



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN



50
2eje

"EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DE ALGUNAS HORMONAS E
INHIBIDORES DEL ETILENO DURANTE EL PERIODO
DE TRANSPORTE DE FLOR CORTADA
DE CLAVEL
(*Dianthus caryophyllus*, L.)".

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A :
ALBERTO RAMOS ALVAREZ

ASESOR DE TESIS: ING. HILDA CARINA GOMEZ VILLAR

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1994

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

"Evaluación del comportamiento de algunas hormonas e inhibidores del etileno durante el período de transporte de flor cortada de clavel (Dianthus caryophyllus, L.)"

que presenta el pasante: Alberto Ramos Alvarez
con número de cuenta: 7636611-8 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Agrícola


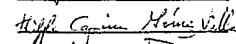
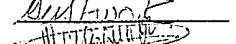

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 30 de Noviembre de 1993

PRESIDENTE Dr. Aquiles Carballo Carballo
VOCAL M.C. Ofelia Grajales Muñoz
SECRETARIO Ing. Hilda Carina Gómez Villar
PRIMER SUPLENTE Ing. Gustavo Ramírez Ballesteros
SEGUNDO SUPLENTE Ing. Consuelo Paniagua Cruz


Jaime Keller Torres

Hilda Carina Gómez Villar

Gustavo Ramírez Ballesteros

Consuelo Paniagua Cruz

AGRADECIMIENTOS

A Dios...

Por mantener vivos en mi corazón el amor y la fe.

A mis abuelos:

Macedonia Sánchez ♡

Paz Arroyo ♡

José Álvarez ♡

Por sus enseñanzas y su cariño.

A mi padre:

*Dejaste huella en mi sangre
a tu partida,
no nos despedimos porque,
nunca pensamos separarnos.*

*Y desde entonces has sido
mi luz,
mis logros han sido por tí
pues has guiado tú mi camino.*

*Siguiendo tu sendero estoy
y la lucha que era tuya
es ahora mi fuerza, mi fe
y mi esperanza.*

*Sólo deseo que en el lugar que estés
en donde quiera que te encuentres,
exhales con una sonrisa
al ver a tu hijo; que te ama
y contiene tu ser.*

A mi madre:

Ejemplo de cariño y dedicación con todo mi amor.

A mi pareja, compañera y amiga:

Rosa Ma. Medel Ortíz

Por todo el tiempo que permanecemos juntos.

A mis tíos:

Antonio Álvarez Arroyo ♀
Petrona Ramos Sánchez
Joaquín Ramos Sánchez ♀
Josefa Álvarez Arroyo
Bertha Álvarez Arroyo

Por su comprensión y cariño.

A mis hermanos:

| | |
|---------------|-----------------|
| Rosa María | Raúl |
| Nereida | Minerva |
| Hipólito | María Guadalupe |
| María Esthela | Bertha |

Por tanto de todo, de todo también es un estímulo.

A mis primos hermanos:

| | |
|----------------|---------|
| Chila | Daniel |
| Chebeni | Changel |
| Pedro | Paz |
| María de Jesús | Licha |
| Reyes | Olga |
| Leonarda | |

Por su comprensión y confianza.

A mis amigos:

Francisco Rivera Carvajal
Efren Ordoñez Barahona ✧
Jaime Murillo Boites ✧
Heriberto Ramos López
Josefina Guerrero Rubio
Miriam Navarro Hernández
José Alberto Maqueo Jimenez
Javier Medina Barrón
Leonardo García Díaz
José Ma. Héctor Loranca Vega
Victor Azuara López
Juana Sil Acosta
Walner Cadena Sánchez

Por creer en mí y compartir conmigo momentos bellos y momentos difíciles.

De manera muy especial a:

Sra. Ponciana Orozco Almaráz ✧
Sr. Marcos Madrazo Acuña
Sr. Humberto Castillo Notario
Sra. Alba Rueda de León de Castillo
Srita. Lucina Estrada Magaña
Sr. Cornelio Rueda Pineda
Sra. Martha Ramos de Rueda

Por permitirme entrar en sus corazones y compartir conmigo el pan y la sal de su mesa, gracias por su confianza. Los llevo en mi corazón y en mis pensamientos.

Gracias a todos por ayudarme a conservar la fe en DIOS, mis semejantes, en mis propósitos y aspiraciones.

RECONOCIMIENTOS

A la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, en particular a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán por mi formación profesional.

A los profesores integrantes del jurado:

| | |
|----------------|----------------------------------|
| PRESIDENTE: | Dr. Aquiles Carballo Carballo |
| VOCAL: | M.C. Ofelia Grajales Muñiz |
| SECRETARIO: | Ing. Hilda Carina Gómez Villar |
| 1er. SUPLENTE: | Ing. Gustavo Ramírez Ballesteros |
| 2do. SUPLENTE: | Ing. Consuelo Paniagua Cruz |

Por sus valiosas observaciones.

A la Lic. Teresa de Jesús Rangel Gómez y el P. Ing. Agr. Leonardo García Díaz, por su apoyo en la traducción de artículos, transcripción y estructuración de la información.

Al Dr. José Luis Arjona Román, encargado de los LEM (Laboratorio Experimental Multidisciplinario) de la carrera de Ingeniero en Alimentos. Por darme las facilidades para la utilización de las cámaras de enfriamiento.

Al Ing. Jorge V. Polo Celis, director general de Gapol de México, S.A. de C.V. por su participación en la realización del presente trabajo.

Al Ing. Agr. Adolfo José Manuel Ochoa Ibarra, por su acertada orientación para el análisis e interpretación de los resultados.

Al Ing. Gustavo Mercado Mancera, por proporcionarme la asesoría para el uso de los instrumentos de medición a su cargo.

Al Ing. Juan R. Garibay Bermudez y el Ing. Armando Aguilar Márquez del Departamento de Matemáticas de esta facultad, por su participación en el procesamiento estadístico de los datos.

A la Srita. Erika Rueda Ramos, estudiante de Comunicación y Periodismo, por su oportuna y valiosa ayuda en la culminación de este trabajo.

Al M.V.Z. Alejandro Valdez Santamaria, Coordinador del Centro de Cómputo de Ciencias Agropecuarias, por su apoyo en el manejo y utilización de las microcomputadoras.

DEDICATORIA

A un ser especial, con cariño:

KARINA ESTHER

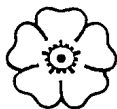
A mis sobrinos:

Inés Berenice
Rosa Esthela
Zoila Paz
Paulina
Cristina Silvana
Susana
José Guadalupe
José Francisco
Ariadna
Elío enai
Osvaldo
Alejandro
Itzi Arlene
Miriam Judith
Candy Guadalupe
Jorge Alberto
Eduardo Guadalupe
Blanca Esthela
María Teresa
Pedro Hípólito
Cristina del Carmen

*Que este esfuerzo que a ustedes dedico les ayude a mirar
muy alto, aspirando a ser cada día mejores.*

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO
DE
ALGUNAS HORMONAS E INHIBIDORES
DEL ETILENO DURANTE EL PERÍODO
DE TRANSPORTE DE FLOR CORTADA
DE CLAVEL**

(Dianthus caryophyllus, L.)



1994

Contenido

| | |
|---|------------|
| INDICE DE FIGURAS..... | <i>iv</i> |
| INDICE DE CUADROS..... | <i>vi</i> |
| RESUMEN..... | <i>vii</i> |
| | |
| I. INTRODUCCIÓN..... | <i>1</i> |
| 1.1. Objetivos..... | <i>4</i> |
| 1.2. Hipótesis..... | <i>5</i> |
| | |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA..... | <i>6</i> |
| 2.1. El Etileno en las plantas..... | <i>6</i> |
| 2.1.1. Importancia económica..... | <i>6</i> |
| 2.1.2. Etileno y longevidad floral..... | <i>7</i> |
| 2.1.3. Biosíntesis y mecanismos de acción..... | <i>12</i> |
| 2.1.4. Regulación e inhibidores del etileno..... | <i>15</i> |
| 2.1.4.1. Inhibidores de la biosíntesis del etileno..... | <i>15</i> |

| | |
|--|----|
| 2.2. Los reguladores del crecimiento en las plantas..... | 17 |
| 2.2.1. Importancia económica..... | 17 |
| 2.2.2. Reguladores del crecimiento y senescencia floral..... | 17 |
| 2.2.2.1. Giberelinas y Auxinas..... | 20 |
| 2.2.2.1.1. Giberelinas..... | 20 |
| 2.2.2.1.2. Auxinas..... | 22 |
| 2.2.3. Acción y efecto de permanganato de potasio en plantas..... | 24 |
| 2.3. El manejo postcosecha de flor cortada..... | 26 |
| 2.3.1. Causa y control del deterioro..... | 26 |
| 2.3.2. Principales factores que afectan el manejo postcosecha de flor cortada..... | 27 |
| 2.3.2.1. Periodo de corte..... | 27 |
| 2.3.2.2. Técnica de corte..... | 28 |
| 2.3.2.3. Temperatura..... | 28 |
| 2.3.2.4. Humedad..... | 30 |
| 2.3.2.5. Luminosidad..... | 32 |
| 2.3.2.6. Etileno..... | 33 |
| 2.4. El almacenamiento y transporte de flor cortada..... | 34 |
| 2.4.1. Calidad del material vegetativo..... | 35 |
| 2.4.2. Empaque y almacenamiento..... | 36 |
| 2.4.3. Transporte y distribución..... | 40 |
| 2.5. El cuidado postcosecha de flor cortada de clavel..... | 42 |

| | |
|--|-----------|
| III. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 43 |
| 3.1. Localización del experimento..... | 43 |
| 3.1.1. Cámara refrigerante..... | 43 |
| 3.1.2. Laboratorios..... | 43 |
| 3.2. Material vegetal..... | 44 |
| 3.2.1. Selección..... | 46 |
| 3.2.2. Tratamientos y/o productos utilizados..... | 46 |
| 3.3. Empaque..... | 49 |
| 3.3.1. Diseño de cajas..... | 49 |
| 3.3.2. Transporte bajo refrigeración..... | 49 |
| 3.4. Vida de florero..... | 51 |
| 3.4.1. Mantenimiento de la flor..... | 51 |
| 3.4.2. Parámetros para determinar la vida útil de la flor..... | 52 |
| 3.5. Diseño experimental..... | 53 |
| 3.5.1. Comparación de medias..... | 56 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 58 |
| 4.1. Factor período de transporte bajo refrigeración (Factor F)..... | 58 |
| 4.2. Factor productos químicos (Factor Q)..... | 63 |
| 4.3. Factor período de vida de florero (Factor T)..... | 67 |
| V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 71 |
| 5.1. Conclusiones..... | 71 |
| 5.2. Recomendaciones..... | 72 |
| VI. BIBLIOGRAFÍA..... | 73 |

INDICE DE FIGURAS

| Figura | | Página |
|--------|---|--------|
| 1 | Biosíntesis del etileno y la acción de hormonas vegetales e inhibidores del etileno a partir de la metionina propuesto por Yang y Hoffman (1984) y adaptado por Grajales (1994)*..... | 14 |
| 2 | Reacción de oxidación del etileno (Dévoré y Muñoz, 1977)..... | 25 |
| 3 | Trabajo en laboratorio..... | 45 |
| 4 | Material vegetal utilizado..... | 45 |
| 5 | Estadios seleccionados..... | 47 |
| 6 | Productos utilizados..... | 47 |
| 7 | Simulacro de transporte bajo refrigeración..... | 50 |
| 8 | Mantenimiento de las flores..... | 50 |
| 9 | Estadios del desarrollo floral para flor cortada de clavel (<i>Dianthus caryophyllus</i> , L.)..... | 52 |

| | | |
|----|---|----|
| 10 | Diseño factorial 3x5x5 con arreglo de los tratamientos en forma completamente al azar..... | 54 |
| 11 | Agrupamiento "tipo redondo" de flor cortada de clavel (Besemer, 1975)..... | 57 |
| 12 | Porcentaje promedio de flores en vida de florero bajo diferentes períodos de transporte..... | 62 |
| 13 | Porcentaje promedio de flores en vida de florero en base a la utilización de cuatro diferentes productos..... | 66 |
| 14 | Porcentaje promedio de flores en vida de florero en base a diferentes períodos de tiempo..... | 68 |
| 15 | Porcentaje promedio de flores en vida de florero en base a tres diferentes niveles de transporte (3, 6 y 9 días) y cinco períodos de vida de florero..... | 69 |

INDICE DE CUADROS

| No. | | Págs. |
|-----|--|-------|
| 1 | Análisis de varianza (ANDEVA) del modelo estadístico utilizado para el estudio de flor cortada de clavel (<i>Dianthus caryophyllus</i> , L.)..... | 55 |
| 2 | Clasificación y niveles de la información para el análisis de varianza en el estudio de flor cortada de clavel (<i>Dianthus caryophyllus</i> , L.)..... | 56 |
| 3 | Análisis de varianza (ANDEVA) de las fuentes de variación para flor cortada de clavel (<i>Dianthus caryophyllus</i> , L.)..... | 59 |
| 4 | Prueba de Tukey y valor promedio de las fuentes de variación para flor cortada de clavel (<i>Dianthus caryophyllus</i> , L.)..... | 60 |

RESUMEN

En el presente trabajo se observó el comportamiento de flor cortada de clavel (*Dianthus caryophyllus*, L.) a diferentes periodos de transporte en seco, bajo refrigeración y tratadas con algunas hormonas vegetales e inhibidores del etileno.

Para este experimento se emplearon flores de cinco variedades producidas bajo condiciones de invernadero en estadio de apertura de botón y escobeta, estadios IV y V del desarrollo floral para clavel determinados por Casp *et al.*, (1980) y citados por Salunkhe *et al.*, (1990). Se utilizaron conjuntos o ramos con 25 tallos florales cada uno. La longitud de los tallos fue de 45 cm en promedio. Los productos químicos utilizados fueron a base de auxinas, giberelinas y permanganato de potasio ($KMnO_4$). Del producto comercial a base de auxinas se tomaron 18.75 ml disueltos en 5 lts de agua; asimismo, se utilizaron 16.6 ppm del producto comercial a base de giberelinas; ambos productos se aplicaron a las flores por inmersión de los tallos durante 30 minutos y por aspersión a las corolas florales. Las aplicaciones se hicieron antes de empacar los ramos en cajas de cartón corrugado, y previo al transporte simulado de las mismas. El $KMnO_4$ se empleó bajo dos presentaciones: formulación comercial y producto puro. Ambas presentaciones se utilizaron como absorbentes del etileno. Estos productos se colocaron dentro de las cajas con flores durante el simulacro del periodo de transporte. Para el simulacro, la temperatura en las cámaras de refrigeración se mantuvo a 6 °C y humedad relativa de 96%. Se establecieron tres diferentes periodos de tiempo: 3, 6 y 9 días durante el simulacro de transporte.

El diseño de tratamientos utilizado fue un factorial 3x5x5 (Niveles de transporte bajo refrigeración; Productos químicos y Periodos de vida de florero respectivamente), que se estableció y analizó como un diseño experimental completamente al azar de 75 tratamientos y 3 repeticiones. La toma de datos y las observaciones se realizaron sobre las unidades experimentales (25 flores en cada recipiente o florero) durante la etapa de vida de florero. Los resultados obtenidos, permiten concluir que el mejor periodo de transporte en seco bajo refrigeración corresponde a 3 días. Asimismo, respecto a los productos utilizados, la formulación comercial a base de giberelinas y el "Ethysorb" reportaron para flor cortada de clavel el mayor periodo de vida de florero, posterior al simulacro de transporte en seco bajo refrigeración.

I. INTRODUCCIÓN

La palabra clavel viene del griego *Dianthus* que significa "Flor Divina", debido principalmente a lo delicioso de su fragancia. El clavel (*Dianthus caryophyllus, L.*) ha sido cultivado desde hace aproximadamente 2000 años. Su nombre común probablemente se derive de la palabra "coronación" en referencia a la antigua costumbre que los griegos tenían de tejer con esta flor, coronas para sus atletas. En general se ha definido a la región del Mediterráneo como su lugar de origen (Besemer, 1975).

El clavel es la más común e importante de las flores para corte cultivadas actualmente en todo el mundo; países como Estados Unidos, Colombia, Holanda e Inglaterra obtienen una buena cantidad de divisas con la producción y comercialización intensiva de esta especie floral. En México en general, la producción comercial de flor para corte y planta verde representa actualmente una actividad agrícola de gran importancia económica y amplio futuro. La importancia económica de la producción de plantas de ornato radica en el hecho de que genera directa e indirectamente en México un total de aproximadamente 10,000 fuentes de empleo. Asimismo, define para numerosas regiones del país, principalmente dentro de los estados de Oaxaca, Morelos, Distrito Federal y Estado de México un elevado número de economías de carácter familiar. El potencial florícola de México es considerado como amplio y con un gran margen de acción y diversificación debido fundamentalmente a la existencia de regiones con condiciones agroclimáticas favorables para su explotación. En años recientes la frontera agrícola para la producción de flor se ha incrementado de manera considerable dentro de los estados de la región central del país (FOMECA, 1987).

Kaicker (1984) señala que el cultivo comercial de flores requiere de un alto grado de tecnificación y mecanización para cada etapa que integran el proceso de producción y comercialización. La producción nacional en este rubro comprende en términos generales tres modalidades técnicas:

1). Producción intensiva o de invernadero. Caracterizada por el uso de tecnología moderna, con empleo intensivo de áreas de invernadero, cuartos de almacenamiento y empaque, semilla y/o material vegetativo de calidad certificada, utilización de agroquímicos (fertilizantes, pesticidas, reguladores y promotores de crecimiento, etc.), dispositivos para dosificación de nutrientes, riego por aspersión o goteo y asistencia técnica.

2). Producción extensiva o de campo abierto. En esta modalidad el empleo de tecnología moderna es en la mayoría de los casos limitada por la disponibilidad de recursos.

3). Producción técnica de flores con carácter mixto. Caracteriza a esta modalidad productiva la utilización intensiva y extensiva de recursos productivos.

La Comisión Nacional de Fruticultura señala que cualesquiera que sea la modalidad técnica productiva, la generación de conocimientos e información básica científica en esta rama de la agricultura tiene para el país un carácter limitado o inexistente en la mayoría de los casos; originado quizás por la falta de reconocimiento sobre las bondades y beneficios económicos que podrían obtenerse de su implementación y práctica. No es sino hasta hace pocos años que algunos centros de enseñanza e investigación han definido líneas de investigación para la generación de información sobre la producción de flores. Los estudios se han enfocado principalmente hacia la evaluación y validación de técnicas, uso y empleo de insumos (CONAFRUT, 1986).

El presente trabajo de investigación pretende sumarse a los esfuerzos para la generación de información técnica agrícola que pudiera subsanar el enorme vacío existente dentro de esta rama de la producción agrícola. Específicamente se pretende evaluar el comportamiento de algunas hormonas vegetales y de inhibidores del etileno durante la etapa crítica del transporte mediante un simulacro de esta variable. Los resultados que se obtengan orientarán una mejor toma de decisiones para el uso adecuado de los productos químicos evaluados.

1.1 OBJETIVOS

a). Objetivo general:

Conocer el efecto que tienen algunas sustancias reguladoras del crecimiento e inhibidores del etileno, en flor cortada de clavel durante el período de transporte en seco.

b). Objetivos específicos:

1. Determinar en base a su evaluación qué producto químico utilizado durante el transporte permite disponer de un mayor período de vida de florero para flor cortada de clavel.
2. Determinar el período óptimo de transporte en seco de flor cortada de clavel bajo condiciones de refrigeración.

1.2 HIPÓTESIS

La senescencia es la fase final del desarrollo floral que puede ser influenciada o controlada por reguladores del crecimiento, por lo tanto, una aplicación adecuada y un manejo controlado de éstos, proporcionará una mayor longevidad o período de vida de la flor.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El Etileno en las Plantas

La producción comercial de plantas de ornato aún cuando esta sustentada en el manejo y control eficiente de los insumos y recursos agrícolas productivos es afectada de manera significativa por una serie de factores endógenos y exógenos. Dentro del grupo de los primeros destacan por su importancia la producción y nivel de etileno, presencia o ausencia de sustancias reguladoras del crecimiento, temperatura, humedad relativa, atmósfera saturada de oxígeno (O_2) bióxido de carbono (CO_2) etc.; como factores biológicos exógenos destaca la presencia de plagas y enfermedades (Hill, 1984).

2.1.1 Importancia económica

El etileno (C_2H_4), la oleofina más simple, se encuentra en estado gaseoso bajo condiciones fisiológicas normales, regula numerosos aspectos del crecimiento de las plantas, desarrollo y senectud de éstas. Es activo biológicamente en cantidades muy pequeñas y sus efectos son comercialmente importantes porque afecta en particular las etapas de floración y fructificación en plantas. Los efectos perniciosos originados por la producción natural en tejidos vegetales del etileno comprenden:

Abscisión de flores, frutos y hojas;

Senescencia o envejecimiento floral;

Maduración de frutos durante y bajo condiciones precarias de transporte y almacenaje.

El etileno es producido esencialmente en todas las partes de las plantas superiores incluyendo hojas, tallos, raíces, flores, frutos y plántulas de semillero (Yang y Hoffman, 1984). Estos mismos investigadores reconocen que atmósferas fuertemente polucionadas contienen niveles altos de etileno activo que pueden originar la promoción de la abscisión (caída prematura de flores, frutos y hojas) aún en superficies agrícolas de tamaño considerable. Una concentración elevada de etileno en áreas reducidas, tal como ocurre en la mayor parte de los sistemas de carga, transporte y almacenaje promueve la sobremaduración de frutos y el deterioro de la belleza y calidad de flor cortada llegando a originar pérdidas económicas considerables.

2.1.2 Etileno y longevidad floral

Yahia e Higuera (1992), al citar a Richardson, señalan que el etileno puede tener efectos muy profundos tanto negativos como positivos sobre los productos vegetales que se almacenan. Aunque el etileno puede ser necesario para que ciertas frutas maduren adecuadamente después de su almacenamiento, casi siempre se trata de minimizar la exposición al etileno de las frutas almacenadas.

En tejidos florales los efectos dañinos del etileno comprenden el desarrollo de procesos tales como la senescencia prematura, marchitamiento y decoloración de la corola, adormecimiento o enrollamiento de pétalos e incluso la abscisión de flores y pétalos. La respuesta floral al nivel y producción de etileno es variable y diferente; en flores de clavel para que ocurra el enrollamiento, el etileno es un prerequisite. La producción de etileno sigue un perfil típico compuesto de tres diferentes fases:

Primera fase : Producción baja constante.

Segunda fase: Producción acelerada hasta una máxima emanación, y

Tercera fase : Producción en declive.

Varios eventos asociados con la senescencia pueden ser estudiados con referencia a estas fases. El incremento en el nivel de producción del bióxido de carbono semejante a la respiración climática de frutos, esta relacionada con la segunda fase. Los síntomas visibles de los efectos del etileno pueden distinguirse al final de esta fase. El inicio de la segunda fase es importante porque corresponde al estadio final de la senescencia. La transición a la segunda fase esta correlacionada en términos prácticos con la longevidad de algunas especies de flores (Halevy y Mayak, 1981).

En el desarrollo de vida de cada planta se pueden distinguir tres periodos básicos:

1. Crecimiento y desarrollo intensivo
2. Madurez completa
3. Senescencia

Cada uno de estos periodos en el desarrollo de la planta esta asociado con la presencia de funciones específicas dentro de la célula, y de la formación de diferentes rutas bioquímicas. Lo anterior es en realidad resultado de la síntesis y actividad de numerosas enzimas o complejos enzimáticos dentro del desarrollo de cada etapa de la planta. Con respecto a la fisiología de postcosecha en flores de ornato, el problema central por resolver lo es en sí el proceso de la senescencia. Este proceso ocurre usualmente de manera muy rápida dado que las flores están constituidas por numerosos y delicados órganos y no están adaptadas a un largo periodo de vida cuando éstas son separadas de la planta madre.

Las pequeñas cantidades de energía producida y la carencia de una cutícula capaz de prevenir la rápida transpiración, también influyen en la disminución del periodo de vida en florero de la flor cortada (Halaba y Rudnicki, 1986).

En la mayoría de los casos ha sido observado que los pétalos son los órganos de la flor que determinan el periodo de vida de éstas. Por ello resulta obvio que la marchitez de los pétalos disminuye el valor decorativo y total de la flor. Durante la marchitez y bajo condiciones naturales toman lugar ciertos cambios (tal como ocurre bajo la influencia de los tratamientos de etileno) : a) Descomposición de la estructura de la membrana celular y, b) La permeabilidad celular (Matile y Wikenbach, 1971; citados por Halaba y Rudnicki, 1986).

La primera característica observada en el inicio de la marchitez es la pérdida de la permeabilidad selectiva de los tonoplastos. Suttle y Kendel (1980); citados por Halaba y Rudnicki (1986), señalaron que el etileno afecta la composición o estructura de la membrana a través de la síntesis de una enzima que es activada al comienzo de la senescencia. La pérdida de la integridad (estructura) y el incremento en la permeabilidad de la membrana celular esta asociada con los cambios en las estructuras de los compuestos a base de lípidos. Estos mismos investigadores hacen saber que la estructura de las membranas son destruidas por varios factores a saber: a) Estrés de agua; b) Congelamiento y estrés osmótico o por, c) La actividad de las fosfolipasas, las cuales inhiben la síntesis del etileno.

Durante la etapa de senescencia de los pétalos florales, el nivel de los constituyentes macromoleculares de la célula experimenta una disminución. Entre estos constituyentes macromoleculares tenemos: almidón, los polisacaridos de la pared celular, proteínas y los ácidos nucleicos. Algunos productos obtenidos del rompimiento o desnaturalización de macromoléculas son redistribuidos de los pétalos marchitos a otros órganos de la planta y éstos pueden ser reutilizados ahí otra vez (Wiemken-Gehrig *et. al.*, 1976; citados por Halaba and Rudnicki, 1986).

El término de la vida en recipiente de muchas especies de flor para corte se caracteriza por el prematuro y rápido marchitamiento, aún cuando se hayan mantenido constantemente en agua. Muchos estudios han sido dirigidos a la evaluación de eventos realizados para este fenómeno. La senescencia es la fase final del desarrollo floral que puede ser influenciada o controlada por reguladores del crecimiento. Los componentes de cada uno de los cinco grupos de hormonas de plantas se han implicado en la regulación de la senescencia. Sin embargo, el etileno es el que se ha tratado más, aparentemente debido a su elevado riesgo como contaminante. El etileno aplicado al tejido de la planta puede catalizar la síntesis del mismo. Este fenómeno se denomina autocatálisis y es común tanto a la senescencia floral como a la maduración de frutos climatéricos. La senescencia incluye procesos dirigidos a la desorganización celular. Los cambios en el grado de organización pueden ocurrir de manera espontánea o bien ser iniciados por una hormona de la planta como el etileno. La organización celular es mantenida generalmente por la separación de reactivos de las membranas protoplasmáticas que son parcialmente permeables (Mc Gleasson, 1970; citado por Halevy y Mayak, 1982).

Suttle y Kendel (1980) afirman que el aumento en la permeabilidad de la membrana esta acompañado por una pérdida de fosfolípidos, concluyendo que el etileno no afecta la integridad de la membrana directamente sino de manera indirecta a través del efecto en el metabolismo celular y la pérdida de fosfolípidos.

La exposición del tejido maduro del clavel al etileno, generalmente apresura el principio de la senescencia y el desarrollo de síntomas típicos de envejecimiento . Estos síntomas son irreversibles y al final iguales cuando el etileno se ha ventilado. Las flores jóvenes desarrollan los mismos síntomas en la exposición al etileno, pero rápidamente recobran y reanudan su curso natural de desarrollo cuando el etileno es expulsado; a partir de entonces los tejidos varían en su respuesta al etileno (Mayak y Kofranek, 1976).

El proceso completo de senescencia inducido por etileno puede ser bajo control o regulación programada. El sistema de respuesta puede ser influenciado por factores medioambientales. La alta temperatura, el estrés hídrico al cortar las flores y el almacenamiento en frío usados en la práctica del manejo de flores resultaron de alta sensibilidad al etileno. Generalmente el sistema de respuesta se hace más sensible gradualmente a medida que los órganos de la flor maduran. Los pétalos pueden responder al etileno generado en el estilo. La producción de etileno por el estilo, corresponde a un 40 o 50 % de la producción total de etileno de la flor. Los pétalos producen una cantidad similar en la base elongada de los mismos (Nichols, 1977; citado por Halevy y Mayak, 1982).

2.1.3 Biosíntesis y mecanismo de acción

Buffler (1986) señala, al citar a Mc Glasson *et al.*, (1978), que la producción de etileno en frutos climatéricos y para algunas especies de flores de ornato puede dividirse en dos partes principalmente, las cuales son:

I. Una fase preclimatérica caracterizada por una tasa de producción baja.

II. Una segunda fase postclimatérica con un incremento en la tasa de producción de etileno durante la madurez del fruto o la senescencia floral.

El rápido incremento en la producción de etileno ocurre quizás como una respuesta a la baja concentración de etileno preclimatérico en todos los tejidos y órganos vegetales al inicio de su síntesis. Una vez inducido, el etileno automáticamente estimula su propia biosíntesis afectando al mismo tiempo el proceso de madurez y senescencia.

La biosíntesis del etileno ha sido completamente revisada por Yang y Hoffman (1984). Estos autores señalan que debido a su estructura química molecular simple, existen muchos compuestos que podrían convertirse a etileno a través de varias reacciones. Como consecuencia fueron propuestos numerosos precursores, entre estos se incluían al ácido linoléico, propanol, β -alanina, ácido acrílico, ácido β -hidroxipropiónico, etionina, etanol, etano, ácido acético, ácido fumárico y la metionina que es considerado el precursor efectivo del etileno en plantas superiores.

La biosíntesis del etileno se realiza a través de una vía metabólica que tiene lugar en el citoplasma y en el tonoplasto de las células. Dicha vía describe un ciclo en el cual se observan cinco principales reacciones enzimáticas (Figura 1), de las cuales tres son responsables de la producción directa del etileno (números 1, 2, 3, de la Fig. 1) y las otras dos son complementarias para la regeneración de la metionina (números 4 y 5 de la Fig. 1). Una de las enzimas regulatorias del ciclo es la ACC (ácido 1-amino-ciclopropano-1-carboxílico) sintetasa (letra B de la Fig. 1), cuya actividad enzimática es regulada por moduladores positivos que aumentan su actividad, tales como: la maduración, el ácido indolacético (AJA), citocininas, etileno y condiciones anaeróbicas. Los moduladores negativos que inhiben la actividad de esta enzima son la aminoethoxivinilglicina (AVG) y el ácido aminoociacético (AOA). La otra enzima regulatoria del ciclo es la etileno sintetasa (letra C de la Fig. 1), que cataliza la conversión del ACC en etileno. El modulador positivo que aumenta su actividad es la maduración, y los moduladores negativos que la inhiben son: las condiciones anaeróbicas, bióxido de carbono (CO₂) altas temperaturas, la ósmosis y shock frío (Grajales, 1994).*

* Grajales, M.O. Profesora de fisiología vegetal de la carrera de Ingeniero Agrícola. F.E.S. Cuautitlán, UNAM

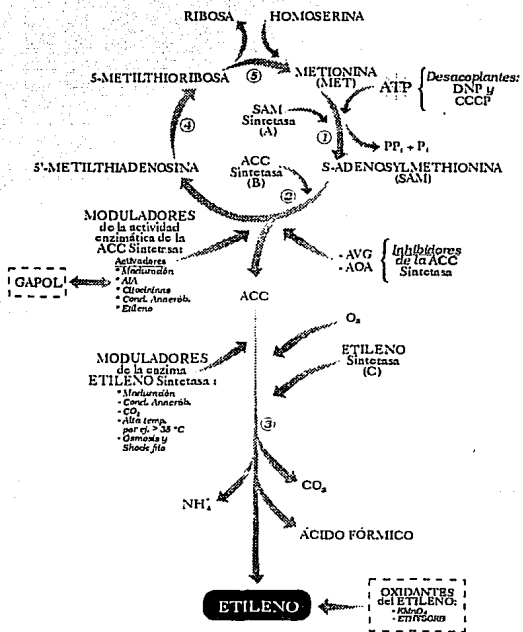


Figura 1 Biosíntesis del etileno y la acción de hormonas vegetales e inhibidores del etileno a partir de la metionina como precursor propuesto por Yang y Hoffman (1984) y adaptado por Grajales (1994)*

* Grajales, (op. cit.)

2.1.4 Regulación e inhibición del etileno

2.1.4.1 Inhibidores de la biosíntesis del etileno

Iones inorgánicos. Se sabe que los iones de bióxido de carbono (CO_2) y nitrógeno (N_2) son inhibidores de la biosíntesis del etileno ya que inhiben la actividad de la enzima etileno sintetasa. Se ha sugerido que el ion CO_2 ejerce su efecto inhibitorio formando complejos con los grupos sulfhidrilo de la etileno sintetasa. Estos grupos son parte del sitio activo de la enzima y por lo tanto la acción del CO_2 sería inhibir la actividad de dicha enzima. Por otra parte puede ser que el efecto del CO_2 sea indirecto, al parecer retrasa la senescencia vía preservación de la estructura de la membrana (Yang y Hoffman, 1984).

Desacoplantes y otros agentes destructores de membrana. Los desacoplantes de la fosforilación oxidativa tales como el 2,4-dinitrofenol (DPN) y la cianida-carbonil, mclorofenilhidrasona (CCCP), son poderosos inhibidores de la producción de etileno, porque inhiben la producción de ATP el cual es requerido durante la primera etapa de la vía metabólica de la biosíntesis del etileno (Fig. 1). Otros factores y agentes que se conocen inhiben la producción, al interferir con la conversión de ACC en etileno son: la alta temperatura ósmosis y el shock frío y varias sustancias lipofílicas como la fosfolipasa D, dodecilsulfato de sodio y muchos ácidos grasos que pueden alterar la estructura de la membrana (Yang y Hoffman, 1984).

Análogos del ácido 1-amino-ciclopropano (ACC). Varios investigadores han examinado el efecto de análogos estructurales de ACC, incluyendo ácidos orgánicos de cadena corta en la producción de etileno. De los compuestos probados sólo el ácido α -amino-isobutírico inhibió la producción de manera significativa y competitiva. La reducción del nivel de etileno puede realizarse por el uso de desactivadores de éste, los cuales actúan también por absorción de gas o por la combinación de absorbente y reactivante. El uso de permanganato de potasio (KMnO_4) para oxidar al etileno se ha reportado también como técnicamente útil. El producto químico es absorbido por algún material inerte como sílica gel, celita o vermiculita (Scott *et al.*, 1970).

Beyer (1976) reporta que los iones de plata inhiben la acción del etileno en las plantas. Lo cual corroboraron Halevy y Kofranek (1977), al encontrar que el nitrato de plata (AgNO_3) aplicado directamente a las flores por aspersión o por inmersión retardan la senescencia de las flores de clavel y previenen del daño por etileno. El tratamiento directo por aspersión de las flores con AgNO_3 es efectivo, ya que aplicado a través de la base del tallo sólo se mueve una corta distancia y no alcanza a las flores (Kofranek y Paul, 1974).

A diferencia de otras sales de plata, el tiosulfato de plata (TSP siglas en inglés) es muy móvil y la traslocación de la base del tallo cortado a la flor es muy rápida, bloqueando efectivamente la acción del etileno y extendiendo la longevidad de los claveles (Veen y Van de Geijin, 1978). Beyer (1976) por su parte afirmó que los iones de plata son inhibidores de la acción del etileno pero no de la síntesis del mismo. La inhibición de la producción de etileno bajo condiciones anaeróbicas o de bajo contenido de oxígeno, ha sido observada por muchos investigadores. La reducción del nivel de oxígeno es aparentemente uno de los principales efectos del almacenamiento a baja presión. El oxígeno participa directamente en la conversión del ACC al etileno (Yang, 1980).

2.2 Los Reguladores del Crecimiento en las Plantas.

2.2.1 Importancia económica

Muchas características del crecimiento y desarrollo de las plantas están controladas por mediación de hormonas reguladoras del crecimiento vegetal u hormonas vegetales. Los hallazgos logrados a partir de dichos estudios han incluido el descubrimiento de muchos tipos de productos químicos sintéticos que se pueden aplicar a la floricultura u horticultura para conseguir el control artificial del crecimiento de las plantas. Normalmente las plantas crecen y se desarrollan de una manera ordenada y organizada. Es obvio que las características esenciales del crecimiento y desarrollo están incorporadas en la dotación genética de la planta y por lo tanto están controladas por factores internos. Uno de los sistemas más importantes de control de crecimiento en las plantas lo proporcionan las llamadas hormonas reguladoras del crecimiento vegetal u hormonas vegetales (Hill, 1984).

2.2.2 Reguladores del crecimiento y senescencia floral

La senescencia es la fase final del desarrollo floral que puede ser influenciada o controlada por reguladores de desarrollo (Halevy y Mayak, 1982). Hill (1984) define a las sustancias reguladoras del crecimiento vegetal o fitohormonas como aquellas sustancias orgánicas que son sintetizadas en el interior de la planta y que a bajas concentraciones pueden activar, inhibir o modificar cualitativamente el crecimiento, ejerciendo normalmente esta acción en un lugar distinto al de su origen. Al mismo tiempo señala que una de las mayores dificultades en el estudio de las hormonas reguladoras del crecimiento vegetal es que dichos compuestos siempre se hayan presentes en cantidades realmente pequeñas.

Los principales grupos de hormonas son cinco:

1. Auxinas
2. Giberelinas
3. Citocininas
4. Inhibidores
5. Etileno

Torrey en 1967, citado por Rojas y Ramírez (1987), propuso que se distinguen en general tres niveles de control de desarrollo en las plantas:

- **Intracelular** que depende de la expresión de los genes;
- **Intercelular** que se refiere a las correlaciones e interacciones de las células y depende de las hormonas;
- **Un tercer nivel** que depende de los estímulos que ejercen las condiciones medio-ambientales.

Rojas y Ramírez (1987) señalan que existe evidencia suficiente para postular dos hechos básicos sobre la acción fundamental de las fitohormonas:

1). Las fitohormonas no actúan directamente a nivel del organismo sino de la célula, por ejemplo sobre la mitosis, el alargamiento celular etc., de modo que sus efectos se hacen sentir en todos los fenómenos fisiológicos que se basen en los fenómenos citológicos afectados.

2). La acción básica de las hormonas ocurre sobre los ácidos nucleicos a nivel de la transcripción del mensaje (ácido desoxirribonucleico (DNA) y ácido ribonucleico (RNA)) o de su traducción (RNA/ aminoácido).

Tizio (1980), citado por Rojas y Ramírez (1987); señala que en general los fenómenos fisiológicos controlados por hormonas vegetales son numerosos y los ha clasificado en los siguientes conceptos:

1). **De correlación**, como la multiplicación y el alargamiento celular, dominancia apical, actividad de las yemas, letargo y abscisión de órganos;

2). **De sensibilidad o movimiento**, como los tropismos y nastias;

3). **De producción** como floración, polinización y desarrollo de fruto. Pero también influyen de manera importante, en el transporte de nutrientes.

Sánchez (1989) al citar a Nissen, hace saber que la sensibilidad de los tejidos a la acción de los fitorreguladores cambia con el desarrollo de la planta; aclarando que los tejidos que en alguna etapa del desarrollo son fuertemente responsables a determinado fitorregulador, posteriormente en la edad adulta o en otra etapa del desarrollo de la planta ya no ofrecen respuesta a dicha hormona. Para lograr entender esto, define el concepto de **tejido blanco**, como aquellos tejidos de la planta capaces de dar una respuesta a la aplicación exógena de un fitorregulador.

Los procesos del desarrollo descansan sobre fenómenos celulares, que es donde actúan las hormonas y en cierta forma todos los procesos del desarrollo están influenciados, en diverso modo e intensidad por todas las hormonas de la planta. Este concepto debe tenerse presente cuando se hacen aplicaciones de fitorreguladores, pues ello implica que van a presentarse otros efectos además del deseado. Un fenómeno que dificulta el análisis del contenido y actividad de las hormonas de una planta es que éstas se encuentran en dos formas naturales: libres y ligadas a otras moléculas. Las formas conjugadas pueden servir como medio de almacenaje y transporte, o bien para dar un balance entre forma activa y forma inactiva que permita la homeostasis o equilibrio orgánico (Rojas y Ramírez, 1987).

2.2.2.1 Giberelinas y auxinas

Halevy y Mayak (1981) señalan que aún cuando el involucramiento de numerosas sustancias reguladoras de crecimiento en el control de la senescencia floral se ha demostrado en términos prácticos, existe en realidad un uso relativamente limitado de reguladores de crecimiento en soluciones preservativas, aparte del uso intensivo de las citocininas. Rojas y Ramírez (1987), presentan una revisión práctica y sintetizada de los principales conceptos y acciones biológicas de los reguladores del crecimiento vegetal.

2.2.2.1.1 Giberelinas

Biosíntesis. Las giberelinas son sintetizadas principalmente en las hojas jóvenes y en las semillas; en éstas se han encontrado los niveles más altos con respecto a otras partes de la planta (Hill, 1984).

Se conocen más de 60 tipos diferentes de giberelinas de las que aproximadamente 51 aparecen o se han encontrado en plantas superiores. Originalmente fueron aislados como sustancias o extractos metabólicos del hongo *Fusarium moniliforme*, comunmente conocido como un estadio imperfecto del hongo *Gibberella fujikuroi* (Hill, 1984).

Acción fundamental. Se ha demostrado que la aplicación de giberelinas en plantas intactas origina un amplio rango de respuestas en su crecimiento. Green (1976) ha demostrado que el ácido giberélico (AG) puede promover el crecimiento de las plantas por medio de la expansión celular o bien por efecto de la división celular, e incluso por ambos mecanismos. Sin embargo, ha sido observado que a diferencia de las citocininas, las cuales promueven la división celular en cultivo de células, las giberelinas no reportan un marcado efecto en el número de células bajo dichas condiciones de crecimiento lo que en cierta medida contradice el papel del AG en la regulación del crecimiento en plantas.

McGlasson y colaboradores (1978) demostraron que las giberelinas retrasan ciertos aspectos de la maduración en numerosas especies de plantas e incluso han sido descritas como las hormonas vegetales más potentes en este aspecto. Esta observación es importante si consideramos por otra parte que el etileno es reconocido como la hormona de maduración. En base a este supuesto antagonismo, ambos reguladores han sido estudiados ampliamente pero de manera especial en frutos.

En algunos frutos climatéricos se ha demostrado que las aplicaciones exógenas de ácido giberélico (AG) retrasaron el inicio del fenómeno climatérico, pero fue considerado que probablemente fue el contenido endógeno de giberelinas las que regularon la producción de etileno y con esto el inicio de la maduración (Mc Glasson *et al.*, 1978). Se ha demostrado, apoyando lo anterior, que en ausencia de etileno el ácido giberélico retrasó el ablandamiento de los frutos a diferentes temperaturas (20 °C y -1 °C) y atmósferas de almacenamiento (1.5-2.0% de CO₂ y 3.0-3.5% de O₂). Sin embargo cuando el etileno estuvo presente aceleró el ablandamiento tanto en frutos tratados y no tratados con AG. La dosis mínima requerida para acelerar el ablandamiento dependió del tiempo de exposición, la temperatura de almacenamiento y el pretratamiento con ácido giberélico. En particular la sensibilidad de los frutos tratados con AG fue diez veces menor que el tratamiento testigo o control (Ben-Arie *et al.*, 1986)

2.2.2.1.2 Auxinas

Biosíntesis. El término auxinas viene de la palabra griega *auxein* que significa crecimiento; este nombre fue asignado a cierta clase de sustancias químicas que tienen un efecto directo en la elongación de los tejidos. Su naturaleza química fue identificada en 1932 como correspondiente al ácido indolacético (AIA). El AIA es la auxina natural más abundante. Existen además otras moléculas no presentes normalmente en los tejidos de las plantas (auxinas sintéticas), que también tienen actividad auxínica cuando se aplican exógenamente a éstas (Goodwin and Mercer, 1993).

El efecto más ampliamente estudiado en relación a la acción de las auxinas, es su capacidad de alargar los tejidos blanco. Las auxinas posiblemente se sintetizan a partir del amino ácido triptofano. Son sintetizadas principalmente en el ápice del tallo, ramas y hojas jóvenes e inclusive en las yemas y en general en los meristemas. El transporte de las auxinas endógenas es basipétalo (de las partes de la raíz al resto de los tejidos de la planta) por el floema, junto con los productos sintetizados (Trewavas, 1982).

Acción fundamental. Es una característica de las auxinas el que a concentraciones bajas estimulen el metabolismo y desarrollo, y a concentraciones altas lo deprimen. El principal efecto auxínico es la estimulación del alargamiento celular o su depresión según la concentración del producto. Los efectos citológicos se basan en efectos bioquímicos. Las auxinas activan a las enzimas de la deshidrogenación respiratoria en el ciclo de Krebs. Un efecto compartido con otras hormonas es el de activar el transporte de nutrientes por el floema. El primer mecanismo de acción fue postulado por Rayle y Cleland en 1970 (Rayle and Cleland, 1979), quienes sugirieron que el efecto primario de las auxinas era inducir una disminución del pH de la fase acuosa de la pared celular probablemente a través de estimular a la enzima ATPasa ubicada en la membrana celular, que actúa como bomba de protones.

El incremento de la concentración extracelular de iones hidrógeno (H^+) causaría debilitamiento de los puentes de hidrógeno que se forman entre las microfibrillas de celulosa y los xiloglucanos de la pared celular. Como consecuencia, la presión de turgor causada por la entrada de agua, induciría una separación entre las fibrillas de la pared generándose así el inicio de la elongación de los tejidos.

Reforzando estos eventos, estaría la acción de ciertas glucosidasas con actividad óptima a pH ácidos, las cuales acelerarían aún más la ruptura de la pared y favorecerían la elongación del tejido (Goodwin y Mercer, 1983). Posteriormente la pared sería reestructurada por la síntesis *de novo* de sus componentes (Verma, 1975). Nichols y Manning (1986) establecen que existe una marcada diferencia entre las especies florales en cuanto a su respuesta a los componentes de los reguladores y sustancias de crecimiento.

2.2.3 Acción y efecto del Permanganato de potasio ($KMnO_4$) en plantas

La reducción del nivel de etileno puede realizarse por el uso de desactivadores de etileno, los cuales actúan también por absorción de gas o por la combinación de absorbente y reactivante. El carbón brominado activado que combina un reactivante con un absorbente, se ha utilizado ampliamente en atmósfera controlada de almacenaje de frutos (Forsyth *et al.*, 1967). Sin embargo, se aclara que es corrosivo y muy caro el practicarlo. El uso de permanganato de potasio para oxidar el etileno y con ello reducir el nivel de concentración se ha reportado también como útil. La reacción de oxidación del etileno se muestra en el esquema de la Figura 2. El producto químico puede ser absorbido por algún material inerte como silica gel, celita o vermiculita (Scott *et al.*, 1970). La preparación comercial "Purafil", es permanganato de potasio encubierto de una forma granular de silicato de aluminio. Liv (1970), reportó una alta eficiencia de remoción del etileno por "Purafil".

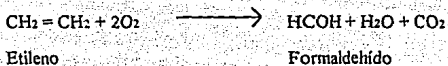


Figura 2. Reacción de oxidación del etileno (Dévoré y Muñoz, 1977)

Sandoja *et al.*, (1987) reportan del estudio realizado en diferentes estadios de madurez de tomate, que el permanganato de potasio probó ser el mejor compuesto químico para alargar la vida de anaquel de estos frutos. Coinciden estos investigadores en señalar que el KMnO_4 , actúa como un excelente absorbente del etileno.

2.3 El Manejo Postcosecha de Flor Cortada

La apariencia, calidad y longevidad de las plantas dependen de las condiciones en que estas fueron cultivadas, el estadio de cosecha, y el manejo de postcosecha. Las plantas cultivadas bajo óptimas condiciones dejarán ver una mayor calidad, (Kaicker, 1984).

2.3.1 Causa y control del deterioro

El deterioro en la calidad de las flores es debido al agotamiento de los nutrientes almacenados en el tejido vegetal a través de la respiración. La longevidad de las plantas de ornato está determinada por la tasa de utilización de estas fuentes nutritivas; las flores fenecen cuando estas reservas alimentarias están completamente agotadas, situación que se agudiza con la presencia de enfermedades. Ambos aspectos reducen el grado de comercialización de las plantas. A través de una rápida refrigeración poco después del corte en rosas, gladiolas, claveles, crisantemos y para algunos tubérculos, numerosas especies de hongos fitopatógenos pueden ser atacados y destruidos (Kaicker, 1984).

2.3.2 Principales factores que afectan el manejo postcosecha de flor cortada

2.3.2.1 Período de corte

La recolección de la planta en el estado de madurez adecuado es crucial para mantener una buena calidad durante su transporte y comercialización. La madurez aconsejada en la recolección de flor cortada, es aquella donde las yemas pueden abrirse totalmente y proporcionan una vida útil satisfactoria. Este estado es distinto para varias especies de plantas. Por ejemplo, las rosas y gladiolas deben ser recolectadas cuando las yemas han empezado a abrirse. En cambio los claveles y crisantemos se recogen normalmente cuando las yemas están casi completamente abiertas (Zagory *et al.*, 1988).

El tiempo óptimo de corte para la cosecha de flores es considerado como otro factor de carácter conflictivo. Los cortes de flores realizados durante la mañana del día destinado para la cosecha, tienen cierta ventaja en términos de que los tejidos vegetales presentan una mayor turgencia o contenido de agua; pero al mismo tiempo la presencia de humedad y rocío los hace más susceptibles a enfermedades por hongos. En cambio, la cosecha durante la tarde presenta ventajas en términos de un mayor contenido de carbohidratos en los tallos florales. Si de cualquier forma, las flores cosechadas son colocadas inmediatamente en una solución preservativa que contenga azúcar, el tiempo de corte no reviste gran importancia (Nowak y Rudnicki, 1991).

2.3.2.2 Técnica de corte

La separación de las flores de la planta madre debe hacerse mediante el uso de herramientas adecuadas (tijeras o navajas afiladas, previamente desinfectadas). Generalmente, la técnica de corte no tiene ningún efecto crucial en la vida de florero siempre que éstas sean colocadas en agua o bien en una solución preservativa justo después de ser cortadas. El ángulo de corte deberá ser inclinado y de manera suave, particularmente para aquellas flores con tallo duro, las cuales únicamente absorben agua a través de la superficie de corte realizada. De cualquier forma debe evitarse la trituración de los tallos en virtud de que esto puede ocasionar la exudación de líquido azucarado que podría traer aparejado el desarrollo de microorganismos patógenos. Usualmente los tallos florales son cortados cercanos al suelo, con la idea de proporcionar tallos lo más largo posible. Esta práctica a menudo esta asociada con una disminución en la capacidad en absorción de agua de la flor, en razón de la presencia en la parte más baja del tallo de tejido leñoso o duro, resultando en un corto periodo de vida de florero.

En base a lo anterior, lo recomendable es cortar las flores en aquella porción del tallo menos dura (Nowak y Rudnicki, 1991).

2.3.2.3 Temperatura

La temperatura es el factor externo más importante que afecta la calidad de la flor para corte y determina incluso el éxito o fracaso de la práctica de almacenamiento postcosecha. Altas temperaturas aceleran el proceso de senescencia al incrementar las tasas de ciertos procesos fisiológicos tales como la transpiración, respiración, producción de etileno y metabolismo de sustratos (carbohidratos por ejemplo). A bajas temperaturas los órganos y tejidos de las plantas reducen la tasa respiratoria, producción de etileno y la utilización de hidratos de carbono.

Asimismo, temperaturas bajas reducen la pérdida de agua permitiendo con ello una mayor turgencia o contenido de agua en las células y el desarrollo de microorganismos patógenos. En base a lo anterior se recomienda que después de ser cosechadas las flores, éstas deberán ser transferidas con un mínimo de pérdida de tiempo, del área de invernadero o campo al cuarto de almacenamiento con atmósfera fría (Nowak y Rudnicki, 1991).

La continua actividad respiratoria del material vegetal (por ejemplo; flor cortada y frutos climatéricos) puede llegar a generar y producir grandes cantidades de calor, el cual puede tener efectos negativos especialmente en espacios cerrados relativamente estrechos como cajas y bolsas de empaque, contenedores (cajas de trailers) y pequeñas bodegas de almacenamiento. Por esta razón el preenfriamiento rápido de flor cortada y frutos es una práctica que se recomienda realizar, buscando con ello remover el calor de los productos a ser almacenados (Rudnicki *et al.*, 1986).

Zagory y Kader (1988) han observado que la mayoría de las plantas tropicales (por ejemplo; orquídeas, anthurium y ave del paraíso) no deben mantenerse a temperaturas inferiores a 10 °C. Por otra parte, las plantas procedentes de climas templados se mantienen en buen estado a temperaturas entre 0 y 2 °C.

La temperatura óptima de almacenamiento para flor cortada varía de acuerdo a la especie, estadio floral de desarrollo y el método de almacenamiento utilizado. Las flores de clavel cortado en estadio de botón pueden ser almacenadas adecuadamente a 0 °C, mientras que flores de esta especie completamente abiertas y mantenidas a esta temperatura podrán sufrir daño por frío. Flores abiertas de clavel pueden ser almacenadas adecuadamente en agua o en alguna solución preservativa a 3-4 °C por espacio de 3-4 semanas (Nowak y Rudnicki, 1991).

Larson, (1988) reporta al citar a Kofranek (1974); Wilfret (1974); Sheehan (1975) y Hasek (1976), que la utilización de bajas temperaturas y humedad relativa elevada durante el periodo de almacenamiento y transporte de flor cortada, permite al término de éstos obtener una mayor longevidad o vida de florero del producto, proporcionando con ello una mayor satisfacción para el consumidor final. Adicionalmente, reporta que las especies florales varían en cuanto a dichos requerimientos, por ejemplo la temperatura de transporte para crisantemo es de 2-4 °C; y para rosas es de 2 °C. Respecto a la temperatura de almacenamiento señala por ejemplo que las gladiolas requieren de 4-6 °C y las orquídeas de 5-7 °C.

2.3.2.4 Humedad

El agua es un elemento necesario para todo organismo vivo. En particular, el agua es esencial para las plantas por las siguientes razones:

- 1) Es un componente funcional y formativo del protoplasma celular;
- 2) Esta involucrada en una variedad de reacciones químicas que ocurren en el protoplasma;
- 3) Es considerada como el solvente universal y
- 4) Es responsable del mantenimiento de la turgencia o rigidez de las células (Sutcliffe, 1979).

Es generalmente aceptado que la estructura o consistencia de una planta esta directamente relacionada con el contenido de agua del medio ambiente exterior. Zagory y Kader (1988) han demostrado que la flor cortada, principalmente aquella cuyo tallo sostiene aún las hojas (por ejemplo rosas, claveles, crisantemos, etc.) pierde agua a una tasa marcadamente rápida. En base a este fenómeno recomiendan mantener la cosecha de flor para corte en un ambiente húmedo (alrededor del 95% de humedad relativa) y a una temperatura de entre 0 a 2 °C para reducir las pérdidas del contenido de agua de las células de los órganos y tejidos de la flor y el follaje. Asimismo, aclaran que bajo estas condiciones resulta más fácil la rehidratación de la planta siempre que se tenga cuidado de eliminar o evitar los obstáculos al flujo de agua en el tallo. La obstrucción del tallo puede deberse a la aparición de burbujas de aire, presencia de bacterias y hongos o bien a fenómenos fisiológicos que aparecen como respuesta al estrés causado por el corte. Adicionalmente, aclaran que la utilización de agua con un alto contenido de sales minerales puede impedir la absorción de ésta en los tallos de flores cortadas. Por ello es aconsejable utilizar agua destilada o desmineralizada en el mantenimiento de flor o en caso contrario es recomendable su acidificación.

Nowak y Rudnicki (1991) han observado y establecido que las plantas por sí mismas regulan su intensidad transpiratoria o flujo de agua del medio interno de la planta al exterior mediante el cierre de las estructuras estomáticas localizadas en las flores. Sin embargo, aún cuando la planta posee este tipo de mecanismos de regulación natural para minimizar la pérdida de agua, paralelamente son operados otros procesos fisiológicos que inevitablemente conducen a la pérdida o fuga de ésta, tales como la respiración. En términos prácticos la pérdida de agua de los órganos y tejidos de la planta puede ser reducida mediante la predisposición de las flores en un ambiente con elevada humedad relativa. Esta es uno de los principales requisitos que debe

cumplir el área de empaque y los cuartos de almacenamiento de flor para corte, o bien mediante la disminución de la temperatura y la limitación de la circulación del aire.

Las flores para corte al igual que otros productos vegetales contienen cantidades considerables de agua en el interior de sus tejidos. Si éstas son almacenadas en atmósferas secas, la pérdida de agua (turgencia) es muy rápida como resultado de un incremento en la tasa de transpiración. La intensidad de la transpiración puede ser controlada por la temperatura, humedad y movimiento del aire. Temperaturas elevadas originan elevadas tasas de transpiración (Piskornik, 1983).

2.3.2.5 Luminosidad

La luz no afecta significativamente la longevidad o período de vida de las flores cortadas, especialmente cuando las flores son tratadas previamente con un preservativo floral que contenga azúcar. Poca luminosidad durante el transporte a larga distancia o almacenamiento prolongado acelera el amarillamiento de hojas en flores cortadas de crisantemos, dalias, gladiolas y otras especies. Después del corte o cosecha, las flores son generalmente almacenadas y transportadas a niveles de baja intensidad luminosa o en total obscuridad. Altas intensidades luminosas son requeridas solamente para la promoción de la apertura floral de las flores cortadas durante el estadio de botón (Nowak y Rudnicki, 1991). La disponibilidad de luz es un factor importante en plantas para tiesto o maceta, dado que el proceso fotosintético todavía continúa (Zagory y Kader, 1988).

2.3.2.6 Etileno

La longevidad y calidad de las flores cortadas también está determinada por la composición de la atmósfera ambiental. Los efectos más adversos en la producción de flor de corte son causados por el etileno. Las flores en general presentan variación en cuanto a su sensibilidad al etileno. El estado de senescencia de las flores incrementa la sensibilidad de éstas al etileno. Algunas especies florales que son altamente susceptibles al etileno, son afectadas por concentraciones tan bajas hasta de 1-3 ppm durante un período de exposición de 24 horas. Algunas especies de flor de corte menos susceptibles, llegan a resistir concentraciones de etileno de hasta 10-100 veces mayor (Nowak y Rudnicki, 1991).

Asimismo, estos investigadores aclaran que los efectos dañinos causados por el etileno dependen de factores tales como :

- La concentración de este en la atmósfera ambiental
- Duración de la exposición de las flores al etileno
- Temperatura
- Concentración de CO₂ en la atmósfera
- Estadio de desarrollo floral
- Calidad de la flor
- La estación del año.

Adicionalmente, Nowak y Rudnicki (1991) han establecido que la concentración de etileno en invernaderos, áreas de empaque y almacenaje puede ser reducida o eliminada mediante la consideración de los siguientes factores:

- Prevenir o evitar la contaminación de aire por etileno;
- Eliminar o remover al etileno de la atmósfera;
- Inhibir la producción y acción del mismo.

2.4 El Almacenamiento y Transporte de Flor Cortada

Zagory y Kader (1988) consideran que el manejo típico de plantas ornamentales incluye los pasos de:

- Recolección
- Clasificación
- Agrupamiento
- Envoltura con papel
- Empaquetamiento
- Preenfriamiento
- Transporte

Asimismo, señalan que en términos generales algunos de los cultivadores y comerciantes de estos productos, tienen como meta reducir el número total de pasos para mejorar la eficacia de las operaciones. Esto se consigue normalmente realizando la mayor parte de ellos en el campo antes de su transporte. Sin embargo, algunas especies de plantas ornamentales para tiesto y corte presentan diferente respuesta a la tolerancia del almacenamiento. Para una planta en particular dos factores son los que determinan la longitud del periodo de almacenamiento:

- a). Las características genéticas, y
- b). Las condiciones externas prevaletientes durante el almacenamiento, tales como la temperatura, humedad, luz, composición de la atmósfera ambiental y la circulación del aire en el cuarto de almacenamiento.

Anteriormente era práctica común el establecer los centros de producción de flor para corte en áreas cercanas al lugar de mercado, con la finalidad de que el período de transporte se acortara a unas cuantas horas. Hoy día, la producción de plantas ornamentales es transportada a largas distancias; esta condición de alargamiento del período de transporte, tiene una marcada influencia en la promoción o desarrollo de la senescencia floral posterior al mismo; estimula el marchitamiento de las flores y promueve el desarrollo de enfermedades y pérdida de energía en forma de calor de las flores (Nowack y Rudnicki, 1991).

2.4.1 Calidad del material vegetal

Las flores de corte destinadas al almacenamiento y transporte deben de ser de muy buena calidad. En general no deben estar rotas, picadas o ralladas porque cualquier daño físico acelera la pérdida de agua, la producción de etileno y la infección por microorganismos durante el almacenamiento. Las flores a ser almacenadas deberán estar libres de plagas y enfermedades, y asimismo deberán ser cosechadas en el estadio de desarrollo óptimo. La vida de almacenamiento puede verse reducida si las flores son cortadas en un estadio de sobre maduración. En general las pérdidas pueden ser mínimas siempre que las flores sean cortadas en estadio de botón y se procure un almacenamiento adecuado. Esta condición se debe a que los botones florales, en especial de aquellas flores con pétalos, son menos sensibles a los daños mecánicos y a la acción del etileno durante el almacenamiento. Al mismo tiempo los beneficios de una menor intensidad en la tasa de respiración y de un mayor volumen de almacenamiento, son obtenidos con el manejo de flor de corte en estadio de botón.

Algunas flores como los claveles y crisantemos no logran completar su desarrollo estético (apertura floral completa) en agua después del periodo de almacenamiento, pero sin embargo, la apertura floral se logra fácilmente cuando son tratados con una solución "impulsora" y con preservativos florales (Nowack y Rudnicki, 1991).

2.4.2 Empaque y almacenamiento

Los dispositivos de empaque tales como cajas, estibas, rejas, etc., proporcionan protección a las flores de corte contra daños físicos, pérdida de agua y condiciones críticas externas durante la etapa de transporte. Para aquellas flores sensibles al moho gris *Botrytis* sp es recomendable la aspersión con fungicidas antes o inmediatamente después de la cosecha, en orden de prevenir el desarrollo de enfermedades durante el transporte. Para periodos largos de transporte de flor cortada lo mejor es utilizar cajas de cartón corrugado tipo telescopio, lo suficientemente fuertes como para soportar la estiba de por lo menos ocho cajas completamente llenas bajo condiciones de alta humedad. Las dimensiones normales de las cajas para flor de corte, para una disposición horizontal son: 51 cm. de ancho; 30 cm. de altura y una longitud variable de 102,122 o 132 cm. Estas medidas han sido establecidas en los Estados Unidos con la idea de optimizar las dimensiones de la caja de un trailer (Nowack y Rudnicki, 1991).

La libre circulación del aire dentro del contenedor del trailer es un aspecto de particular importancia que deberá ser tomado en cuenta. De esta manera se sugiere que las cajas para el empaque de flor deberán contar con orificios de ventilación en ambos extremos, abarcando como mínimo una superficie de ventilación igual al 4 ó 5 % del total del área de uno de los extremos de la caja. Las especies de flores tropicales susceptibles al daño por frío deberán ser transportadas en agua. Las flores con alta sensibilidad al doblamiento geotrópico (*v.gr.* gladiolas) deben ser transportadas en posición vertical; esto implica la utilización de cajas con diseño especial. El uso de depuradores de etileno a base de $KMnO_4$ en los empaques de flor es recomendable para especies florales (*v.gr.* orquídeas) altamente sensibles al etileno o para periodos largos de transporte. La mayoría de las flores se agrupan en conjuntos de 10, 12, ó 25 unidades. En caso de inflorescencias se agrupan por peso o tamaño. Se envuelven en hojas de plástico o papel o se atan con hilos de alambre, cuerdas o bandas elásticas. Las hojas de plástico y papel protegen a las flores del daño externo, las dividen en unidades para su comercialización y conservan la humedad de éstas (Nowack y Rudnicki, 1991).

Nowack y Rudnicki (1991) sostienen que los factores que mayor influencia tienen en la longitud del periodo de almacenamiento son:

- Estadio de desarrollo del botón floral
- Temperatura
- Humedad Relativa
- Luminosidad
- Etileno.

Estadio de desarrollo del botón floral. La longitud del periodo de almacenamiento de flor de corte desde la óptica del productor, depende de la tecnología de producción, la demanda del producto y el beneficio económico. La longitud de dicho periodo depende sobre todo de la habilidad para disminuir la tasa de respiración y con ello el metabolismo de la planta. Deficientes condiciones de almacenamiento originan un alza en la tasa de transpiración, incremento en la producción de etileno y otros gases, así como una mayor incidencia de enfermedades causadas por hongos. Adecuadas condiciones de almacenamiento generalmente retardan la ocurrencia de todos los aspectos anteriores. La reducción de la temperatura de almacenamiento a casi 0 °C y en algunos casos hasta por abajo de este valor, retarda la proliferación y ocurrencia de enfermedades y de los problemas asociados con el incremento en la tasa de transpiración. El pretratamiento de flor cortada como práctica previa al almacenamiento a bajas temperaturas y la aplicación de pesticidas químicos preventivos, más la inhibición de la producción y metabolismo de etileno promueven un mayor periodo de almacenamiento y una mejor calidad de las flores (Halevy y Mayak, 1981; Rudnicki *et al.*, 1982; citados por Rudnicki *et al.*, 1986).

Temperatura. Para la mayoría de las flores el rango óptimo de temperatura oscila entre -0.5 y 4.4 °C. Aunque la mayor longevidad de las flores es obtenida por el periodo más largo de tiempo, es conveniente que éstas estén cercano al punto de congelamiento de los tejidos, por ejemplo -1.1 y -2.2 °C. Para el caso particular de flores de claveles, crisantemos, narcisos, tulipanes y rosas, el rango óptimo de temperatura para almacenamiento es de 0 a 1 °C (Wright, 1973; citado por Rudnicki *et al.*, 1986).

Humedad relativa (H.R.). Uno de los factores críticos que determina las condiciones apropiadas de almacenamiento de flor cortada es la humedad relativa (H.R.). Bajos niveles de humedad relativa estimulan la transpiración y ocasionan un déficit de agua, especialmente en flores almacenadas en seco. La H.R. en los cuartos de almacenamiento debe ser cercana a 90-95% a menos de que las flores estén empacadas en cajas o bolsas de polietileno. Por otro lado, altos niveles de H.R. en los cuartos de almacenamiento frío o en contenedores de trailers pueden crear las condiciones propicias para el desarrollo de infecciones fúngicas, especialmente de *Botrytis cinerea* (Nichols, 1969; citado por Rudnicki et al., 1986). La creación de una atmósfera que contenga bajo nivel de oxígeno y alto nivel de CO₂ reduce la tasa de respiración y el proceso metabólico de las flores, previene al mismo tiempo la acción del etileno (Goszcynska y Rudnicki, 1983; citados por Rudnicki et al., 1986).

Luminosidad. La luminosidad no tiene efecto sobre el almacenamiento en la mayoría de las flores para corte. Algunas veces la luminosidad es utilizada sólo para detener o retrasar el amarillamiento del follaje en flores almacenadas (Rudnicki et al., 1986)

Etileno. El etileno es otro factor que puede originar un gran número de problemas o situaciones críticas durante el almacenamiento de flores y plantas verdes. Con la idea de prevenir los efectos del etileno en las flores durante el almacenamiento y de alargar el período de vida de florero de éstas, los pretratamientos con soluciones conservadoras para flor cortada son una práctica de uso común (Rudnicki et al., 1986). Los principales factores a considerar en la formulación o elaboración de una solución para pretratamiento de flor son: agua (específicamente, su calidad), pH (ácido), suministro de nutrientes y desinfectantes.

2.4.3 Transporte y distribución

Hasta hace relativamente poco la producción de flor para corte se realizaba en áreas cercanas al lugar de mercado, para los cuales el periodo de transporte era regularmente corto. Hoy día, la producción de flor de corte y plantas verdes es transportada y movilizada a muy largas distancias mediante el uso de aviones de carga, barcos mercantes, y trailers. El prolongar o alargar el periodo de transporte acelera el desarrollo y la senescencia de las flores después de la etapa de transporte, estimula además el amarillamiento de éstas durante su transportación, y promueve la proliferación de enfermedades por microorganismos y la pérdida de color de las flores. Debido a los efectos adversos que el transporte prolongado origina, la calidad de las flores destinadas a periodos largos de manejo y transporte deberá ser muy buena; esta misma condición ha de respetarse para las flores destinadas a un almacenamiento prolongado. Algunas especies de flores presentan cierta tolerancia a este tipo de situaciones, siempre que las condiciones sean adecuadas. Sin embargo, es recomendable tratar a éstas con una adecuada solución preservativa (Nowack y Rudnicki, 1991).

El preenfriamiento de las flores por parte de los cultivadores y transportadores al mayoreo, más el transporte refrigerado, ha mejorado en gran medida el movimiento de éstas en el sistema de comercialización. Sin el preenfriado, las flores generarán suficiente calor a través de la respiración que literalmente las "cocinará" durante el transporte. Aún las flores refrigeradas se calientan en los pocos minutos que se lleva empacarlas en cajas de cartón a temperatura ambiente; de manera que todas las cajas deberán ser preenfriadas antes de su transporte.

El preenfriamiento también hace posible empacar las flores directamente en el campo, retirar el calor de campo rápidamente y tener las flores listas para el mercado. Las cajas se deben preenfriar con aire a 0 °C y al menos una humedad relativa de 95 %. La velocidad del aire a través de las cajas deberá estar en el rango de 180-275 m/minuto. Las flores deberán ser empacadas de modo que el papel o material plástico entre las cajas o cerca de las cabezas de las flores no restrinjan el flujo de aire. Las flores densas, tales como los claveles, pueden requerir de 30 a 60 minutos para enfriarse totalmente (Besemer, 1975).

2.5 El Cuidado Postcosecha de Flor Cortada de Clavel

Los claveles deberán cortarse un poco antes del desenrollamiento de los pétalos y se podrán almacenar por espacio de 2-4 semanas a 0.5-2.2 °C en contenedores de atmósfera húmeda para mantener la frescura de éstos. La variedad "William Sim" o claveles rojos presenta cierta dificultad para su almacenamiento porque a 0 °C las flores muestran cierta decoloración. La variedad "White Sim" o claveles blancos puede ser almacenada fácilmente. Los contenedores para claveles no deberán ser completamente herméticos al paso o movimiento del aire y se optará preferiblemente por cubrirlos con papel aluminio. El papel periódico se deberá utilizar en su empaque para absorber con este, el exceso de humedad y evitar los daños a las flores. Después de colocar 400-600 flores por caja, de manera adecuada (esto es, no apretadas entre si), separadores de hule espuma serán insertados entre líneas para absorber los impactos y para prevenir la compactación. Después del almacenaje, los tallos deberán ser cortados y acondicionados a una temperatura de 37.8-43.3 °C en una solución preservativa por unas cuantas horas. La solución deberá contener azúcar, un bactericida (cloro o bien 8-sulfato de hidroxiquinoleína), pH de 4.0 o en su lugar quelatos, inhibidores de la abscisión. Se considera como una práctica ideal, previa al transporte de las flores un pretratamiento de refrigeración con bajas temperaturas (1.7-4.4 °C) en una solución preservativa por espacio de una noche (Kaicker, 1984).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del Experimento

El trabajo experimental se realizó en las instalaciones de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES-C) de la Universidad Nacional Autónoma de México. Se utilizaron para esto cámaras refrigerantes instaladas en los laboratorios de la carrera de Ingeniería en Alimentos. Asimismo, se empleó el laboratorio L-101 de la carrera de Ingeniería Agrícola.

3.1.1 Cámara refrigerante

La utilización para este trabajo, de la cámara de refrigeración fue con el propósito de simular las condiciones medio ambientales del transporte en seco de las flores de clavel. Dentro de las cámaras la temperatura promedio a que fueron dispuestas las flores fue de 6 °C; asimismo, la humedad relativa (H.R.) del interior de la cámara que fue de 96 %. Ambos factores físicos corresponden de manera práctica a las condiciones más comunes de transporte y almacenamiento de flor para corte (Nowack y Rudnicki, 1991).

3.1.2 Laboratorios

Para la evaluación de la etapa de vida de florero, las flores fueron colocadas bajo un ambiente y manejo normal al interior de los laboratorios (Figura 3). Se pretendía con esto obtener observaciones y resultados reales, cercanos a las condiciones de manejo y cuidado que el consumidor final proporciona a las flores.

3.2 Material Vegetal

Se utilizaron 1125 ejemplares de flor cortada de clavel de cinco variedades diferentes ("Palas Landorga", "Palas Orange", "Vanessa", "Hellás" y "Carbacio"), producida bajo condiciones de invernadero, con el propósito de disponer de material homogéneo de buena calidad y libre de plagas y enfermedades. Se emplearon diversos tipos de flores de clavel pretendiendo con esto un mayor acercamiento a las condiciones reales del empaque de las flores. Las flores después de ser cortadas en los invernaderos se mantuvieron en agua de grifo sin aplicación de algún producto preservativo. El material fue transportado hasta el lugar de estudio y evaluación en donde las flores fueron agrupadas en ramos o conjuntos para su tratamiento respectivo (Figura 4).

Figura 3.
Trabajo en laboratorio

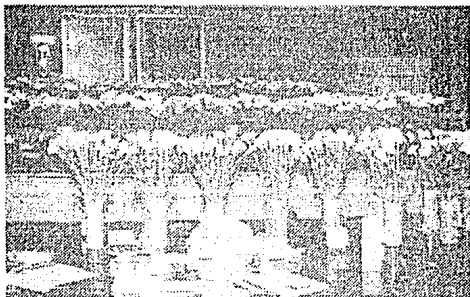
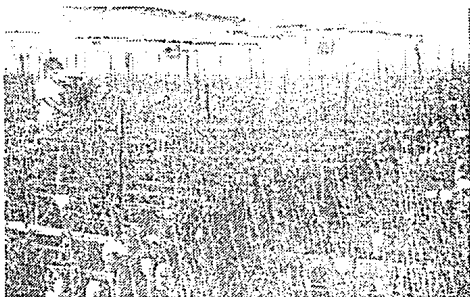


Figura 4.
Material vegetal utilizado



3.2.1 Selección

Aún cuando en el momento del corte o cosecha de las flores se procedió a seleccionarlas, el material vegetal presentaba diferentes etapas de desarrollo respecto a la apertura de la corona floral. Con la idea de contrarrestar o minimizar el efecto de esta variable se integraron conjuntos o ramos florales de 25 unidades cada uno que incluyeron flores de los diferentes estadios para cada tratamiento. Predominaron en cada conjunto floral los ejemplares en estadio de "botón" y "escobeta" (Figura 5).

3.2.2 Tratamientos y/o productos utilizados

Cada uno de los productos químicos evaluados fue considerado como un tratamiento. De esta forma se establecieron cuatro tratamientos (Figura 6). Los productos utilizados fueron: "Gapol", "Activol" y "Ethysorb". Asimismo, se empleó permanganato de potasio (KMnO_4) en forma pura. Las características de estas sustancias son:

"Gapol" (Gapol Plus: 0.59 % de Molibdato; 0.31 % de Cobalto; 0.16 % de Boro; 0.0012% de ácido Indolacético (AIA); 0.0012% de ácido Naftalenacético; y 0.0003% de ácido Cítrico). Este producto fue utilizado como fuente exógena de auxinas sintéticas. La formulación comercial es una solución líquida; se utilizaron 18.75 ml de "Gapol" disueltos en cinco litros de agua (dosis única recomendada por el fabricante o laboratorio).

Figura 5.
Estadios seleccionados.

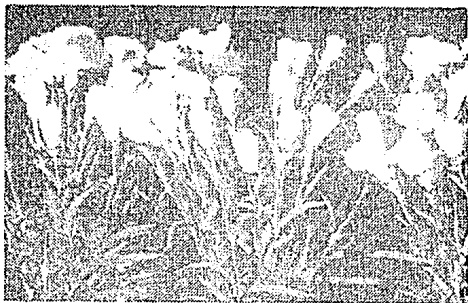
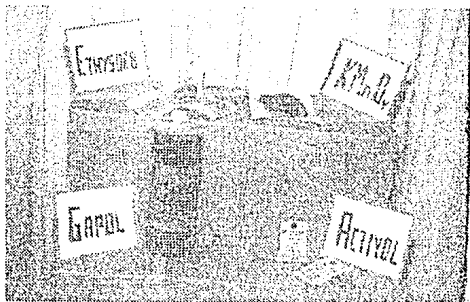


Figura 6.
Productos utilizados.



"Activol" (10% de Acido Giberélico y 90% de material inerte). Este producto fue utilizado como fuente de giberelinas (ácido giberélico (AG_3)). La presentación comercial es en polvo, dispuesto en sobres de 10 gramos. Se utilizaron 16.6 ppm de AG_3 .

La aplicación de los productos Gapol y Activol fue en forma asperjada sobre las flores y por inmersión de los tallos durante 30 minutos. De ambas sustancias se prepararon soluciones patrón.

"Ethysorb" (Permanganato de Potasio y material adherente inerte). Este producto, cuya presentación comercial son sobres con contenido de 5 gramos de permanganato de potasio es utilizado ampliamente como absorbente de etileno. Asimismo se utilizó $KMnO_4$ en forma pura. De este último compuesto se utilizaron 5 gramos por cada conjunto o ramo de flores, predispuerto en las cajas de empaque (cartón corrugado).

3.3 Empaque

Para el empaque de la flor cortada de clavel se procedió a adecuar las condiciones de éste en base a las situaciones reales a las que son sometidas las flores durante el transporte bajo refrigeración.

3.3.1 Diseño de cajas

Las cajas de cartón corrugado utilizadas para el simulacro de transporte de las flores, fueron diseñadas considerando el tamaño y forma física de un ramo o conjunto con 25 unidades florales. Las dimensiones de una de las cajas, para una disposición o colocación horizontal fue de 20 cm de ancho; 15 cm de altura y una longitud de 50 cm.

3.3.2 Transporte bajo refrigeración

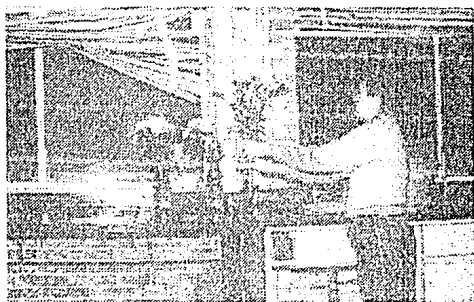
El transporte de las flores bajo condiciones de refrigeración en atmósfera seca fue simulada al introducir y colocar en la cámara de enfriamiento las cajas de cartón con éstas. Al interior de las cajas se colocaron los sobres del "Ethysorb" y KMnO_4 o absorbente del Etileno. En la Figura 7 se muestra el arreglo y disposición dentro de la cámara de enfriamiento del material vegetal.

Las flores contenidas en las cajas de cartón y dispuestas en el interior de la cámara de enfriamiento se mantuvieron bajo condiciones de control de temperatura y humedad relativa durante tres periodos diferentes de tiempo (3, 6 y 9 días). Al término de cada periodo se tomaron las muestras respectivas para su observación y evaluación en la fase de vida de florero.

Figura 7.
Simulacro de transporte
bajo refrigeración.



Figura 8.
Mantenimiento de las flores



3.4 Vida de Florero

Durante esta etapa del trabajo experimental se observó y evaluó el comportamiento de la pérdida gradual de la belleza estética de las corolas florales de clavel, en relación a los diferentes tratamientos físicos (simulacro de transporte bajo refrigeración) y químicos (aplicación de productos) a que fueron sometidas.

3.4.1 Mantenimiento de la flor

Para el mantenimiento o cuidado de las flores, estas fueron colocadas en recipientes o floreros. El cambio de agua se realizó cada tercer día, así como la eliminación de la porción basal del tallo para favorecer la absorción de agua y evitar el taponamiento y/o descomposición de éste (Figura 8). En general la longitud del período de vida de florero, para la mayor parte de las especies florales, esta directamente relacionado con el grado o nivel de mantenimiento que se les proporcione a las flores durante su estancia en el recipiente.

3.4.2 Parámetros para determinar la vida útil de la flor

Para la determinación de la vida útil de la flor o vida de florero se utilizaron los esquemas del desarrollo floral descritos por Casp *et al.*, (1980) y citados por Salunkhe *et al.*, 1990. Casp y colaboradores han determinado que el desarrollo de la flor describe siete etapas o estadios, cada uno de los cuales presenta diferencias morfológicas o de apariencia externa marcadamente visibles. En base a estos criterios el desarrollo de la flor se inicia a partir del botón floral. En la Figura 9 se presenta el esquema propuesto por estos investigadores para el desarrollo floral.

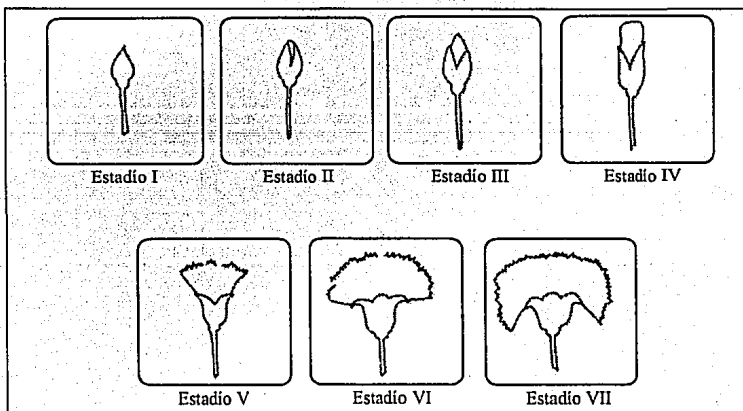


Figura 9. Estadios del desarrollo floral para flor cortada de clavel (*Dianthus caryophyllus*, L.)

3.5 Diseño Experimental

El análisis estadístico de los datos experimentales se llevó a cabo considerando el arreglo de tratamientos bajo un diseño factorial $3 \times 5 \times 5$, en donde se consideraron:

Período de transporte (Factor "F")

(3 niveles) F1 = 3 días

F2 = 6 días

F3 = 9 días

Productos químicos (Factor "Q")

(5 niveles) Q1 = Testigo

Q2 = Gapol

Q3 = Activol

Q4 = Ethsorb

Q5 = KMnO_4

Período de vida de florero (Factor "T")

(5 niveles) T1 = 6 días

T2 = 9 días

T3 = 12 días

T4 = 15 días

T5 = 17 días

La distribución de los 75 tratamientos fue bajo un diseño experimental completamente al azar con 3 repeticiones, (Figura 10). El valor de "n" (número de observaciones), fue de 225 unidades experimentales. En el Cuadro 1 se observa el ANDEVA del modelo estadístico utilizado en el presente estudio:

| Tratamientos (t) | Factores (F Q T) |
|------------------|------------------|
| 1 | FIQ1T1 |
| 2 | FIQ1T2 |
| 3 | FIQ1T3 |
| 4 | FIQ1T4 |
| 5 | FIQ1T5 |
| 6 | FIQ2T1 |
| . | . |
| . | . |
| . | . |
| 75 | F3Q5T6 |

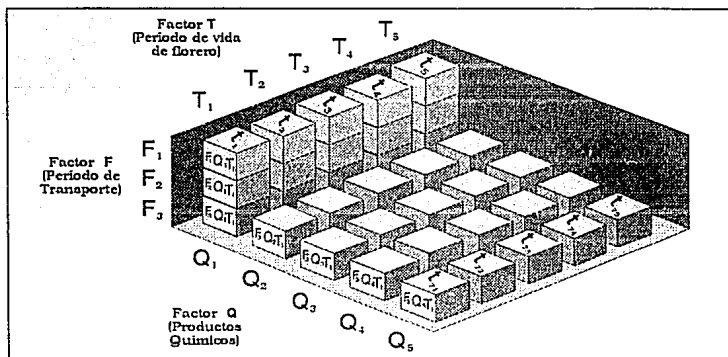


Figura 10. Diseño factorial 3 x 5 x 5 con arreglo de los tratamientos en forma completamente al azar

| CUADRO 1. ANALISIS DE VARIANZA (ANDEVA) DEL MODELO ESTADISTICO UTILIZADO PARA EL ESTUDIO DE FLOR CORTADA DE CLAVEL (<i>Dianthus caryophyllus</i>) | | | | | |
|--|--------------------|-------------------|---------------------------|-------------|-------------------------------|
| FUENTES DE VARIACION | GRADOS DE LIBERTAD | SUMA DE CUADRADOS | VARIANZA O CUADRADO MEDIO | F CALCULADA | PROBABILIDAD DE SIGNIFICANCIA |
| MODELO ESTADISTICO | 76 | 150525.1678 | 1981.9101 | 25.70 | 0.0001 |
| ERROR | 148 | 11413.2713 | 77.1167 | | |
| TOTAL | 224 | 162038.4390 | | | |
| Coeficiente de variación: 17.1124 % | | | | | |

En este tipo de diseño de tratamientos se prueban todas las combinaciones posibles de todos los factores a todos sus niveles. De igual forma se intenta saber si existe interacción entre los efectos sobre la variable que se está midiendo, o bien si actúan independientemente, llegando a conocer la magnitud de la interacción, (Steel y Torrie, 1986). En la Cuadro 2 se presenta la clasificación y niveles de la información para el análisis de varianza utilizados en el estudio realizado.

La unidad experimental (Figura 11) fue hecha en base al agrupamiento "tipo redondo" de 25 tallos florales que Besemer (1975) establece para el empaque y manejo de flor cortada de clavel.

| CUADRO 2. CLASIFICACIÓN Y NIVELES DE LA INFORMACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA EN EL ESTUDIO DE FLOR CORTADA DE CLAVEL (<i>Dianthus caryophyllus</i> , L.) | | |
|---|---------|--|
| CLASIFICACIÓN | NIVELES | VALORES |
| REPETICIONES | 3 | 1, 2, 3 |
| PERÍODO DE TRANSPORTE (FACTOR "F") | 3 | 3 DÍAS 6 DÍAS 9 DÍAS |
| PRODUCTOS QUÍMICOS* (FACTOR "Q") | 5 | TESTIGO GAPOL ACTIVOL ETHYSORB KMnO ₄ |
| PERÍODO DE "VIDA DE FLORERO" (FACTOR "T") | 5 | 6 DÍAS 9 DÍAS 12 DÍAS 15 DÍAS 17 DÍAS |
| *Utilizados bajo dosis únicas Número de observaciones: 225 | | |

3.5.1 Comparación de medias

La prueba de comparación de medias se lleva a cabo cuando en el análisis de varianza (ANDEVA) se obtiene un valor de F significativo. La utilización de este estadístico nos permite conocer cuáles de las medias de los tratamientos son significativamente diferentes. La prueba de Tukey o prueba de diferencia mínima significativa honesta, es un estadístico de comparación de medias bastante estricto que considera la probabilidad de que cualquier diferencia de medias haya sido declarada falsamente significativa en el nivel de alfa fijado (Steel y Torrie, 1986).

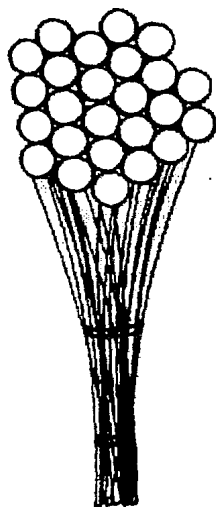


Figura 11 Agrupamiento "tipo redondo" de flor cortada de clavel (Besemer, 1975)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Período de Transporte en Seco bajo Refrigeración

El almacenamiento y transporte bajo refrigeración de flor cortada es una área de reciente investigación y práctica tecnológica cuando se compara con el almacenaje y preservación de otros productos hortícolas tales como frutas y verduras (Rudnicki, *et al.*, 1986).

Con respecto a los tres diferentes períodos (3, 6, y 9 días) de transporte en seco bajo refrigeración a que fueron sometidas las unidades experimentales (ramos o conjuntos de 25 flores de clavel), el análisis de varianza presenta una diferencia altamente significativa ($n=225$; $\alpha=0.05$) entre los tres períodos (Cuadro 3) considerados como fuentes de variación. La prueba de significancia de las diferencias entre medias para los tres períodos de transporte (Tukey . $\alpha = 0.05$) permite apreciar diferencia significativa entre el período correspondiente a tres días de transporte (simulado con el uso de cámaras refrigerantes; temperatura de 6 °C y 90-95 % de humedad relativa) y los dos períodos restantes (6 y 9 días) (Cuadro 4).

CUADRO 3. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANDEVA) DE LAS FUENTES DE VARIACIÓN PARA FLOR CORTADA DE CLAVEL (*Dianthus caryophyllus*, L.)

| FUENTES DE VARIACIÓN | GRADOS DE LIBERTAD | SUMA DE CUADRADOS | VARIANZA O CUADRADO MEDIO | F CALCULADA | PROBABILIDAD DE SIGNIFICANCIA |
|----------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|-------------|-------------------------------|
| REPETICIONES | 2 | 26.3622 | 13.1811 | 0.17 | 0.8431 |
| FACTOR "F" | 2 | 20803.1678 | 10401.5839 | 134.88 | 0.0001** |
| FACTOR "Q" | 4 | 2287.7616 | 571.9415 | 7.42 | 0.0001** |
| F*Q | 8 | 714.4293 | 89.3037 | 1.16 | 0.3285 N.S. |
| FACTOR "T" | 4 | 115535.5330 | 28883.8853 | 374.55 | 0.0001** |
| F*T | 8 | 7801.7251 | 975.2156 | 12.65 | 0.0001** |
| Q*T | 16 | 2084.8725 | 130.3045 | 1.69 | 0.0543 N.S. |
| F*Q*T | 32 | 1371.3117 | 42.8535 | 0.56 | 0.9733 N.S. |

Factor "F": Período de Transporte Bajo Refrigeración en Seco (días)
 Factor "Q": Productos Químicos
 Factor "T": Período de "Vida de Florero" (días)
 ** Valor Estadístico Altamente Significativo
 N.S. Valor Estadístico No Significativo

Entre estos dos últimos periodos (6 y 9 días), la prueba de Tukey indica la no existencia de alguna diferencia significativa, en otras palabras; la respuesta es estadísticamente similar en base a que dicha prueba considera que las medias agrupadas con la misma letra no son significativamente diferentes. Estos resultados coinciden con lo reportado por Nowack y Rudnicki (1991) al señalar que periodos de transporte y/o almacenamiento bajo refrigeración prolongados tienen marcada influencia en el inicio, promoción y desarrollo de la senescencia floral porque promueven el marchitamiento o daño del producto por una mayor exposición al etileno y la incidencia de enfermedades fungosas (*v.gr.*, *Botrytis* spp).

CUADRO 4. PRUEBA DE TUKEY (ALFA=0.05) Y VALOR PROMEDIO DE LAS FUENTES DE VARIACIÓN PARA FLOR CORTADA DE CLAVEL (*Dianthus caryophyllus*, L.)

| FUENTES DE VARIACIÓN | NIVEL | TUKEY* | MEDIA |
|---|-------------------|--------|--------|
| PERÍODO DE TRANSPORTE (FACTOR "F") | 3 DÍAS | A | 64.877 |
| | 6 DÍAS | B | 45.427 |
| | 9 DÍAS | B | 43.648 |
| PRODUCTOS QUÍMICOS (FACTOR "Q") | ACTIVOL | A | 56.043 |
| | ETHYSORB | AB | 53.678 |
| | KMnO ₄ | BC | 50.504 |
| | TESTIGO | BC | 49.318 |
| | GAPOL | C | 47.042 |
| PERÍODO DE "VIDA DE FLORERO" (FACTOR "T") | 6 DÍAS | A | 84.184 |
| | 9 DÍAS | B | 67.803 |
| | 12 DÍAS | C | 49.850 |
| | 15 DÍAS | D | 30.771 |
| | 17 DÍAS | E | 22.981 |

* Las Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.
 Alpha: 0.05
 G.L. error: 148
 C.M. error: 77.1167

Rudnicki y colaboradores (1986) concluyeron que para periodos largos de almacenamiento, las flores cortadas pueden ser almacenadas en "seco", esto es sin agua, empacadas de manera compacta en cajas y cilindros de cartón o bien en bolsas o sacos de polietileno para prevenir la pérdida de humedad. Para periodos cortos de almacenaje (1 a 4 semanas), estos investigadores recomiendan que las flores pueden ser almacenadas en "húmedo" esto es en agua o en una solución preservativa.

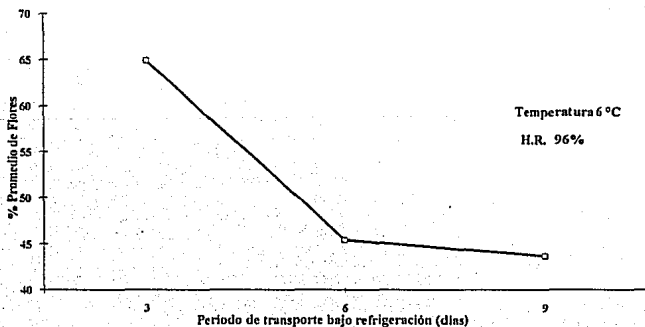
Estos procedimientos están basados principalmente en la consideración de que los procesos fisiológicos tales como transpiración, actividad respiratoria, y producción de etileno por las flores se mantienen en continua actividad durante el almacenamiento.

En términos de las condiciones de almacenaje y transporte, la longitud del período de ambos aspectos depende principalmente de la habilidad técnica para disminuir la tasa de respiración y con ella el metabolismo de la planta. Como resultado de esta práctica, la transpiración, producción de etileno y otros gases; así como las infecciones por hongos son favorablemente reducidas (Rudnicki *et al.*, 1986). Esto se logra primeramente por medio de la disminución de la temperatura de almacenamiento cercana a cero grados centígrados (Lutz y Hardenburg, 1986), y en algunas ocasiones incluso por abajo de dicha temperatura (Post y Fisher, 1952). Adicionalmente, atmósferas controladas o condiciones hipobáricas o de vacío parcial pueden ser aplicadas (Dilley *et al.*, 1975).

La diferencia observada entre los tres períodos de transporte en seco bajo refrigeración podría ser atribuida al hecho de que la longitud o extensión de éstos depende en concreto de la utilización de técnicas (por ejemplo, atmósferas controladas) y compuestos químicos capaces de bloquear o inhibir la producción, metabolismo y acción del etileno, considerado y reconocido desde hace mucho tiempo como un factor crítico para la conservación de productos hortícolas incluida la producción de flor para corte (Woltering y Sterling, 1986). Para este trabajo, el período correspondiente a 72 horas (3 días) de transporte en seco bajo refrigeración resultó ser superior (aproximadamente 65 % en promedio del total de flores en vida de florero) a los dos períodos restantes (6 y 9 días).

El comportamiento gráfico del valor porcentual promedio de flores de clavel en vida de florero para los tres diferentes períodos de transporte en seco bajo refrigeración al que fueron sometidos los tratamientos se presenta en la Figura 12.

Figura 12. Porcentaje promedio de flores en vida de florero bajo diferentes períodos de transporte



4.2 Productos Químicos

Cada uno de los miembros de los cinco grupos de hormonas vegetales que existen (auxinas, giberelinas, citocininas, etileno y ácido abscísico) han sido implicados en la regulación de la senescencia floral (Mayak y Halevy, 1982). El Cuadro 3 presenta los resultados del análisis de varianza (ANDEVA) de los cuatro productos químicos utilizados incluyendo el tratamiento testigo o control. El ANDEVA reporta una diferencia altamente significativa entre los productos evaluados.

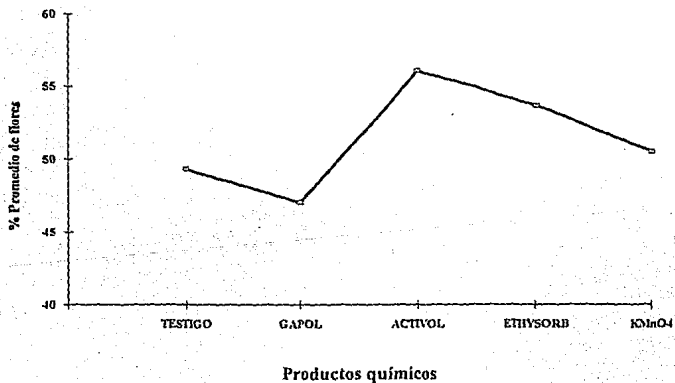
La prueba de comparación entre medias o prueba de Tukey para los productos químicos permite corroborar la existencia de una diferencia significativa entre dichos productos (Cuadro 4). Sin embargo, al comparar los valores del producto utilizado como fuente exógena de ácido giberélico ("Activol") contra el obtenido para el "Ethysorb" (Permanganato de Potasio), utilizado como absorbente del etileno, la prueba muestra que no existió diferencia significativa entre estos productos, lo que indica que el comportamiento respecto al porcentaje promedio de flor viva se considera similar. Aún cuando la respuesta del "Activol" (Acido Giberélico al 10%), con respecto al resto de los productos utilizados e incluso considerando al tratamiento testigo, deja ver una diferencia significativa, el involucramiento de las giberelinas en el control de la senescencia floral no esta completamente claro. Jeffcoat y Harris (1972) han demostrado que las giberelinas extraídas de flores de clavel juegan un importante papel en el control del crecimiento de los pétalos.

Garrod y Harris (1978) realizaron trabajos en pétalos aislados de clavel y su consecuente retraso en la senescencia de los mismos. Sin embargo, el tratamiento de la flor completa con AG_3 tuvo poco o ningún efecto en la longevidad de ésta, aún cuando fue observado algún alargamiento de los pétalos (Nichols, 1968).

Adicionalmente, los resultados obtenidos con el uso comparativo del "Ethysorb" (formulación comercial de $KMnO_4$) y del $KMnO_4$ (producto puro) utilizados como removedores o absorbentes del etileno no reportan una diferencia significativa respecto al empleo de uno u otro producto, incluso cuando son comparados con el tratamiento testigo (Cuadro 4). Aún cuando se ha reconocido que la reducción de los niveles de etileno en atmósferas controladas puede realizarse con el uso de desactivadores de éste, existen casos donde el empleo de estos compuestos no se justifica sea por el carácter corrosivo del material o su elevado precio (Forsyth *et al.*, 1967). La utilización de permanganato de potasio ($KMnO_4$) ha sido reportada como útil (Scott *et al.*, 1970); sin embargo, y en base a los resultados obtenidos en el presente trabajo pareciera ser que es necesario utilizar una cantidad mayor de absorbente para contrarrestar la continua producción de etileno por todo el material vegetativo durante su almacenamiento, aún cuando se tiene control de la temperatura. Esta observación está apoyada con el trabajo que Sandoja y colaboradores (1987) realizaron en diferentes estadios de madurez de tomate y donde el $KMnO_4$ probó ser el mejor compuesto para prolongar la vida de anaquel de estos frutos. Concluyeron estos investigadores que el $KMnO_4$ disminuyó la pérdida en peso y la pérdida porcentual durante el almacenamiento de los frutos; asimismo, mantuvo los niveles de numerosos parámetros de calidad tales como el contenido total de sólidos, acidez y el contenido de ácido cítrico de los frutos.

La razón por la cual el KMnO_4 incrementa la vida de anaquel de los productos hortofrutícolas se basa en la absorción oxidativa del etileno liberado y con esto el retraso de numerosos procesos fisiológicos (Scott *et al.*, 1970). Es generalmente aceptado, que los compuestos químicos utilizados como absorbentes o removedores de gases en atmósferas controladas proporcionan niveles bajos de oxígeno y/o etileno, promoviendo con ello un nivel alto de CO_2 el cual disminuirá las tasas de respiración y producción de etileno que inciden primeramente en el deterioro del tejido vegetal y posteriormente en el comienzo de los procesos fisiológicos de la senescencia (Mayak y Halevy, 1982). La representación gráfica del porcentaje promedio de flor cortada en vida de florero como respuesta a la utilización de los cuatro productos químicos utilizados para promover la elongación del periodo de vida de anaquel o florero se muestra en la Figura 13.

Figura 13. Porcentaje promedio de flores en vida de florero en base a la utilización de cuatro diferentes productos.

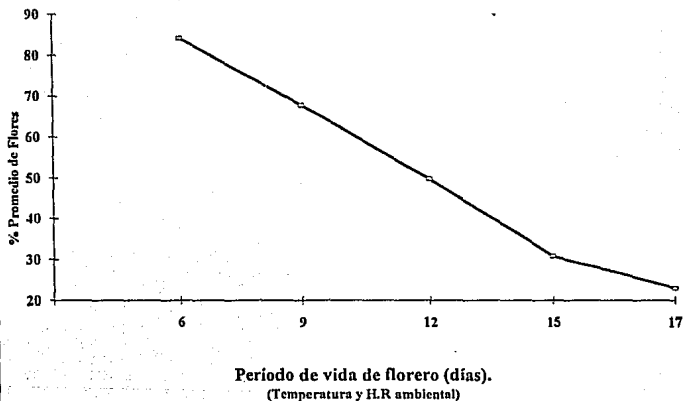


4.3 Período de Vida de Florero

Respecto a la duración del período de vida de florero considerado como otro factor de análisis, el ANDEVA (Cuadro 3) reporta una diferencia altamente significativa entre los cinco diferentes períodos de vida de anaquel (6, 9, 12, 15, y 17 días). Esta respuesta fue tal como se esperaba en base a que el porcentaje de flores vivas (flores estéticamente aceptadas como de florero) tendría una disminución gradual a medida que se incrementara el número de días. Estos resultados son corroborados por la prueba de comparación de medias (Cuadro 4), en donde se reporta una diferencia significativa general entre y para todos los períodos evaluados. La prueba de Tukey muestra esta diferencia asignando una letra diferente a cada período. En la Figura 14 se observa en forma gráfica la variación de los valores porcentuales promedio de las flores entre los diferentes períodos de vida de florero.

Estos resultados apoyan las observaciones hechas por Suttle y Kende (1980), en relación a que el fenómeno de senescencia es un proceso que involucra una serie de eventos bioquímicos y fisiológicos que finalizan en el deterioro y muerte del órgano o tejido de la planta, situación que se favorece cuando la flor es removida o cortada de la planta madre. De esta manera la vida en recipiente o florero de muchas especies de flor para corte se caracteriza por el prematuro y rápido marchitamiento, aún cuando se hayan mantenido en agua (McGleason, 1970; citado por Halevy y Mayak, 1982).

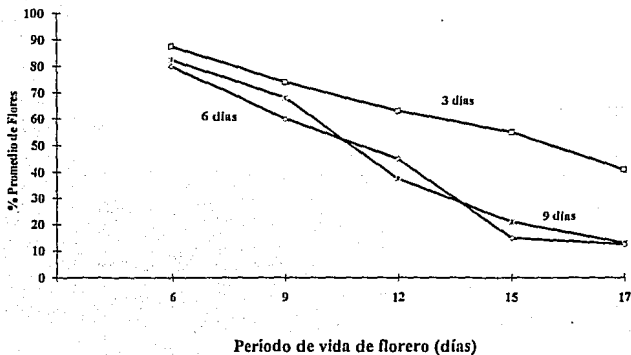
Figura 14. Porcentaje promedio de flores en vida de florero en base a diferentes períodos de tiempo



Para un mejor análisis del Factor "T" (Período de Vida de Florero) es necesario considerar el valor altamente significativo que reporta el ANDEVA (Cuadro 3) para la interacción entre el factor "F" (Período de Transporte) y el Factor "T": interacción $F \times T$. En la Figura 15 puede verse en forma gráfica el comportamiento de la interacción entre los tres niveles de transporte (3, 6, y 9 días) y los cinco niveles del período de vida de florero (6, 9, 12, 15, y 17 días); factores "F" y "T" respectivamente.

En general para todos los niveles del factor "F" y los cinco niveles del factor "T" se aprecia que a medida que el periodo de vida de florero (número de días) se incrementa, el porcentaje promedio de flores en vida de florero disminuye. Siendo este comportamiento distinto en función del número de días de transporte.

Figura 15. Porcentaje promedio de flores en vida de florero en base a tres diferentes niveles de transporte (3,6 y 9 días) y cinco periodos de vida de florero



Este comportamiento confirma lo establecido por Suttle y Kende (1980), de que la senescencia floral es un proceso degenerativo irreversible de los órganos y tejidos que finaliza en la muerte de los mismos.

Los resultados de la interacción entre el período de transporte bajo refrigeración (Factor "F") y el período de vida de florero (Factor "T") dejan ver diferencias significativas respecto a los tres niveles (3, 6, y 9 días) observados del período de transporte bajo refrigeración, el período correspondiente a 3 días de transporte presentó los valores porcentuales promedios de flor en vida de florero más altos para todos los períodos (6, 9, 12, 15, y 17 días) en comparación con los dos niveles restantes (6 y 9 días).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En términos generales los objetivos planteados en el presente trabajo se cumplieron. Se comprobó experimentalmente que la utilización de productos a base de reguladores de crecimiento vegetal (Auxinas y Giberelinas) y de inhibidores del etileno (KMnO_4) durante el transporte en seco de flor cortada de clavel juegan un papel importante en el alargamiento de la longevidad floral.

Asimismo, puede argüirse que los objetivos específicos planteados para este trabajo se cumplieron, por lo que la información generada permite concluir lo siguiente:

a). De los cuatro productos químicos evaluados ("Gapol", "Activol", "Ethysorb" y KMnO_4) en el simulacro de transporte en seco bajo refrigeración, la formulación comercial a base de ácido giberélico (AGs) conocida como "Activol" permite disponer del mayor periodo de vida de florero para flor cortada de clavel, siempre que sea utilizado como solución y bajo la dosis única recomendada por el fabricante. Por otra parte el producto comercial a base de permanganato de potasio (KMnO_4) conocido como "Ethysorb" y utilizado como absorbente del etileno también permite disponer de un adecuado periodo de vida de florero. Sin embargo, el uso de este producto esta determinado por la cantidad de material vegetativo al que se pretende controlar el nivel de producción de etileno.

b). Los resultados obtenidos permiten concluir que el mejor de los tres periodos (3, 6, y 9 días) de transporte en seco bajo refrigeración simulados de flor cortada, resultó ser el de 72 horas (3 días).

5.2 Recomendaciones

En base a los resultados obtenidos en este trabajo se consideró poco conveniente proporcionar una recomendación definitiva del uso práctico de cualesquiera de los factores de análisis (Transporte en seco bajo refrigeración, Productos químicos y Período de vida de florero), en base a que éstos deben ser evaluados primeramente de manera aislada o individual a diferentes niveles, con la idea de discriminar o seleccionar niveles de respuesta óptima. Posteriormente, se recomendaría la interacción de dos o más factores a niveles previamente seleccionados. Sin embargo, y en base a que dos de los productos utilizados ("Activol" y "Ethysorb") en este trabajo mostraron un incremento en el alargamiento del período de vida de florero de clavel (*Dianthus caryophyllus*, L.) se puede considerar como conveniente el uso del "Activol" (AG₃ al 10 %) como pretratamiento (inmersión de los tallos durante 30 minutos) previo al transporte en seco bajo refrigeración de flor cortada de clavel; esta práctica podría originar un doble beneficio a los productores:

- 1). Incrementar la cantidad de material (flor cortada) transportado, eliminando la técnica del transporte en "húmedo".
- 2). Reducir costos por efecto de pérdidas durante el manejo de transporte "húmedo" (flores contenidas en recipientes con agua).

Por otra parte, la recomendación para el uso del "Ethysorb" no se justifica durante períodos cortos de transporte, en base a que la producción de etileno del material vegetativo no logra tener efectos negativos. Finalmente, se recomienda el desarrollo de proyectos multidisciplinarios de investigación en el área de fisiología de postcosecha de flor cortada con el fin de dar seguimiento y continuidad a los trabajos dentro de esta área.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- BEN-ARIE, R., BAZAK, H. AND BLUMENFELD A. (1986). Gibberellin Delays Harvest and Prolongs Storage Life of Persimmon Fruits. *Acta Hortic.* 179: 807-813.
- BESEMER, S.T.(1975). Carnation Culture in San Diego Country. Cooperative Ext., Univ. of California. C.P.195, 1-13.
- BEYER, E.M. (1976 a). A Potent Inhibitor of Ethylene Action in Plants. *Plant Physiol.* 58:268-271.
- BUFFLER, G. (1986). Ethylene Biosynthesis and Action. *Acta Horticulturae.*181:93-98
- CONAFRUT, SARH., (1986). Apuntes de horticultura ornamental. Programa de educación continua. CONAFRUT, Méx., D.F., Palo Alto.
- DÉVORÉ, G. Y E. MUÑOZ. (1977). Química orgánica. Séptima reimpresión, Publicaciones Cultural., México. pag. 171-216.
- DILLEY, D. R., W. J. CARPENTER AND S. P. BURG. (1975). Principles and Application of Hypobaric Storage of Cut Flowers. *Acta Hort.* 41: 268-294.
- FOMEC., (1987). Fondo de Fomento Económico, Gobierno del Estado de México.
- FORSYTH, F. R., C. A. EAVES, AND C. L. LOCKHART. (1967). Controlling Ethylene Levels in the Atmosphere of Small Containers of Apples. *Can. J. Plant Sci.* 47:717-718.
- GARROD, J. F. AND HARRIS, G.P. (1978). Effects of Gibberellic Acid on Senescence of Isolated Petals of Carnations., *An. Appl. Biol.*, 88,309.
- GOODWIN, T.W. AND MERCER, I.E. (1983). Introduction to Plant Biochemistry, 2nd. Ed. Pergamon Press. Ltd. Oxford, N.Y., Toronto, Sidney, Paris, Frankfurt. pp. 567-672.
- GRENN, P.B. (1976). Growth and Cell Pattern Formation on Axis: Critique of Concepts, Terminology and Modes of Study. *Bot. Gaz.* 137: 187-202.

- HALABA, J. AND R.M. RUDNICKI. (1986). The Role of Enzymes During Senescence of Cut Flowers. *Acta Horticulturae* 181:65-74.
- HALEVY, A.H. AND MAYAK, S. (1979). Senescence and Post Harvest Physiology of Cut Flowers, Part 1, *Horticultural Reviews* 1:204-236.
- HALEVY, A.H. AND MAYAK, S. (1982). Senescence and Post Harvest Physiology of Cut Flowers, Part 2, *Horticultural Reviews* 3:59-143.
- HALEVY, A.H. AND A.M. KOFRANEK. (1977). Silver Treatment of Carnation Flowers for Reducing Ethylene Damage and Extending Longevity. *J. Armer. Soc.Hort. Sci.* 102:76-77.
- HILL, A.T. (1984). Hormonas Reguladoras del Crecimiento Vegetal. Cuadernos de Biología, Ed. Omega, 74 p.
- JEFFCOT, B. AND HARRIS, G.P. (1972). Hormonal Regulation fo The Distribution of 14C-Labelled Assimilates in The Flowering Shoot of Carnatio., *Ann. Bot.* 36, 356.
- KAICKER, U.S. (1984). Pre-and Post Harvest Handling and Marketing of Cut Flowers. *Indian Horticulture* V.29(2):47-51.
- KOFRANEK, A.M. AND J.L. PAUL. (1974). The Value of Impregnating Cut Stems with High Concentrations of Silver Nitrate. *Acta Hort.* 41:199-206.
- LARSON, R.A. (1988). Introducción a la Floricultura. Ira. Ed. español. A.G.T. Editor, S.A. México, D:F:
- LIEBERMAN, M., S. ASEN, AND L. MAPSON. (1964). Ethylene Oxide Anantagonist of Ethylene in Metabolism. *Nature* 204:756-758.
- LIV, F. W. (1970). Storage of Bananas in Polyethylene Bags with an Ethylene Absorbent. *Hort Science* 5:25-27.
- LUTZ, J.M. AND R.E. HARDEMBURG. (1986). The Commercial Storage of Fruits, Vegetables and Florist and Nursery Stocks. *Agr. Handbook.* 66:55-67, USDA.

- MAYAK, S. AND KOFRANEK, A.M. (1976). Altering the Sensitivity of Carnation Flowers (*Dianthus caryophyllus*, L.) to Ethylene. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 101:503
- McGLASSON, W. B., WADE N. L., AND ADATO I., (1978). Phytohormones and Fruit Ripening. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 101: 77-81
- NICHOLS, R. AND K. MANNING. (1986). Growth Substances and Postharvest Flowers Senescence. Acta Horticulturae 181:161-167.
- NICHOLS, R. (1968). The Response of Carnations (*Dianthus caryophyllus*) to Ethylene. J. Hortic. Sci., 43,335.
- NOWAK, J. AND R.M. RUDNICKI. (1990). Post harvest Handling and Storage of Cut Flowers, Florist Greens, and Potted Plants. Portland, Oregon. U.S.A. Timber Press, 210 p.
- PARUPS, E.V. (1969). Prolonging the Life of Cut Flowers Mercuric Perchlorate Absorbents Found to Prevent Injury to Flowers. Can. Agr. 14:(4):18-19.
- PISKORNIK, L. (1993). The Longevity and Water Relations of Cut Poppy Anemone Flowers. (*Anemone coronaria*). Ser. B., 8:191-198. Skierniewice, Poland.
- POST, K. AND C. W. FISHER. (1952). Commercial Storage of Cut Flowers. Cornell. Ext. Bull. 853
- RAYLE, D.L. AND CLELAND, R.E. (1970). Enhancement of Wall Loosening and Elongation by Acid Solutions. Plant Physiol. 45:250-253.
- ROJAS G.M. Y RAMIREZ. (1987). Control Hormonal del Desarrollo de las Plantas, México, Ed. Limusa, 239 p.
- RUDNICKI, R.M., D. GOSZCZYŃSKA AND J. NOWAK (1986). Storage of Cut Flowers. Acta Horticulturae 181:285-286.
- SALUNKHE, D.K.; N.R. Bhatt y B.B. Desai. (1990) Postharvest Biotechnology of Flowers and Ornamental Plants. Naya Prokash, Calcutta Six.

SANCHEZ-DE J., E. (1989). Bases Moleculares del Mecanismo de Acción de las Auxinas. Cuadernos de Posgrado 27. Bioquímica Vegetal. Facultad de Química. U.N.A.M. pp. 35-67.

SANDOJA, J.K.; R.K. Sharma, M.L. Pandita y B.R. Batra. (1987). Studies on Shelf-life of Different Maturity Stages of Tomato as Affected by Various Chemicals. Haryana Agric. Univ. J. Res., Vol XVII, 1:39-46.

SCOTT, J.J., W.B. McGLASSON, AND E.A. ROBERTS. (1970). Potassium Permanganate as an Ethylene Absorbent and Polyethylene Bags to Delay Ripening of Bananas During Storage. Austral. J. Expt. Agr. and Animal Husb. 10:237-240.

SCOTT, K.J., MC-GLASSON AND ROBERTS, E.A. (1970). Potassium Permanganate as Ethylene Absorbent in Polythilene Bags to Delay Ripening of Banana During Storage. Aust J. Exp. Agric. 10: 237-239

STEEL, G. D. Y TORRIE, J. H. (1985). Bioestadística: Principios y Procedimientos. Mc Graw-Hill. 2da. Edición. México.

SUTCCLIFFE, J. (1979). Las plantas y el Agua. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España, 91 págs.

SUTTLE, J.C. AND H. KENDE. (1980). Ethylene Action and Loss of Membrane Integrity During Petal Senescence in *Tradescantia*. Plant Physiol. 65: 1065-1072.

TREWAVAS, A. (1982). Growth Substance Sensitivity: The Limiting in Plant Development. Plant Physiol. 55: 60-72

VEEN H. AND VAN DE Geijin, S. (1978). Mobility and Ionic Form of Silver as Related to Longevity of Cut Carnations., J. Am. Soc. Hortic. Sci. 140:93.

VERMA, D.P.S. (1975). Regulation and in Vitro Translation of Messenger Ribonucleic Acid for Cellulase from Auxin-treated Pea Epicotyls. J. Biol. Chem. 250: 1019-1026.

WOLTERING, E. J. AND E.P. STERLING. (1986). Design for Studies on Ethylene Sensitivity and Ethylene Production of Ornamental Products. Acta Hort. 181: 483-488.

YAHIA, E.M. e HIGUERA C.I. (1992). Fisiología y Tecnología Postcosecha de Productos Hortícolas. México, Ed. Limusa, p.301.

YANG, S.F. AND HOFFMAN, N.E. (1984). Ethylene Biosynthesis and Its Regulation in Higher Plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 35: 155-189.

YANG, S.F. (1980). Regulation of Ethylene Biosynthesis. *Hort Science* 15:238-243.

ZAGORY, D., AND KADER, A.A. (1988). Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce. *Food Technology* 42: (9):70-77.