine to ethylene. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 76: 170-174.

Adams, D.O. and Yang, S.F. 1981. Ethylene, the gaseous plant hormone: Mechanism and regulation of biosynthesis. *Trends Biochem. Sci.* 6: 161-164.

Asen, S., Stewart, R.N. and Norris, K.H. 1975. Anthocyanin flavanol co-pigments and pH responsible for larkspur flower color. *Phytochemistry (Oxf).* 14: 2677.

Babiano, M.J., Aldasoro, J.J., Hernandez-Nistal, J., Rodriguez, D., Matilla, A. and Nicholas, G. 1984. Effect of nonanoic acid and other short-chain fatty acids on exchange properties in embryonic axes of *Cicer arietinum* during germination. *Physiologia plantarum.* 61: 391-395.

Baker, J.E., Liebermann, M and Anderson, J.D. 1978. Inhibition of ethylene production in fruit slices by a rhizobitoxine analog and sodium benzoate. *HortScience* 12: 38-39.

Baker, J.E., Anderson, J.D. and Hruschka, W.R. 1985. Protein synthesis in tomato fruit pericarp tissue during ripening. Characteristics of amino acid incorporation. *J. Plant Physiol.* 120: 167-179.

Berrie, A.M.M., Don, R., Buller, D., Alam, M. and Parker, W. 1975. The occurrence and function of short-chain length fatty acids in plants. *Plant Sci. Letters* 6: 163-173.

Berrie, A.M.M., Buller, D. and Parker, W. 1979. Possible role of volatile fatty acids and abscisic acid in dormancy of oats. *Plant Physiol.* 63: 758-764.

Beyer, E.M. 1976. A potent inhibitor of ethylene action in plants. *Plant Physiol.* 58: 268-271.

Beyer, E.M. 1976. Silver ion: A potent anti-ethylene agent in cucumber and tomato. *HortScience* 30: 195-196.

Beutelmann, P and Kende, H. 1977. Membrane lipids in senescing flower tissue of *Ipomoea tricolor*. *Plant Physiol.* 59: 888-893.

- Biale, J.B. 1950. Postharvest physiology and biochemistry of fruits. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 1: 183-206.
- Biale, J.B. and Young, R.E. 1981. Respiration and ripening in fruits-Retrospects and prospects. In "Recent advances in the Biochemistry of Fruit and Vegetables" (J. Friend and M.J.C. Rhodes, eds.), pp. 1-39. Academic press, New York.
- Blackman, F.F. and Parija, P. 1928. Analytical studies in plant respiration. The respiration of a population of senescent ripening apples. *Proc. R. Soc. London, Ser. B.* 103: 412-445.
- Borochoy, A., Halevy, A.H. and Shinitzky, M. 1976. Increase in microviscosity, with ageing in protoplast plasmalemma of rose petals. *Nature* 263: 158-159.
- Borochoy, A., Tirosh, T. and Halevy, A.H. 1976. Abscisic acid content of senescing petals on cut rose flowers as effected by sucrose and water stress. *Plant Physiol.* 58: 175-178.
- Brandt, A.S. and Woodson, W.R. 1992. Variation in flower senescence and ethylene biosynthesis among carnations. *HortScience* 27: 1100-1102.
- Brennan, T. and Frenkel, C. 1977. Involvement of hydrogen peroxide in the regulation of senescence in pear. *Plant Physiol.* 59: 411-416.
- Brown, J.H., Legge, R.L., Sisler, E.C., Baker, J.E. and Thompson, J.E. 1986. Ethylene binding to senescing carnation petals. *J. Exp. Bot.* 33: 526-534.
- Buffler, G., Mor, Y., Reid, M.S. and Yang, S.F. 1980. Changes in 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid content of cut carnation flowers in relation to their senescence. *Planta* 150: 439-442.
- Buffler G, 1984. Ethylene enhanced 1-aminocyclopropane-1-carboxylic synthase activity in ripening apples. *Plant Physiol.* 75: 192-195.
- Burdette, A.N. 1970. The cause of bent neck in cut roses. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95: 427- 431.
- Burg, S.P. 1962. Physiology of ethylene formation. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 13: 265-302.
- Burg, S.P. and Burg, E.A. 1967. Molecular requirements for the biological activity of ethylene. *Plant Physiol.* 42: 144.
- Cameron AC, Fenton CAL, Yu YB, Adams DO, Yang SF, 1979. Increased production of ethylene by plants tissues treated with 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid. *Hortscience*, 14: 178-180.
- Coorts, G.D. 1973. Internal metabolic changes in cut flowers. *HortScience* 8: 195.
- Dilley, D.R. and Carpenter, W.J. 1975. The role of chemical adjuvants and ethylene synthesis on cut flower longevity. *Acta. Hort.* 41: 117-132.

- Dominguez M, Vendrell M. 1993. Ethylene biosynthesis in banana fruit: Evolution of EFE activity and ACC levels in peel and pulp during ripening. *Hortic. Sci.*, 68: 63-70.
- Eliam, Y. 1965. Permeability changes in senescing tissue. *J. Exp. Botany*. 16 : 614-627.
- Eze, J.M., Mayak, S., Thompson, J.E. and Dumbroff, E.B. 1986. Senescence in cut carnation flowers: temporal and physiological relationships among water status, ethylene, abscisic acid and membrane permeability. *Physiol. Plant*. 68: 323-328.
- Farhoomand, M.B., Kofranek, A.M., Mor, Y., Reid, M.S. and Awad, A.R.E. 1980. Pulsing *Gladiolus hybrida* "Captain busch" with silver or quaternary ammonium compounds before low temperature storage. *Acta. Hort.* 109: 253-258.
- Feng, X., Apelbaum., Sisler, E.C. and Goren, R. 2000. Control of ethylene responses in avocado fruit with 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biol. Technol.* 20: 143-150.
- Fernandez-Mawlet JC, Dong JG, Yang SF 1993. Activation of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate oxidase by carbon dioxide. *Bioch. Biophys. Res. Commun.*, 93: 1168-1173.
- Fridovich, I. 1975. Superoxide dismutase. *Annu. Rev. Biochem.* 44: 147.
- Fujino, D.W., Reid, M.S. and Yang, S.F. 1980. Effects of aminooxyacetic acid on postharvest characteristics of carnation. *Acta. Hort.* 113: 59-63.
- Gepstein S, Thimann KV. 1980. The effect of light on the production of ethylene from 1 aminocyclopropane-1-carboxylic acid by leaves. *Planta*, 149: 166-199.
- Goren, R., Mattoo, A.K. and Anderson, J.D. 1984. Ethylene binding during leaf development and senescence and its inhibition by silver nitrate. *J. Plant Physiol.* 117: 243-248.
- Halevy, A.H. 1981. Petal senescence at the cellular level. In: Second Int. Symp. On Postharvest Physiology of Cut Flowers. *Acta. Hort.* 113: 151.
- Halevy, A.H. and Mayak, S. 1974. Improvement of cut flower quality opening and longevity by pre-shipment treatments. *Acta. Hort.* 43: 335-347.
- Halevy, A.H. and Mayak, S. 1979. Senescence and postharvest physiology of cut flowers. *Hort. Rev.* 1: 204-236.
- Halevy, A.H., Mayak, S., Tirosh, T., Spiegelstein, H. and Kofranek, A.M. 1974. Opposing effects of abscisic acid on senescence of rose flowers. *Plant Cell Physiol.* 15: 813-821.
- Halevy, A.H., Porat, R., Spiegelstein, H., Borochoy, A., Botha, L. and Whitehead, C.S. 1996. Short-chain saturated fatty acids in the regulation of pollination induced ethylene sensitivity of *Phalaenopsis* flowers. *Physiol. Plant.* 97: 469-474.

- Herner, R.C. and Sink, K.C., Jr. 1973. Ethylene production and respiratory behaviour. *Plant Physiol.* 52: 38-42.
- Hew, C.S., Thio, Y.C., Wong, S.Y. and Chin, T.Y. 1978. Rhythmic production of CO<sub>2</sub> by tropical orchid flowers. *Plant Physiol.* 42: 226.
- Ho, L.C. and Nichols, R. 1977. Translocation of <sup>14</sup>C-sucrose in relation to changes in carbohydrate content in rose corollas cut at different stages of development. *Ann. Bot.* 41:227-242.
- Hoekstra, F.A. and Weges, R. 1986. Lack of control by early pistillate ethylene of the accelerated wilting of *Petunia hybrida* flowers. *Plant Physiol.* 80: 403-408.
- Hoffman NE, Yang SF. 1980. Changes of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid content in ripening fruits in relation to their ethylene production rates. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 105: 491-495.
- Hulme, A.C. 1954. The climacteric rise in respiration in relation to changes in the equilibrium between protein synthesis and breakdown. *J. Exp. Bot.* 5: 159-172.
- Hyodo, H. and Tanaka, K. 1982. Inhibition of ethylene production by fatty acids in fruit and vegetable tissue. *Plant Cell Physiol.* 23: 1237-1243.
- Iwanami, Y. and Iwadare, T. 1979. Myrmic acids: A group of new inhibitors analogous to Myrmicacin ( $\beta$ -hydroxydecanoic acid). *Bot. Gaz.* 140: 1-4.
- Jankiewick LS. 1985. Mechanism of abscission of leaves and reproductive parts of plants, a model. *Acta Soc. Bot. Pol.* 54: 285-332.
- Jona, R., Accati, E. and Mayak, S. 1981. Senescence processes as reflected in change in polysaccharidic cell wall components. *Acta Hort.* 113: 153.
- Kaltaler, R.E.L. and Steponkus, P.L. 1976. Factors affecting respiration in cut roses. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101: 352-354.
- Kao Ch, Yang SF. 1982. Light inhibition of the conversion of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid to ethylene in leaves is mediated through carbon dioxide. *Planta* 155: 261-266.
- Kende, H. and Hanson, A.D. 1976. Relationship between ethylene evolution and senescence in morning glory flower tissue. *Plant Physiol.* 57: 523-527.
- Kieber, J., Rothenberg, M., Roman, G. Feldmann, K. and Ecker, J. 1993. CTR1, a negative regulator of the ethylene response pathway in *Arabidopsis*, encodes a member of the Raf family of protein kinase. *Cell* 72: 427-441.
- Kosiyachinda, S. and Young, R.E. 1975. Ethylene production in relation to the initiation of respiratory climacteric fruit. *Plant Cell Physiol.* 16: 595-602.

Krotkov G. 1941. *Plant Physiol.*, 16:799.

Leopold, A.C. 1980. Ageing and senescence in plant development. CRC. Boca Raton. pp.1-12.

Lieberman, M. and Kunishi, A.T. 1968. Origins of ethylene in plants. In " Biochemical Regulation in Diseased Plants or Injury." *Phytopathol. Soc. Tokyo, Japan.* pp. 165-179.

Lineberger, R.D. and Steponkus, P.L. 1976. Identification of vascular occlusions in cut roses. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101: 246.

Liu, Y., Hoffmann, N.E. and Yang, S.F. 1985. Promotion by ethylene of the capability to convert 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid to ethylene in preclimacteric tomato and cantaloupe fruits. *Plant Physiol.* 77: 407-411.

Lurssen K, Naumann K, Schroeder R. 1979. 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid-an intermediate of the ethylene biosynthesis in higher plants. *Z. Pflanzenphysiol.* 92: 547-549.

Lynch, D.V. and Thompson, J.E. 1984. Lipoxygenase-mediated production of superoxide anion in senescing plant tissue. *FEBS Lett.* 173: 251-254.

McMurchie, E.J., McGlasson, B.W. and Eaks, J.L. 1972. Treatment of fruit with propylene gives information about the biogenesis of ethylene. *Nature (London).* 237: 235-236.

Matile, P. and Winkenbach, F. 1971. Function of Lysosomes and lysosomal enzymes in the senescing corolla of the morning glory (*Ipomoea purpurea*). *J. Exp. Bot.* 22: 759-771.

Mayak, S., Borochoy, A. and Tirosh, T. 1985. Transient water stress in carnation flowers: Effect of amino-oxyacetic acid. *J. Exp. Bot.* 136: 800-806.

Mayak S, Borochoy A. 1984. Nonosmotic inhibition by sugars of the ethylene-forming activity associated with microsomal membranes from carnation petals. *Plant Physiol.*, 76: 76-95.

Mayak, S. and Halevy, A.H. 1980. Flower senescence. In: Thimann, K.V. (ed). *Senescence in Plants*. CRC. Boca Raton. pp. 132.

Mayak, S. and Halevy, A.H. 1994. The mechanisms involved in ethylene-enhanced ethylene synthesis in carnations. *Plant Growth Regul.* 14: 133-138.

Mayak, S. and Kofranek, A.M. 1976. Altering the sensitivity of carnation flowers (*Dianthus caryophyllus*) to ethylene. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101: 503-506.

Mayak, S., Kofranek, A.M. and Tirosh, T. 1978. The effect of inorganic salts on the senescence of *Dianthus caryophyllus* flowers. *Physiol. Plant.* 43: 282-286.

Mayak, S., Legge, R.L. and Thompson, J.E. 1983. Superoxide radical production by microsomal membranes from senescing carnation flowers: an effect of membrane fluidity. *Phytochemistry* 22: 1375-1380.

- Mayak, S., Vaadia, Y. and Dilley, D.R. 1977. Altering the sensitivity of carnation flowers (*Dianthus caryophyllus*) by ethylene. *Plant Physiol.* 59: 591-593.
- Metzger, J.D. and Sebesta, D.K. 1982. Role of endogenous growth regulators in seed dormancy of *Avena fatua*. I. Short chain fatty acids. *Plant Physiol.* 70: 1480-1485.
- Millerd, A., Bonner, J. and Biale, J.B. 1953. The climacteric rise in fruit respiration as controlled by phosphorylative coupling. *Plant Physiol.* 28: 521-531. Mishra, S.D., Gaur, B.K., Bedekar, V.M. and Singh, B.B. 1976. Isolation, identification and significance of free radicals in senescing leaves. *Acta. Bot. Indica.* 4: 131.
- Monsour R. Latche A, Vaillant V, Pech C, Reid MS. 1985. Metabolism of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid in ripening apple fruits. *Physiol. Plant*, 66: 495-502.
- Nichols, R. 1968. The response of carnations (*Dianthus caryophyllus*) to ethylene. *J. Hort. Sci.* 43: 335-349.
- Nichols, R. 1975. Senescence and sugar status of the cut flower. *Acta. Hort.* 41: 21-29.
- Nichols, R. 1977. Sites of ethylene production in the pollinated and unpollinated senescing carnation (*Dianthus caryophyllus*, L.). *Planta* 135: 155-159.
- Nichols, R. 1979. Ethylene, pollination and senescence. *Acta. Hort.* 91: 93-96.
- Niehaus, W.G. 1978. A proposed role for superoxide anion as a biological nucleophile in the deesterification of phospholipids. *Bioorg. Chem.* 7: 77-84.
- Noodén, L.D. and Leopold, A.C. 1978. Phytohormones and the endogenous regulation of senescence and abscission. In: Letham, D.S., Goodwin, P.B. and Higgins, T.J.V. (eds). *Phytohormones and Related Compounds: A Comprehensive Treatise*. Elsevier/North Holland, Amsterdam. 2: 329-369.
- Noodén, L.D. and Leopold, A.C. 1988. *Senescence and Ageing in Plants*. Academic Press, London.
- Nowacki J, Plich H 1984. Changes of free methionine and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid content in ripening apple fruit in relation to the rate of ethylene production. *Scientia Hort.*, 22: 75-80.
- Packet, R.C. 1966. Colour changes in flowers of *Lathyrus hirsutus* during senescence. *Nature* 211: 12-15.
- Peiser, G. 1989. Effect of 2,5-norbornadiene upon ethylene biosynthesis in midclimacteric carnation flowers. *Plant Physiol.* 90: 21-24.

- Philosoph-Hadas, S., Meir, S. and Aharoni, N. 1985. Autoinhibition of ethylene production in tobacco leaf discs: Enhancement of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid conjugation. *Plant Physiol.* 63: 431-437.
- Plich H, 1989. The rate of ethylene production as related to 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) formation and ethylene forming enzyme (EFE) activity in ripening apples. *Fruit Sci. Rep.*, 16: 141-154.
- Porat, R., Weiss, B., Cohen, L., *et al.* 1999. Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene on the postharvest quality of 'Shamouti' oranges. *Postharvest Biol. Technol.* 15: 155-163.
- Reid, M.S., Paul, J.L., Farhoomand, M.B., Kofranek, A.M. and Staby, G.L. 1980. Pulse treatments with the silver thiosulphate complex extend the vase life of cut carnations. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105: 25-27.
- Rhodes, M.J.C. 1980. The maturation and ripening of fruits. In: Thimann, K.V. (ed.). *Senescence in Plants*. CRC Press, Boca Raton, Florida. pp. 157-205.
- Rhodes, M.J.C. 1980. Respiration and senescence of plant organs. In: Davies, D.D. (ed.). *The Biochemistry of Plants, Vol. 2*. Academic Press, New York. pp. 419-462.
- Richmond, A. and Biale, J.B. 1966. Protein and nucleic acid metabolism in fruits. I. Studies of amino acid incorporation during the climacteric rise in respiration of avocado. *Plant Physiol.* 41: 1247-1253.
- Riov, J. and Yang, S.F. 1982. Effects of exogenous ethylene on ethylene production in citrus leaf tissue. *Plant Physiol.* 70: 136-141.
- Roberts, J.A. and Hooley, R. 1988. *Plant Growth Regulators*. Blackie and Son, London.
- Romani, R. 1984. Respiration, ethylene, senescence and homeostasis in an integrated view of postharvest life. *Can. J. Bot.* 62: 2950-2955.
- Sacher, J.A. 1973. Senescence and postharvest physiology. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 24: 197-224.
- Santarius, K.A. 1973. The protective effect of sugars on chloroplast membranes during temperature and water stress and its relationship to frost, desiccation and heat resistance. *Planta* 113: 105-114.
- Sawamura, M.E. and Miyazaki, T. 1989. Effects of exogenous ethylene production of discs of mume fruit. *J. Hort. Sci.* 64: 633-638.
- Serek, M., Tamari, G., Sisler, E.C. and Borochoy, A. 1995. Inhibition of ethylene-induced senescence symptoms by 1-methylcyclopropene, a new inhibitor of ethylene action. *Physiologia Plantarum* 94: 229-232.

- Sfakiotakis, E.M. and Dilley, D.R. 1973. Induction of autocatalytic ethylene production in apple fruits by propylene in relation to maturity and oxygen. *J. Amer. Hort. Sci.* 98: 504-508.
- Simons, R.K. 1973. Anatomical changes in abscission of reproductive structures. In: Kozlowsky, T.T. (ed.). *Shedding of Plant Parts*. Academic Press. pp. 383.
- Simpson, D.J., Baqar, M.R. and Lee, T.H. 1975. Ultrastructure and carotenoid composition of chromoplasts of the sepals of *Strelitzia reginae* Aiton during floral development. *Ann. Bot.* 39: 175-183.
- Sisler, E.C. 1980. Partial purification of an ethylene-binding component from plant tissue. *Plant Physiol.* 66: 404-406.
- Sisler, E.C., Dupille, E. and Serek, M. 1996. Effect of 1-methylcyclopropene and methylenecyclopropane on ethylene binding and ethylene action on cut carnations. *Plant Growth Reg.* 18: 79-86.
- Sisler, E.C., Goren, R. and Huber, M. 1985. Effect of 2,5-norbornadiene on abscission and ethylene production in citrus leaf explants. *Physiol. Plant.* 63: 114-120. Sisler, E.C. and Yang, S.F. 1984. Ethylene, the gaseous plant hormone. *BioScience* 34 (4): 234-238.
- Sitrit Y, Riow J, Blumenfeld A. 1986. Regulation of ethylene biosynthesis in avocado fruit during ripening. *Plant Physiol.*, 81: 130-135.
- Smith, M.T., Saks, Y. and Van Staden, J. 1992. Ultrastructural changes in the petals of senescing flowers of *Dianthus caryophyllus* L. *Annals of Botany.* 69: 277-285.
- Solomos, T. 1987. Nature of the terminal oxidases in sweet potato slices. In: Moore, A. and Beechey, A.B. (eds.). *Plant Mitochondria: Structural, Functional and Physiological Aspects*. pp. 361-364.
- Stewart, R.N., Norris, K.H. and Asen, S. 1975. Microspectrophotometric measurement of pH and Ph effect on colour of petal epidermal cells. *Phytochemistry* 14: 937-942.
- Stickland, R.G. 1972. Changes in anthocyanin, carotenoid, chlorophyll and protein in developing florets of the chrysanthemum. *Ann. Bot.* 36: 459-469.
- Theologis, A. and Laties, G.G. 1978. Relative contribution of cytochrome-mediated and cyanide-resistant electron transport in fresh and aged potato slices. *Plant Physiol.* 62: 232-237.
- Theologis, A. and Laties, G.G. 1978. Respiratory contribution of the alternate path during various stages of ripening in avocado and banana fruits. *Plant Physiol.* 62: 890-896.
- Thompson, J.E., Mayak, S., Shinitzky, M. and Halevy, A.H. 1982. Acceleration of membrane senescence in cut carnation flowers by treatment with ethylene. *Plant Physiol.* 31: 83-111.

- Trewavas, A.J. 1982. The regulation of development and its relation to growth substances. *What's New Plant Physiol.* 13: 41-43.
- Tso, T.C. 1964. Plant-growth inhibition of some fatty acids and their analogues. *Nature* 202: 511-512.
- Veen, H. 1979. Effects of silver salts on ethylene production and respiration of carnations. *Acta Hort.* 91: 99-103.
- Veen, H. 1979. Effects of silver on ethylene synthesis and action in cut carnations. *Planta* 145: 467-470.
- Veen, H., Hemstra, S. and de Bruyn, W.C. 1980. Ultra-structural localization of silver deposits in receptacle cells of carnation flowers. *Planta* 148: 245-250.
- Veen, H. and van de Geijn, S.C. 1978. Mobility and ionic form of silver as related to longevity of cut carnations. *Planta* 140: 93-96.
- Vendrell, M. and McGlasson, W.B. 1971. Inhibition of ethylene production in banana fruit tissue by ethylene treatment. *Aust. J. Biol. Sci.* 24: 885-895.
- Wareing, P.F. 1977. Growth substances and interaction in the whole plant. *Symp. Soc. Exp. Biol.* 31: 337-365.
- Weinstein, L.H. 1951. Senescence of roses. I. Chemical changes associated with senescence of cut "Better Times" roses. *Contrib. Boyce Thompson Inst.* 19: 33.
- Weinstein, L.H. and Laurencot, H.J. 1958. Senescence of roses. II. Dark fixation of CO<sub>2</sub> by cut "Better Times" roses at different stages of senescence. *Contrib. Boyce Thompson Inst.* 19 : 327.
- Whitehead, C.S. 1994. Ethylene sensitivity and flower senescence. In: Scott, R.J. and Stead, A.D. (eds). *Molecular and cellular aspects of plant reproduction*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp. 269-285.
- Whitehead, C.S. and Bossé, C.A. 1991. The effect of ethylene and short-chain saturated fatty acids on ethylene sensitivity and binding in ripening banana fruit. *J. Plant Physiol.* 137: 358 - 362.
- Whitehead, C.S. and De Swardt, G.H. 1980. The inhibitory effect of silver ions on certain metabolic processes after uptake and distribution in different floral parts of carnations. *Agroplanta* 2: 61-64.
- Whitehead, C.S., Halevy, A.H. and Reid, M.S. 1984. Roles of ethylene and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid in pollination and wound-induced senescence of *Petunia hybrida* flowers. *Physiol. Plant.* 61: 643-648.
- Whitehead, C.S., Halevy, A.H. and Reid, M.S. 1984. Control of ethylene synthesis during development and senescence of carnation petals. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109 (4): 473-435.

- Whitehead, C.S. and Halevy, A.H. 1989. Ethylene sensitivity: The role of short-chain saturated fatty acids in pollination-induced senescence of *Petunia hybrida* flowers. *Plant Growth Regulation*. 8: 41-45.
- Whitehead, C.S. and Vasiljevic, D. 1993. Role of short-chain saturated fatty acids in the control of ethylene sensitivity in senescing carnation flowers. *Physiol. Plant*. 88: 243-250.
- Wiemken-Gehring, V., Wiemken, A. and Matile, F. 1974. Mobilization von Zellwandstoffen in den welkenden Blüten von *Ipomoea tricolor* (Cav.). *Planta* 115: 297-307.
- Wilkinson, J.Q., Lanahan, M.B., Hsiao-Ching Yen, Giovanni, J.J. and Klee, H.J. 1995. An ethylene-inducible component of signal transduction encoded by *Never-ripe*. *Science* 270: 1807-1809.
- Willmer, C.M., Don, R. and Parker, W. 1978. Levels of short-chain fatty acids and of abscisic acid in water-stressed and non-stressed leaves and their effects on stomata in epidermal strips and excised leaves. *Planta* 139: 281-287.
- Wu, M.J., Zacarias, L. and Reid, M.S. 1991. Variation in the senescence of carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) cultivars. II. Comparison of sensitivity to exogenous ethylene and of ethylene binding. *Scientia Hort.* 48: 109-116.
- Yang, S.F. 1980. Regulation of ethylene biosynthesis. *Hortscience* 15: 238-243.
- Yang, S.F. 1985. Biosynthesis and action ethylene. *Hortscience*, 20: 41-45.

# **APENDICE**

**Cuadro A1.- Análisis de varianza para el experimento factorial (3x4x2x2) en diseño completamente al azar para la variable vida de florero en Rosa cv. Royalty.**

Análisis de Varianza para Vida de Florero (días)						
P-Valor	Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>						
	A: Exposición al etileno	104.312	2	52.1562	30.05	0.0000 **
	B: Concentración de etileno	44.2882	3	14.7627	8.50	0.0000 **
	C: AVG	5.28125	1	5.28125	3.04	0.0824 ns
	D: MCP	232.92	1	232.92	134.19	0.0000 **
<b>INTERACCIONES</b>						
	AB	12.5764	6	2.09606	1.21	0.3029 ns
	AC	11.8125	2	5.90625	3.40	0.0349 *
	AD	38.5486	2	19.2743	11.10	0.0000 **
	BC	3.48264	3	1.16088	0.67	0.5719 ns
	BD	9.84375	3	3.28125	1.89	0.1317 ns
	CD	4.25347	1	4.25347	2.45	0.1188 ns
	ABC	12.2986	6	2.04977	1.18	0.3170 ns
	ABD	10.5625	6	1.76042	1.01	0.4165 ns
	ACD	1.71528	2	0.857639	0.49	0.6107 ns
	BCD	1.56597	3	0.521991	0.30	0.8249 ns
	<b>RESIDUOS</b>	427.007	246	1.7358		
	<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	920.469	287			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

\* Diferencia significativa al nivel del 5% ( $P < 0.05$ ) entre las medias de los tratamientos  
 \*\* Diferencia significativa al nivel del 1% ( $P < 0.01$ ) entre las medias de los tratamientos  
 ns: No significativa la diferencia de medias de tratamientos

**Cuadro A2.- Análisis de varianza para el experimento factorial (3x4x2x2) en diseño completamente al azar para la variable diámetro máximo de apertura floral en rosa cv. Royalty.**

Análisis de Varianza para DIAMETRO MAXIMO DE APERTURA (mm)					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:EXPOSICION AL ETILENO	58281.3	2	29140.7	131.95	0.0000 **
B:CONCENTRACION DE ETILENO	828.869	3	276.29	1.25	0.2919 ns
C:AVG	203.515	1	203.515	0.92	0.3380 ns
D:MCP	15363.6	1	15363.6	69.57	0.0000 **
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	4939.16	6	823.194	3.73	0.0014 **
AC	2892.86	2	1446.43	6.55	0.0017 **
AD	5661.41	2	2830.7	12.82	0.0000 **
BC	427.953	3	142.651	0.65	0.5862 ns
BD	1110.89	3	370.296	1.68	0.1726 ns
CD	1286.51	1	1286.51	5.83	0.0165 *
ABC	2247.67	6	374.611	1.70	0.1224 ns
ABD	2763.68	6	460.614	2.09	0.0555 ns
ACD	6413.44	2	3206.72	14.52	0.0000 **
BCD	1465.3	3	488.435	2.21	0.0873 ns
RESIDUOS	54329.3	246	220.851		
TOTAL (CORREGIDO)	158215.0	287			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

\* Diferencia significativa al nivel del 5% ( $P < 0.05$ ) entre las medias de los tratamientos

\*\* Diferencia significativa al nivel del 1% ( $P < 0.01$ ) entre las medias de los tratamientos

ns: No significativa la diferencia de medias de tratamientos

**Cuadro A3.- Análisis de varianza para el experimento factorial (3x4x2x2) en diseño completamente al azar para la variable vida de florero en Clavel cv. Delphi.**

Análisis de la Varianza para Vida de Florero (días)					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Exposición al Etileno	700.0	2	350.0	42.66	0.0000 **
B: Concentración de Etileno	510.292	3	170.097	20.73	0.0000 **
C: AVG	23.3472	1	23.3472	2.85	0.0929 ns
D: MCP	1682.0	1	1682.0	205.00	0.0000 **
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	48.3333	6	8.05556	0.98	0.4381 ns
AC	50.3611	2	25.1806	3.07	0.0483 *
AD	326.583	2	163.292	19.90	0.0000 **
BC	84.2917	3	28.0972	3.42	0.0179 *
BD	356.806	3	118.935	14.50	0.0000 **
CD	2.0	1	2.0	0.24	0.6219 ns
ABC	92.0833	6	15.3472	1.87	0.0864 ns
ABD	49.0278	6	8.1713	1.00	0.4286 ns
ACD	53.0833	2	26.5417	3.23	0.0410 *
BCD	33.25	3	11.0833	1.35	0.2585 ns
RESIDUOS	2018.42	246	8.20495		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>6029.88</b>	<b>287</b>			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

\* Diferencia significativa al nivel del 5% ( $P < 0.05$ ) entre las medias de los tratamientos

\*\* Diferencia significativa al nivel del 1% ( $P < 0.01$ ) entre las medias de los tratamientos

ns: No significativa la diferencia de medias de tratamientos

**Cuadro A4.- Análisis de varianza para el experimento factorial (3x4x2x2) en diseño completamente al azar para la variable diámetro máximo de apertura floral en Clavel cv. Delphi.**

Análisis de la Varianza para DIAMETRO MAXIMO DE APERTURA (mm)					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: EXPOSICION AL ETILENO	4872.06	2	2436.03	35.82	0.0000 **
B: CONCENTRACION DE ETILENO	8615.65	3	2871.88	42.23	0.0000 **
C: AVG	213.211	1	213.211	3.14	0.0779 ns
D: MCP	60447.6	1	60447.6	888.82	0.0000 **
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	1410.36	6	235.059	3.46	0.0027 **
AC	346.42	2	173.21	2.55	0.0804 ns
AD	114.481	2	57.2407	0.84	0.4322 ns
BC	192.242	3	64.0805	0.94	0.4208 ns
BD	3377.12	3	1125.71	16.55	0.0000 **
CD	9.31	1	9.31681	0.14	0.7116 ns
ABC	1951.52	6	325.254	4.78	0.0001 **
ABD	352.184	6	58.6973	0.86	0.5227 ns
ACD	39.8547	2	19.9273	0.29	0.7463 ns
BCD	480.605	3	160.202	2.36	0.0725 ns
RESIDUOS	16730.2	246	68.0091		
TOTAL (CORREGIDO)	99152.9	287			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

\* Diferencia significativa al nivel del 5% ( $P < 0.05$ ) entre las medias de los tratamientos

\*\* Diferencia significativa al nivel del 1% ( $P < 0.01$ ) entre las medias de los tratamientos

ns: No significativa la diferencia de medias de tratamientos

## ABREVIATURAS

ABA - ácido abscísico

ACC – ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico

Ag<sup>+</sup> - ion plata

AOA – ácido aminooxiacético

ATP - adenosin trifosfato

AVG - aminoetoxivinilglicina

EFE – enzima formadora de etileno

HCN - cianamida hidrogenada

AIA – ácido indol acético

DMS – diferencia mínima significativa

MACC – ácido N-malonil-1-aminociclopropano-1-carboxílico

MCP - 1-metilciclopropeno

MTA - 5-metiltoadenosina

MTR - 5-metiltioribosa

STS – Tiosulfato de Plata

SAM – S – adenosilmetionina

KMB – ácido 2-oxo-4-metiltiobutírico