



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN



**"EVALUACION DE ALGUNOS FITORREGULADORES
COMERCIALES UTILIZADOS PARA PROLONGAR LA
LONGEVIDAD DE FLOR CORTADA DE CLAVE
(*Dianthus caryophyllus* L.)**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A N:
LEONARDO GARCIA DIAZ
JUAN ANTONIO VALDOVINOS JUAREZ

ASESOR: ING. FRANCISCO CRUZ PIZARRO
CO-ASESOR: M^C. OFELIA GRAJALES MUÑOZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. MEX.

1994

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

VOTOS APROBATORIOS



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

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

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE
EXÁMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUITLAN
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 de algunos fitoreguladores comerciales
utilizados para prolongar la longevidad de flor cortada
de clavel (*Dianthus caryophyllus*, L.)"

que presenta el pasante: Leonardo García Díaz
con número de cuenta: 7707052-6 para obtener el TÍTULO de:
Ingeniero Agrícola ; en colaboración con:
Juan Antonio Valdovinos Juárez

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 10 de Noviembre de 1994

PRESIDENTE	<u>Dr. Jaime Keller Torres</u>	<u>J. Keller</u>
VOCAL	<u>Ing. Guillermo Basante Buitrón</u>	<u>W. Basante</u>
SECRETARIO	<u>Ing. Francisco Cruz Pizarro</u>	<u>F. Cruz</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. César Maycotte Morales</u>	<u>C. Morales</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Roberto Guerrero Acuna</u>	<u>R. Guerrero</u>

VOTOS APROBATORIOS



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 ESTADÍSTICA
DEPARTAMENTO DE EXAMENES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JAINE 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 de algunos fitoreguladores comerciales utilizados
para prolongar la longevidad de flor cortada de clave!
(Dianthus caryophyllus, L.)."

que presenta el pasante Juan Antonio Valdovinos Juárez
con número de cuenta: 7564356-5 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Agrícola ; en colaboración con:
Leonardo García Díaz

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 10 de Noviembre de 1994

PRESIDENTE Alfonso Fiza Martínez Malouin
VOCAL Ing. Guillermo Basadre Bufrón
SECRETARIO Ing. Francisco Cruz Pizaco
PRIMER SUPLENTE Ing. César Maycotte Morales
SEGUNDO SUPLENTE Ing. Roberto Guerrero Agaña

**Para Andres, Pily y Rebecca
nuestros tres pequeños
grandes motivos.**

INTEGRANTES DEL JURADO

PRESIDENTE:

Biol. Elva Martínez Holguín

VOCAL:

Ing. Guillermo Basante Butrón

SECRETARIO:

Ing. Francisco Cruz Pizarro

PRIMER SUPLENTE:

Ing. César Maycotte Morales

SEGUNDO SUPLENTE:

Ing. Roberto Guerrero Agama

AGRADECIMIENTOS

A NUESTRO PUEBLO

**Agradeciendo de manera especial su siempre
desinteresada ayuda para la formación
de hombres cultos y libres.**

A NUESTRA UNIVERSIDAD NACIONAL

**Agradeciendo su invaluable, generosa y por
siempre útil infraestructura material y humana.**

A NUESTROS ENTRAÑABLES PROFESORES, PRESENTES Y AUSENTES

Agradeciendo su tiempo, dedicación y paciencia

A NUESTROS PADRES

**Agradeciendo su amistad, apoyo y amor
durante toda la vida.**

A NUESTROS HERMANOS Y HERMANAS

Agradeciendo su cariño y apoyo

A NUESTRAS IMPREDECIBLES COMPAÑERAS

**Agradeciendo las mil y una forma, todas diversas y
valiosas de su amor, apoyo y ternura.**

A NUESTROS AMIGOS**Agradeciendo su incomparable amistad.****A NUESTRO JURADO****Elva, Guillermo, Francisco, César y Roberto por su
amistad y apoyo en este trabajo.****MC. OFELIA GRAJALES MUÑIZ****Agradeciendo su amistad, dedicación
e invaluable tiempo.****ING. JOSÉ ADOLFO OCHOA****Agradeciendo su incomparable amistad, sencillas,
tiempo y valiosas observaciones.****LIC. LILA CHARVEL de PETERSEN****Agradeciendo su invaluable comprensión
y siempre atenta amistad.**

**Cualquier persona que imagine
que todas las frutas maduran al
mismo tiempo que las fresas,
no sabe nada acerca de las
uvas.**

Paracelso

(Tomado de Preece and Read, 1993)

CONTENIDO

	PÁGINA
RESUMEN	1
OBJETIVOS	2
a). General	
b). Particulares	
HIPÓTESIS	3
I. INTRODUCCIÓN	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1. Aspectos importantes Sobre el Cultivo del Clavel	7
2.1.1. Clasificación botánica	7
2.1.2. Cultivo o producción de invernadero	9
2.1.2.1. Propagación	12
2.1.2.2. Etapa vegetativa	14
2.1.2.2.1. Principales variedades	14
2.1.2.2.2. Densidad de plantación	15
2.1.2.2.3. Profundidad de plantación y tutorado o soporte	17
2.1.2.2.4. Despunte	19
2.1.2.2.5. Riego y fertilización	20
2.1.2.3. Etapa de floración	24
2.1.2.3.1. Manejo y control de la floración	24
2.1.2.3.2. Desyeme y amarre	26
2.1.2.3.3. Cosecha de flores	28
2.1.2.4. Plagas y enfermedades	30

2.2. Aspectos Importantes de la Fisiología de Poscosecha de Flor Cortada	35
2.2.1. El Fenómeno de la senescencia	35
2.2.1.1. Concepto	35
2.2.2. Alteraciones asociadas con la senescencia de flor cortada	38
2.2.2.1. Alteraciones de la ultraestructura celular	38
2.2.2.1.1. Cambios en el sistema de membrana	39
2.2.2.1.2. Destrucción de organelos celulares	40
2.2.2.2. Alteraciones en los procesos metabólicos y bioquímicos.	43
2.2.2.2.1. Concepto	43
2.2.2.2.2. Cambios en la respiración	45
2.2.2.2.3. La concentración de iones hidronio (pH)	49
2.2.2.2.4. La actividad enzimática	50
2.2.2.3. Alteraciones en los procesos fisiológicos	51
2.2.2.3.1. El <i>status</i> o nivel de carbohidratos	51
2.2.2.3.2. Cambios en la pigmentación	53
2.2.3. Regulación hormonal de la senescencia de flor cortada	54
2.2.3.1. Concepto y acción hormonal	54
2.2.3.2. Etileno	57
2.2.3.3. Auxinas	62
2.2.3.4. Giberelinas	68
2.2.3.5. Cítocininas	73
2.2.3.6. Ácido abscísico	78
III. MATERIALES Y MÉTODOS	83
3.1. Material Vegetal	83
3.2. Productos Químicos	86
3.3. Soluciones de Prueba y Mantenimiento	87
3.4. Variable Parámetro de Evaluación	88
3.4.1. Porcentaje de flores en vida de florero (Longevidad floral)	88

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	90
4.1. Diseño Experimental	90
4.2. Efecto de las Auxinas	94
4.3. Efecto de las Quinetinas (Citocininas)	100
4.4. Efecto de las Giberelinas	106
4.5. Efecto del Complejo Fitohormonal o Sinérgico	112
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	118
5.1. Conclusiones	118
5.2. Recomendaciones	119
VI. BIBLIOGRAFÍA	121
VII. ANEXO	126
A: Cálculos Estadísticos	126

RESUMEN

Se evaluó el efecto de cuatro fitorreguladores comerciales (ACTIVOL; AGROMIL-V; GAPOL-PLUS; y KINEKAS) sobre la longevidad floral o período de vida de florero de flor cortada de clavel (*Dianthus caryophyllus*, L.) cv., "White Candy" cultivada en invernadero, bajo seis diferentes dosis (0; 0.5; 1.0; 5.0; 10.0 y 15.0 ppm). Los tallos florales fueron sumergidos durante 45 min en las diferentes soluciones de prueba. La longevidad floral fué incrementada por todas las soluciones de prueba comparadas contra el tratamiento testigo. Las flores tratadas con el fitorregulador comercial a base de auxinas (GAPOL- PLUS) mostraron una respuesta superior, equivalente a un mayor período de vida de florero comparada contra el resto de los productos. La mayor longevidad floral fué obtenida con la dosis de 15.0 ppm de GAPOL-PLUS. Los resultados son presentados como longevidad promedio porcentual sobre una base de 30 días efectivos de vida de florero.

OBJETIVOS

Objetivo General

El objetivo general del presente trabajo de investigación es prolongar la longevidad floral o vida de florero de flor cortada de clavel (*Dianthus caryophyllus*, L.) a través del uso de diferentes productos químicos comerciales a base de fitorreguladores bajo seis dosis diferentes.

Objetivos Específicos

Los objetivos específicos son los siguientes:

- a. Observar y evaluar el comportamiento de flor cortada de clavel al tratamiento con cuatro productos químicos comerciales a base de fitorreguladores, bajo diferentes dosis;
- b. Determinar la mejor dosis y el mejor producto en base a la respuesta respecto al alargamiento de la longevidad o vida de florero de flor cortada de clavel;
- c. Revisar la importancia conceptual de la fisiología de poscosecha de flor cortada y el papel de las fitohormonas en el desarrollo y crecimiento vegetal.

HIPÓTESIS

La longevidad floral o vida de florero de las especies de plantas cultivadas de flor para corte, esta marcadamente influenciada por la presencia, concentración y clase de sustancias o compuestos químicos denominados fitorreguladores. La aplicación o manejo exógeno de estos compuestos a diferentes concentraciones permitirá observar una respuesta diferencial en términos morfológicos y cuantitativos respecto al número de días en vida de florero de la especie de flor para corte en cuestión. Existiendo de manera generalizada una respuesta diferencial en función de la concentración utilizada.

I. INTRODUCCIÓN

La característica más importante de los productos vegetales perecederos tales como las flores y frutos, es el hecho de que éstos aún están vivos después de ser cosechados y por consiguiente continúan con sus funciones metabólicas. Sin embargo, dicho metabolismo no es idéntico al provisto por la planta madre dentro del medio ambiente original, de tal manera que los productos cosechados están sometidos a diferentes grados de estrés. El manejo, almacenamiento y comercialización de plantas y partes de éstas son algunas de las principales preocupaciones de las sociedades humanas. Todas estas fases son componentes integrales de la cadena productiva y del suministro de alimentos. La principal característica de este sistema generador de alimentos es la amplia diversidad de formas y estilos utilizados para su obtención. El aspecto más importante relacionado directamente con el manejo de productos vegetales perecederos es el mantenimiento de su condición o estado fisiológico de cosecha y consumo (Kays, 1991).

La investigación en el área de fisiología y tecnología poscosecha de productos horto-frutícolas y de especies de flor para corte en México presenta como rasgo característico una marcada reducción. Tradicionalmente, casi toda la investigación agrícola se ha concentrado en los factores de precosecha tales como el mejoramiento genético y la adaptabilidad de los cultivos, fertilización, riego, control de plagas y enfermedades, etc. (Yahia e Higuera, 1990).

Las principales metas de la biología poscosecha y de la investigación tecnológica, así como del extensionismo agrícola son el mantener la calidad y el valor de los productos agrícolas (frutas, hortalizas y flores para tiesto y corte) entre la cosecha y el consumo final así como reducir las pérdidas posteriores a la producción. Durante las dos últimas décadas se han logrado algunos avances en la comprensión de los factores biológicos y ambientales que influyen marcadamente sobre el deterioro de los productos hortó-frutícolas y de flor para corte cosechados. Sin embargo, es necesaria una mayor cantidad de investigación a ambos niveles: básico y práctico, para proporcionar mejoras adicionales en la calidad de los productos, así como en el manejo y conservación de los mismos (Karder, 1985).

De manera específica, los esfuerzos por prolongar la longevidad o vida de florero de flor para corte han incluido el diseño y desarrollo de trabajos experimentales con la utilización de numerosos compuestos químicos. Informes recientes demuestran que se han llevado a cabo intentos con el uso de reguladores del crecimiento vegetal u hormonas vegetales hasta sustancias o soluciones preservadoras a base de una fuente energética, algún tipo de microbicida y agua desionizada de carácter comercial que han logrado incrementar la longevidad o vida de florero (Weaver, 1990).

Introducción

De las especies de flor para corte cultivadas a nivel mundial el clavel (*Dianthus caryophyllus*, L.) hoy día es considerada como la especie floral más importante por su demanda o mercado internacional. Esta condición deberá ser uno de los principales requisitos a considerar en el diseño e implementación de trabajos de investigación tendientes a esclarecer algunos de los variados aspectos técnico-productivos, inherentes a todo cultivo (Salinger, 1987).

En el presente trabajo se pretende evaluar cuantitativamente la respuesta fisiológica de flor cortada de clavel, cultivada bajo condiciones de invernadero (*Dianthus caryophyllus*, L.) variedad White Candy a la aplicación de cuatro diferentes agroquímicos comerciales, sobre la longevidad floral o período de vida de florero, utilizados técnicamente como fitorreguladores en cultivos de campo.

Así mismo, se presenta como parte de la investigación una breve revisión bibliográfica sobre los principales aspectos de la fisiología poscosecha de flor cortada y de la técnica de producción intensiva o producción en invernadero de flor cortada de clavel.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Aspectos Importantes Sobre el Cultivo del Clavel.

2.1.1. Clasificación botánica y taxonomía.

El clavel (*Dianthus caryophyllus*, L.) ha sido definido botánicamente como una planta herbácea con tallos unidos o articulados y marcadamente nudosos. Las hojas son de forma alargada, opuestas y duras. La nervadura del follaje es paralela y de color verde grisáceo con apariencia cerosa. La estructura floral es terminal, hermafrodita y persistente. El cáliz es de color verde, coriáceo. Los pétalos están fuertemente sujetos o adheridos al cáliz, con una amplia gama de colores. Los estambres son diez y el ovario sólo posee un lóculo (unilocular). El fruto es en forma de caja con un contenido de 60 a 90 semillas (Mauseth, 1988).

Hickey y King (1988) han descrito taxonomicamente al clavel de la siguiente manera:

<i>Reino:</i>	Vegetal
<i>División:</i>	Embryophyta
<i>Subdivisión:</i>	Angiospermae
<i>Clase:</i>	Dicotyledoneae
<i>Orden:</i>	Centroespermae
<i>Familia:</i>	Caryophyllaceae
<i>Género:</i>	Dianthus
<i>Especie:</i>	caryophyllus, L.

Revisión de Literatura

Los claveles, son originarios de la región sur de Europa (Hay and Davies, 1963; citados por Salunkhe, 1990). Las variedades "William Sim" y "Sindney Little Field" son reportadas por Laurie y colaboradores (1976) como los dos principales grupos de flor de clavel cultivadas en invernadero o de manera intensiva. La mayor parte de los cultivares que actualmente se cultivan son, el resultado de estos dos grupos. La principal característica de estos cultivares es la habilidad que poseen para abrir a un tamaño normal cuando son cortados en estadio de botón y se han proporcionado condiciones óptimas, por ejemplo el uso de soluciones de pulsamiento o empuje (figura 2.1).

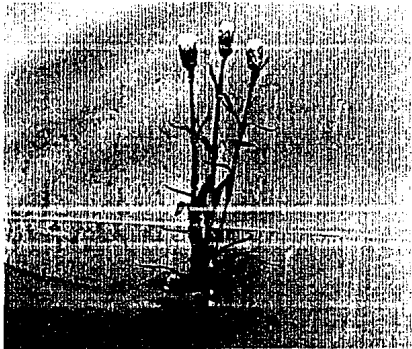


Figura 2.1
Flor típica de clavel.

2.1.2. Cultivo o producción en invernadero.

En general existen dos técnicas de producción de clavel comúnmente utilizadas:

- 1. Producción en bordo o a campo abierto (fig. 2.2)**
- 2. Producción en invernadero o intensiva (fig. 2.3)**

El tipo comercial de flor cortada que es cultivada principalmente son los claveles de floración perpetua o perenne. La mayor parte de estas flores son cultivadas en invernaderos. Las plantas de clavel son de crecimiento erecto, con tallo muy frágil por lo que necesitan de soporte o tutorado tanto para la porción del tallo floral como para los vástagos, renuevos o esquejes. Normalmente, los claveles son cultivados por un período de dos años con un promedio de 18 a 20 meses de vida productiva o cosecha; la antigua técnica de 48 meses o 3 años de cultivo no está justificada por el incremento en la incidencia de plagas y enfermedades, así como al hecho de que las plantas crecen muy altas lo cual dificulta su manejo (Salinger, 1987). Comercialmente se cultivan dos tipos de clavel.

- 1. Clavel tipo estándar o clavel común (fig. 2.4)**
- 2. Clavel tipo miniatura (fig.2.5)**

Los claveles tipo estándar presentan como característica una flor terminal, la mayoría de este tipo de variedades son derivados del cultivar "William Sim".



Figura 2.2
Cultivo en bordo de flor de clavel.

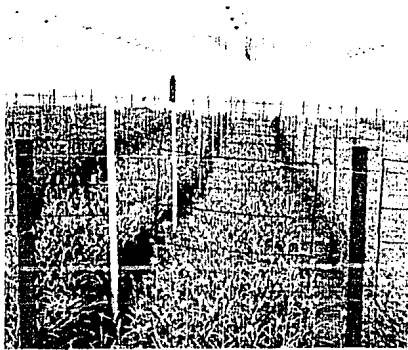


Figura 2.3
Cultivo de invernadero de flor de clavel.

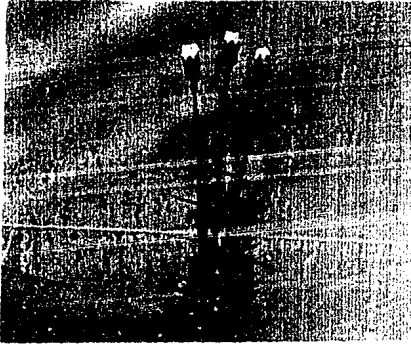


Figura 2.4
Clavel tipo estándar.

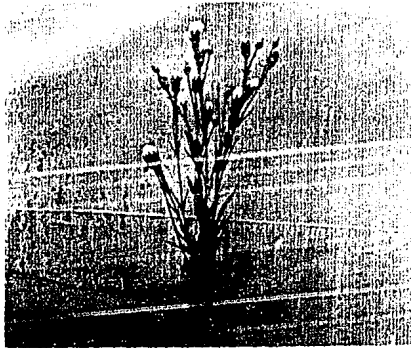


Figura 2.5
Clavel tipo miniatura.

Salinger (1987) señala como aspectos importantes para determinar la calidad de las flores de clavel los siguientes puntos:

- 1. Tallo fuerte y erecto, con hojas anchas y limpias;**
- 2. Pedicelo fuerte y con capacidad de sostener la flor en posición erecta;**
- 3. Cáliz entero, sin fracturas o hendiduras. Los pétalos deberán estar colocados uniformemente. El centro estará completamente lleno pero sin estar apretado, ningún estambre o estilo deberá notarse o ser evidente;**
- 4. Color de los pétalos limpios o claros y sin presentar ataques de plagas;**
- 5. Finalmente, deberán tener una *buena vida de florero*.**

2.1.2.1. Propagación

Besemer (1975) citado por Larson (1988) señala que en general, los cultivadores comerciales de flor de clavel tienen como norma comprar o adquirir esquejes completamente sanos, con adecuado sistema radicular y con garantía de compañías dedicadas especialmente a la propagación de esquejes a partir de "plantas madre" cultivadas en áreas y con métodos o técnicas completamente asépticas. La existencia de esta modalidad permite dos tipos de especialización de productores:

- 1. Cultivadores especializados en la producción de flores y,**
- 2. Cultivadores especializados en la producción de esquejes para cultivo (fig. 2.6).**

Un esqueje adecuado o sano debe pesar más de 10 gramos, tener una longitud entre 10-15 cm, presentar cuatro o cinco pares de hojas. Un detalle característico es verlos manchados o bañados de fungicidas, ésto permitirá reconocer que fueron esquejes manejados adecuadamente (fig. 2.6) (López, 1989).

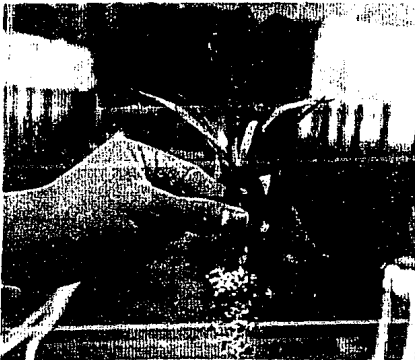


Figura 2.6
Esqueje típico de clavel.

Los esquejes pueden enraizarse de inmediato o bien mantenerse a menos 1 °C dentro de bolsas de plástico por espacio de varias semanas. Antes de enraizar y para lograr una excelente promoción de raíces en los esquejes, la base de éstos puede ser sumergida en una hormona de enraizamiento en polvo.

Se recomienda el uso de ácido indol-ácetico o bien de ácido indol-butírico al 0.1 % (IBA o SERADIX A) (Salinger, 1987). La cama de enraizamiento puede estar constituida por una mezcla de turba, arena o piedra pómez o bien de turba, perlita y suficiente caliza para lograr un pH de 7. Los esquejes tratados con la hormona enraizadora se colocan cada 5 cm (400/m²) en la cama de enraizamiento. Esto último se obtiene dentro de los 20 días posteriores, siempre que la temperatura del sustrato se mantenga entre los 15 y 17 °C. El esqueje de clavel enraizado es muy resistente, se puede mantener almacenado por espacio de 1 ó 2 meses a temperaturas de 0 a -1 °C (López, 1989).

2.1.2.2. Etapa vegetativa

2.1.2.2.1. Principales variedades

La selección de variedades se basa principalmente en el tipo específico de clavel que el mercado demanda. Las principales variedades de flor de clavel cultivadas han sido "White Sim" (clavel blanco), "Red Sim" (clavel rojo) y "Pink Sim" (clavel rosa). La mayor parte de estos cultivos poseen todas las características deseables en una flor ideal de clavel. Sin embargo, el único inconveniente es el tallo relativamente frágil cuando es comparado con otros tipos de cultivares (Salunkhe, *et al.* 1990) (figura 2.7).

Revisión de Literatura

Larson en 1988 al citar a Besemer (1975) señala que en términos generales, la proporción de variedades de flor de clavel cultivada es 3:3:3:1 para flores color rojo, rosa, blanco y varios (amarillo, naranja y jaspeados) respectivamente. En los EE. UU. la popular práctica de pintar o teñir la flor de clavel ha definido en años recientes una proporción de 50% para flores color blanco y 45% de flores color rojo y rosa.

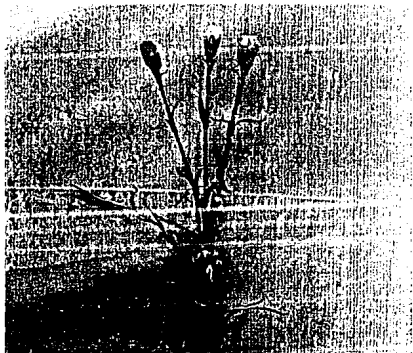


Figura 2.7
Variedades de flor de clavel.

2.1.2.2.2. Densidad de plantación

La densidad de plantación depende principalmente de la orientación de la explotación y de la disponibilidad de recursos. Bunt y Powell (1972) señalan que de manera tradicional las plantas de clavel son colocadas relativamente cerca una de otra (figura 2.8), aproximadamente a una distancia de 15 cm entre cada una. Sin embargo, es preferible un espaciamiento más amplio. El espaciamiento estrecho o cerrado intensifica el desarrollo de los primeros brotes, pero reduce el rendimiento total de flor en el primer año. Una distancia mayor, dispersa el cultivo y permite el mantenimiento de una mejor calidad de la flor. De esta forma, este investigador recomienda un espaciamiento entre hileras de cultivo de 20 cm, lo que permitirá establecer cinco líneas de flores en una cama de 1 m de ancho. Los rendimientos de 500 flores/m² en un periodo de floración de 18 meses son considerados como satisfactorios.

Los esquejes de clavel pueden ser plantados en diferentes patrones de espaciamiento. La mayoría de las camas son de 1 m de ancho y de 30 a 35 m de largo. El espaciamiento más conveniente en términos de optimización económica es de 35 a 45 plantas/m² para un cultivo de 2 años. Este es el mejor balance de los costos de plantas, calidad y producción de flores (López, 1989).

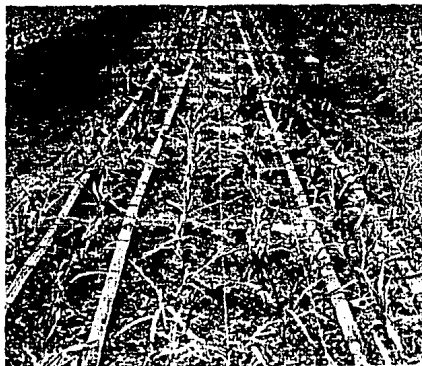


Figura 2.8
Espaciamiento entre plantas de clavel.

2.1.2.2.3 Profundidad de plantación y tutorado o soporte

Los claveles son sensibles a una plantación profunda, de tal manera que los esquejes se deben plantar de modo que algo del medio enraizante se vea por encima de la línea del suelo. El plantar de manera profunda el esqueje incrementa el potencial de putrefacción del tallo causada por el hongo *Rhizoctonia solani*. Como práctica sanitaria es recomendable empapar o humedecer la superficie del suelo con algún fungicida específico para este patógeno (Besemer, 1987).

El clavel como planta herbácea que es, necesita soportes para mantenerse erguida y evitar al mismo tiempo crecimiento de tallo indeseable así como daños mecánicos de la planta. Laurie y colaboradores (1976) señalan que los esquejes deberán ser plantados a través de cinco o siete capas de malla de alambre juntas, predispuestas en la superficie del suelo (figura 2.9). Para facilitar la siembra, las mallas deberán colocarse de tal manera que coincidan las cuadrículas de todas las mallas entre sí.

Generalmente se recomienda la utilización de mallas de plástico reforzadas con alambre, en especial para las dos primeras filas. De tal manera que conforme las plantas crecen, las capas de malla se levantan gradualmente de modo que cuando la capa inferior este a 15 cm por encima del suelo, las capas superiores se colocan a 20 cm una de otra aproximadamente. Conforme las plantas crecen, los tallos deben ser reacomodados o enjaulados dentro de las respectivas aberturas de la tela para mantenerlos derechos y dotarles de soporte o apoyo.

El sistema de soporte o tutorado con uso de alambres o redes, requiere de postes verticales sólidamente colocados en ambos extremos (principio y fin) con barras o crucetas de apoyo. Así como también de soportes intermedios de construcción más sencilla cada 5-10 metros (López, 1989).

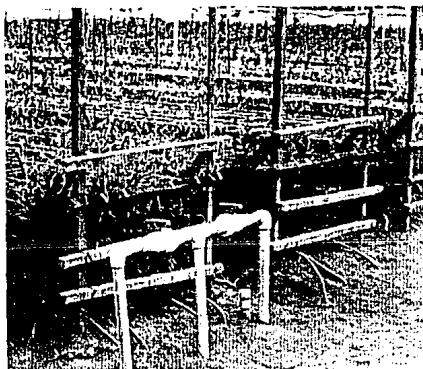


Figura 2.9
Tutorado o apoyo de las plantas de clavel

2.1.2.2.4. Despunte

Salinger (1987) reportó que se ha considerado como un práctica común de los cultivadores de clavel el *suspender o retener el crecimiento* de las plantas jóvenes mediante el corte apical del brote dejando aproximadamente cinco o seis nudos en la planta. De esta manera los botones axilares crecerán hacia afuera y formarán la base de la planta en desarrollo. Hasta ahora los cultivadores rara vez permiten que el brote apical se desarrolle formando una copa o corona floral. El dejar de eliminar el botón apical permite un mayor retraso del crecimiento de los botones laterales.

En términos generales el **despunte** es una práctica común en el cultivo del clavel. Cuando las plantas se han ambientado (4 a 6 semanas en la cama de cultivo) y los brotes laterales de los pares de las hojas inferiores tienen 5 cm de largo, la punta del tallo se quiebra o rompe de manera manual, generalmente justo encima del sexto nudo contando desde la parte inferior de la planta. Existen cuatro sistemas de despunte, cada uno con cierta influencia en el tiempo futuro de floración, producción y calidad de las flores:

1. **Despunte simple;**
2. **Despunte y medio;**
3. **Eliminación doble;**
4. **Aclareo.**

Las plantas de clavel tienden a crecer y producir flores en todos los brotes cada uno de éstos termina en un botón lateral extendido que originará finalmente una flor. Un elevado número de brotes florales durante un período corto de tiempo no es deseable por lo que se recomienda llevar a cabo la práctica del despunte (Salinger, 1987).

2.1.2.2.5. Riego y fertilización

En general, para tener claveles de buena calidad siempre debe mantenerse el suelo húmedo. Larson (1988) al citar a Besemer (1975), reportó en base a observaciones de campo que existen tres métodos básicos de riego para el cultivo de clavel:

- 1. Riego rodado con utilización de tubo plástico (PVC);**
- 2. Riego por aspersion para bancos levantados y camas en suelo;**
- 3. Riego por goteo.**

El sistema de riego más adecuado es el de goteo. El riego por aspersion baja, moja demasiado la parte inferior de la planta, situación que puede conducir a la proliferación de enfermedades. Así mismo, los tallos impiden una distribución homogénea del agua al desviar la trayectoria del aspersor. El riego por goteo no presenta este tipo de problemas. Sin embargo, es necesario colocar varias mangueras por jardineras o cama. Una jardinera de un metro de ancho necesita por lo menos tres o cuatro mangueras separadas 25-30 cm entre sí. El clavel es un cultivo que requiere de una buena cantidad de agua por lo que se recomienda un diseño excelente del sistema de riego (López, 1989).

Para el cultivo de flor de clavel la fertilización de mantenimiento deberá estar basada en el análisis de suelo y hojas de la misma planta. Ambos análisis se complementan entre sí. De esta forma el objetivo principal de la fertilización de mantenimiento es el de mantener tanto a la planta como al suelo en rangos óptimos de fertilidad y disponibilidad de nutrientes. Se recomienda que cada vez que se riegue se disuelva en el agua una pequeña cantidad de fertilizante, para el verano 400 mg/l de nitrato de potasio y 410 mg/l de nitrato de amonio; para el invierno es necesario 650-700 mg/l de nitrato de potasio y 170 mg/l de nitrato de amonio (López, 1989).

Revisión de Literatura

Adicionalmente, se ha señalado que la mayor parte de los cultivadores modernos de flor de clavel fertilizan las plantas jóvenes tan pronto con éstas enraizan lo que generalmente ocurre una semana después de la plantación. Hoy día, se aplica una dosis regular de nutrientes disueltos con cada riego. En base a este aspecto, se ha determinado que al menos 200 partes por millón (ppm) de nitrógeno y potasio en solución producirán claveles de alta calidad. El calcio, magnesio y fósforo generalmente se incorporan al suelo antes de la plantación (Besemer, 1975; citado por Larson, 1988).

Los nutrientes para el cultivo de clavel son obtenidos de fertilizantes solubles. Los materiales más comunes utilizados para abastecer de nitrógeno y potasio son combinaciones de nitrato de potasio, ya sea como nitrato de calcio o nitrato de amonio. Los micronutrientes que más comúnmente se añaden son hierro, zinc, cobre, manganeso, molibdeno y boro.

Prasad (1979) ha observado que las plantas de clavel se desarrollan adecuadamente en suelos comprendidos dentro del rango franco-arcilloso a franco-arenoso. Los niveles de nutrientes recomendados para esta clase de suelos son:

Fósforo (P) mg/l	Potasio (K) mg/l	Magnesio (Mg) mg/l	Calcio (Ca) mg/l	pH	% de Sales Solubles
80	25-30	8-12	6.0-6.3	0.15	0.15

Revisión de Literatura

Asimismo, este investigador establece que una aplicación inicial de cal u óxido de calcio y superfosfato triple satisfacen los requerimientos de fósforo (P), magnesio (Mg), calcio (Ca) y valor de pH necesarios, el nitrógeno (N) y el potasio (K) deberán aplicarse en forma líquida.

Las plantas de clavel requieren aproximadamente de partes iguales de nitrógeno y potasio, así como también del elemento traza boro. Los niveles de nutrientes equivalentes a 190 partes por millón de nitrógeno, 156 partes por millón de potasio y 1 parte por millón de boro pueden ser elaborados a partir de urea no revestida (46 % de nitrógeno), nitrato de potasio (14 % de nitrógeno y 39 % de potasio), y borato de sodio. La tabla siguiente muestra la cantidad de estos productos que es necesaria para proveer los niveles anteriores (Marcussen, 1976; citado por Salinger, 1987).

Equipo	Litros de agua	Urea (gr)	Nitrato de potasio (gr)	Borato de sodio (gr)
Tanque de abastecimiento	1,000	300	400	10

2.1.2.3. Etapa de floración

2.1.2.3.1 Manejo y control de la floración

Los claveles son plantas de crecimiento relativamente lento. Un brote de clavel cambia de una condición vegetativa a una reproductiva generalmente cuando tiene seis pares de hojas. Una planta de clavel comercial es capaz de producir de 10 a 20 flores por año. Cada tallo de floración se origina de una "rama" o "brote" que emerge de uno de los lados de algún nudo inferior del tallo. Un tallo típico de floración desarrollará de 15 a 18 nudos con dos hojas opuestas en cada nudo (Holley and Becker, 1963; citados por Salinger, 1987).

El primer nudo en la base del tallo es el más vegetativo con respecto al resto de los nudos dispuestos hacia arriba. Esta característica explica por qué la mayor parte de los cultivares no son despuntados por encima del sexto nudo (Bunt, 1982).

El manejo y control de la floración del cultivo de clavel se inicia con la calendarización de la plantación, época y método de eliminación del ápice. De entre los factores medio ambientales que influyen en mayor medida en el índice de crecimiento y floración del cultivo son:

- 1. Luminosidad,**
- 2. Temperatura;**
- 3. Concentración de bióxido de carbono en ambientes cerrados**
- 4. Disponibilidad de agua y nutrientes.**

Varios de estos factores pueden ser manipulados para controlar el tiempo de floración, cantidad y calidad de producción (Byrne, 1982; citado por Salinger, 1987).

La **luminosidad** o **fotoperíodo** tiene un efecto directo en el índice de floración así como en las características de los tallos. Las plantas cultivadas en fotoperíodos cortos (por ejemplo de 8 hr de luminosidad diaria) tienen tallos más largos, flores ligeramente más grandes y producen más brotes laterales. Las cultivadas en fotoperíodos largos (16 hr) tienen tallos más cortos y menos brotes laterales. La iluminación artificial de los claveles es una práctica útil para adelantar el tiempo de floración.

El mejor momento para empezar un programa de iluminación artificial es del crepúsculo al amanecer con la utilización de focos incandescentes de 150 watts cada 11 m y a 4 m de altura por encima de las plantas en el centro de cuatro camas de clavel (Bunt, 1982). Sin embargo, la iluminación no resulta efectiva a menos que se puedan mantener temperaturas nocturnas mínimas de 10-12°C.

Salinger (1987) al citar a Besemer (1975), señala que la manera de cosechar las flores también pueden afectar tanto al tiempo de cosecha como al número total de flores producidas. Así por ejemplo, hace saber que los cultivadores cometen el error de cortar la primera cosecha demasiado abajo de tal manera que se pierden muchos brotes laterales. Estos son los brotes que forman la segunda cosecha de flores. Por lo que este mismo autor recomienda, vender las flores con tallo corto y retener dos o tres brotes inferiores ubicados abajo de cada brote, lo que dará como resultado flores de buena calidad durante un período comercial posterior.

2.1.2.3.2. Desyeme y amarre de cáliz

Los cultivares comunes de clavel deben ser desyemados retirando los botones laterales inferiores colocados en los seis nudos por abajo del botón floral terminal. El mejor momento para el desyeme es cuando el botón terminal tiene 15 mm de diámetro y el primer nudo abajo del botón terminal es lo suficientemente grande para ser removido fácilmente.

Los botones se deberán tomar con las puntas de los dedos y retirar con un movimiento circular hacia abajo. El desyeme es una práctica continua y constituye la operación de trabajo más costosa en el cultivo del clavel (figura 2.10) (Holley and Becker, 1963; citados por Salinger 1987).



Figura 2.10
El desyeme del cultivo de clavel.

La división del cáliz ocurre en muchos cultivares de clavel donde las temperaturas son demasiado frías durante el crecimiento del botón floral. Los cultivadores evitan producir las flores divididas colocando una banda alrededor de cada botón cuando éste comienza a mostrar una pequeña abertura en la punta. El método preferido es atar las corolas con cinta adhesiva transparente de aproximadamente 6 mm de ancho. El atado se debe hacer en todos los botones cuando existan condiciones para la división del cáliz. Sin embargo no se debe llevar a cabo cuando los botones son demasiado pequeños o resultará en la mal formación de la corola. La banda se debe colocar alrededor del diámetro mayor del botón o bien a la mitad de éste (Besemer, 1987 citado por Larson, 1988); (figura 2.11).

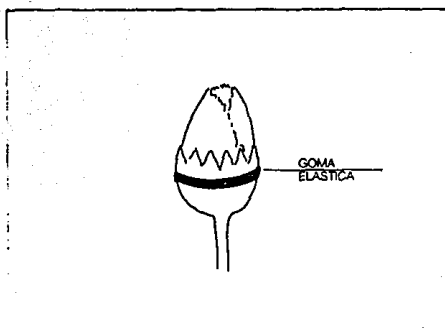


Figura 2.11
Amarre del cáliz o botón floral en el cultivo de clavel
(tomado de López, 1989)

2.1.2.3.3 Cosecha de flores

Las flores de clavel son normalmente cosechadas cuando el botón se ha abierto completamente, esto es cuando los pétalos exteriores están en ángulo recto con el tallo; los pétalos centrales continúan manteniéndose relativamente juntos en el centro. Sin embargo, estudios e investigaciones recientes han mostrado las bondades de la cosecha prematura en estadio de botón o bien en estadio de escobeta respecto al manejo de la flor (Salinger, 1987). Los tallos son cortados comúnmente en la parte superior vegetativa de los vástagos o bien en la porción terminal del séptimo nudo, cualesquiera que sea o esté más abajo.

Revisión de Literatura

La cosecha de flor de clavel es realizada manualmente (figura 2.12). Los tallos se cortan con tijeras o navajas y generalmente son ordenados por su peso. Los conjuntos o ramos de flores son colocados en mantas o redes de plástico procurando evitar el daño mecánico.

En otros sistemas de producción intensivos, se utilizan cadenas transportadoras de cabestrillas a base de lonas, dispuestas entre los camellones por donde circulan o avanzan las flores suspendidas en éstas (López, 1989). Los claveles miniatura o tipo inflorescencia son cosechados cuando las tres flores superiores se han expandido y las flores inferiores muestran coloración.

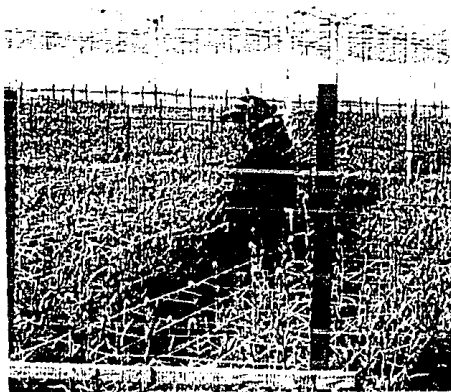


Figura 2.12
Cosecha de flor de clavel.

2.1.2.4. Plagas y enfermedades

La utilización de esquejes o "plantas madre" sanas, completamente certificadas, más el buen manejo del cultivo son dos requisitos básicos para lograr un adecuado control de plagas y enfermedades en el cultivo del clavel. Debido a lo denso del follaje es importante llevar a cabo una rápida acción una vez que se hubiese establecido cualquier tipo de plaga o enfermedad por lo difícil que resultaría posteriormente erradicarla (López, 1989).

Existen tres tipos principales de plaga en el cultivo de flor de clavel:

- 1. áfidos o pulgones,**
- 2. araña roja (*Tetranychus* spp) y**
- 3. trips.**

Los **áfidos** son una plaga muy frecuente en el clavel. Este tipo de plaga puede originar un crecimiento distorsionado o malformación de los esquejes. Comúnmente, son localizados cerca de las partes terminales de los botones florales y a lo largo de los esquejes. Todos pican las hojas y flores para succionar los azúcares que se transportan por el floema. El control químico de estos organismos se basa en el empleo de un insecticida semi-selectivo para el control de ácaros como por ejemplo CRONETON (Bayer), AGRIMEC (Shell) y FURADAN (Shell). Los tratamientos se efectuaran cada siete días mientras dure la invasión en una dosis de 60 ml/100 l de agua (López,1989).

Los trips (*Haplothrips cottevuillet* y *Thrip tabac*) son pequeños insectos chupadores que debido a su tamaño pueden penetrar fácilmente en el interior del botón floral y depositar ahí una gran cantidad de huevecillos. Estos nuevos individuos se alimentan de los pétalos al picar y succionar savia. Cuando la flor madura aparecen decoloraciones sobre los bordes de los pétalos, esta condición afecta marcadamente el comercio de la flor. El control químico de esta plaga se lleva a cabo con la utilización de insecticidas sistémicos que se distribuyan a las zonas de incubación del insecto, entre estos destacan el Dimetoato (Rogor o Shell), Formación (Anthio) y el Queltane (Shell). Estos mismos productos sirven para controlar a los pulgones. La aplicación de estos pesticidas se puede llevar a cabo cada tres meses junto con el agua de riego o bien cuando la situación lo amerite. La dosis generalmente es de 150-200 ml/100 l de agua (López, 1989).

La araña roja (*Tetranychus spp*) es la principal plaga del clavel, origina el marchitamiento o secado de los tejidos. Generalmente, este organismo tiende a incrementarse bajo condiciones de sequía durante el verano. El corto período de tiempo del ciclo biológico de esta plaga (8 a 10 días) más el elevado número de oviposición de cada hembra (2 a 6 huevecillos) así como el temprano apetito de las larvas (succionan savia inmediatamente después de su eclosión) han definido para ésta un carácter de suma importancia en cuanto a su control. Generalmente, se recomienda para evitar grandes invasiones en el cultivo el regar frecuentemente en verano y evitar altas temperaturas, ya que el calor seco le favorece enormemente. Sin embargo, el control químico de esta plaga puede lograrse con la utilización de Dimetoato (Rogor y Shell), CROPOTEX (Bayer), TORQUE 50 (Shell) y QUELTANE (Shell) (López, 1989).

Dentro de las enfermedades más comunes que merman o pueden dañar completamente el cultivo del clavel destacan por su importancia económica las causadas por hongos y bacterias. López (1989) presenta la siguiente clasificación, en base a la parte de la planta que resulta más afectada:

- a). Enfermedades vasculares;**
- b). Enfermedades del cuello;**
- c). Enfermedades de las hojas y**
- d). Enfermedades de las flores.**

Enfermedades Vasculares. La característica común de las enfermedades que afectan el sistema vascular de la planta o de distribución de la savia es el marchitamiento o secado de la misma. Por su importancia destacan los daños ocasionados por los hongos *Fusarium oxysporum* sp *dianthi* (marchitamiento por fusarium); y *Phialophora cinerens*. Entre las enfermedades bacterianas que dañan el sistema vascular y originan marchitez de la planta se tiene al patógeno *Erwinia chrisantemi* y *Pseudomonas caryophylli*. Todas estas enfermedades son realmente difíciles de combatir una vez establecidas por lo que se recomienda la lucha preventiva basada en la adquisición y utilización de esquejes sanos certificados y la práctica de esterilización del suelo de cultivo. Así mismo, resulta conveniente la remoción de todas las plantas enfermas. Besemer (1975) citado por Larson (1988) señala que no obstante lo difícil de la erradicación o eliminación de este tipo de enfermedad, su dispersión puede ser reducida y eliminada mediante el humedecimiento del área correspondiente a las plantas infectadas con material a base de benzamidazol tales como el BENOMYL y CARBENDAZIM a una dosis de 75-100 g/100 l de agua.

Enfermedades del Cuello. Este tipo de enfermedades producen los mismos efectos que las enfermedades que atacan el sistema vascular de las plantas de clavel (deseccación y muerte) sin embargo, la característica distintiva de éstas es la presencia de síntomas externos. López (1989) reporta que tres agentes causales de este tipo de enfermedad son ampliamente reconocidos: *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora* sp y *Fusarium*. La primera produce un tipo de pudrición húmeda en la base del tallo al nivel del suelo o por debajo de éste. Las altas temperaturas favorecen su desarrollo y acción patogénica. Este hongo es difícil de erradicar por lo que se recomienda la esterilización del suelo o camas entre cada siembra. Así mismo se sugiere la utilización de procimidona en dosis de 10 g/Hi del producto comercial y cinco litros de caldo pesticida por metro cuadrado. Para el control de *Phytophthora* se recomienda la utilización de ALIETTE (Cóndor) en pulverizaciones repetidas cada 30-60 días. Este mismo pesticida puede ser utilizado en adición con la procimidona para el control simultáneo de *Rhizoctonia* y *Phytophthora*.

Sin embargo, se ha establecido que la enfermedad más temida por el cultivador de clavel es aquella causada por *Fusarium roseum* o comúnmente conocida como fusarium del tallo. Esta enfermedad presenta un alto grado de patogenicidad o daño sobre todo cuando las condiciones para la planta son más desfavorables. El control químico de este agente causal y de otros más debe considerar el alto grado de acostumbramiento o de creación de resistencia a los pesticidas de uso rutinario. En base a esta consideración López (1989) recomienda la siguiente secuencia de productos químicos con miras a obtener un mayor control de esta enfermedad:

**BENOMILO + CAPTAN;
TIABENDAZOL + CAPTAFOL;
METIL-TIOFANATO + FOLPET;
CARBENDAZIMA + ZINEB.**

Enfermedades de las Hojas. Dentro de este grupo de enfermedades existen principalmente dos agentes causales: *Uromyces caryophyllus*, comúnmente conocida como roya del clavel y *Alternaria* sp. Este tipo de enfermedades son siempre un problema común en áreas de elevada y constante humedad; invernaderos con paneles rotos o deficiente ventilación y áreas de cultivo cubiertas con plástico rasgado. El control químico de *Uromyces* o roya se puede lograr con la aplicación de ZINEB de manera rutinaria y con el empleo específico de PLANTVAX + SAPROL o BAYCOR adicionados al agua de riego. Para el control preventivo de *Alternaria* se sugiere la utilización de CAPTAN y sus derivados, los cuales pueden ser empleados para prevenir *Fusarium* (Salinger, 1987).

Enfermedades de las Flores. El cultivo de clavel reporta dos tipos principales de enfermedades propias de la parte floral: *Fusarium tricinum* y *Botritis*. Ambos patógenos pueden invadir y destruir los pétalos de la flor convirtiéndola en un producto sin mercado. *Fusarium* es un agente causal cuyo vector pueden ser ciertos tipos de ácaros, por lo que recomienda como primer medida fitosanitaria para el control de la enfermedad la limpieza de los alrededores y el empleo de algún acaricida. Para la lucha química contra *Botritis* se sugiere el uso de RONILÁN, ROVRAL o SALITEX. Sin embargo, se ha observado que este patógeno se acostumbra fácilmente a los pesticidas (López, 1989).

2.2. Aspectos Importantes de la Fisiología de Poscosecha de Flor Cortada.

La floración, frecuentemente relacionada con los procesos de senescencia y muerte es considerada como un fenómeno dramático y de gran importancia económica en la producción de plantas ornamentales, durante el cual la planta completa muere poco después de la floración o fructificación. La flor es en la mayoría de los casos el órgano vegetal con el período más corto de longevidad. Las razones que determinan este hecho son desconocidas y han sido poco estudiadas a diferencia de otros órganos o tejidos (Thimann, *et al.* 1986).

En términos generales todos aquellos *procesos de deterioro que acompañan al envejecimiento y están encaminados hacia la muerte de un órgano, tejido u organismo completo son llamados senescencia*. Aunque los tejidos meristematicos no senescen y podrían ser potencialmente inmortales, todas las células diferenciadas producidas de células de meristemas tienen vida restringida. La senescencia por lo tanto ocurre en todas las células no meristematicas pero a diferentes tiempos (Salisbury and Ross, 1985).

2.2.1. El Fenómeno de la Senescencia.

2.2.1.1. Concepto.

*La serie de cambios parciales o cambio total que finalmente están relacionados con la muerte de un organismo han sido referidos como **senescencia**.* Sacher (1973) definió a la senescencia como la fase final de la ontogénesis (formación y desarrollo) de un órgano en la cual una serie de eventos normalmente irreversibles toman inicio y terminan con el rompimiento celular y la muerte del órgano. Leopold (1961), determinó que la senescencia en plantas superiores esta clasificada en tres niveles principales:

- 1. Senescencia de una población** (por ejemplo de plantas anuales):
- 2. Senescencia de un organismo o planta individual, y**
- 3. Senescencia de un determinado órgano** (por ejemplo hojas, frutos, flores pétalos, etc).

Sacher (1973), describió la senescencia de determinado órgano sobre la base de la acción general de un gen en el desarrollo normal de la planta. Sin embargo, aclara que en general se carecen de evidencias experimentales para demostrar la presencia específica de genes del envejecimiento. No obstante, se remarca que existe una amplia evidencia, que apunta hacia la observación de un incremento en la actividad de numerosas enzimas que operan durante el desarrollo de la planta, la cual podría jugar un importante papel durante la senescencia de algún órgano.

Beevers (1976) señala que aún cuando la senescencia esta caracterizada por el agotamiento de los constituyentes celulares internos que preceden la muerte de la célula madura, la manera como dicho agotamiento se lleva a cabo no esta claramente comprendida. La información disponible sólo describe los conceptos de incremento en la degradación y disminución de la capacidad de síntesis.

Sin embargo este mismo autor comparte la idea de que este proceso esta regulado más que ser un evento destructivo sin control. De esta forma considera que el orden o secuencia de los eventos de la senescencia muy probablemente son medidos por una regulación programada de síntesis de proteínas originadas a nivel del núcleo.

Leopold (1980) definió a la *senescencia* como la *serie de procesos de deterioro que son causa natural de la muerte*; y *envejecimiento* por el contrario se refiere a los *procesos que con el paso del tiempo resultan en la madurez*. El envejecimiento por tanto incluye un lapso mucho más amplio de procesos fisiológicos el cual puede debilitar al organismo o puede ser neutral con respecto a la capacidad biológica del organismo para sobrevivir. La senescencia por el contrario se refiere a los cambios provistos por la regulación endógena de la muerte.

2.2.2. Alteraciones Asociadas con la Senescencia de Flor Cortada.

2.2.2.1. Alteraciones de la ultraestructura celular.

En el periodo de vida de cada planta se pueden distinguir tres etapas básicas:

- 1. Desarrollo y crecimiento intensivo;**
- 2. Madurez completa y**
- 3. Senescencia.**

Cada una de estas etapas del desarrollo de la planta esta asociada con ciertas y diferentes funciones de la célula así como la integración de variadas rutas bioquímicas. Estos eventos resultan en la formación o activación de numerosas enzimas o bien en complejos sistemas enzimaticos adecuados a cada una de las etapas del desarrollo de la planta. Especificamente la mayor parte de los primeros cambios o alteraciones que la planta presenta durante el transcurso del desarrollo son a nivel celular, entre ellos destacan las alteraciones en los componentes ultraestructurales como el sistema de membrana y organelos (Haiaba and Rudnicki, 1986).

2.2.2.1.1. Cambios en el sistema de membrana.

Eliam en 1985, citado por Salunkhe (1990) señaló que fué observado un incremento en el espacio libre aparente y en la permeabilidad de la membrana durante la senescencia de numerosas flores. Estos cambios biofísicos en la membrana han sido monitoreados por la medición de la fuga de electrólitos, metabolitos o por el análisis de los compartimentos celulares.

En años recientes el acceso directo a las células de las plantas, plasmalema y vacuolas o tonoplasto ha sido factible. El aislamiento de protoplastos de pétalos de rosas ha sido también empleado para este propósito (Borochoy *et al.*, 1976).

Borochoy y colaboradores (1976) observaron un incremento en la microviscosidad del plasmalema durante el envejecimiento de flores de rosas intactas, flor cortada y pétalos aislados. Se observó además que el incremento en la microviscosidad correspondió a un incremento en la proporción o relación de esteroles libres y el contenido de fosfolípidos (relación esteroles libres/fosfolípidos). El esteroles libres contenidos en la flor permanece sin alteración durante la senescencia, pero el contenido de fosfolípidos es reducido.

Halevy (1981) atribuye este fenómeno a una reducción de la síntesis y al incremento de la hidrólisis por la fosfolipasa, la cual reduce el nivel de fosfolípidos. Asimismo, ha sido postulado para este investigador que la disminución o reducción en el nivel de los fosfolípidos incrementa la permeabilidad de la membrana plasmática favoreciendo la fuga o pérdida de componentes celulares.

Los síntomas de pérdida de peso fresco de los tejidos de la flor tales como el secado y el arrugamiento o marchitez son evidentes en la fase final de la senescencia, la pérdida de agua ocurre incluso aún cuando los pétalos envejecidos de flor cortada son mantenidos en agua, indicando con ello la pérdida de la integridad de la membrana, el compartimiento y el consecuente incremento en la permeabilidad y fuga o pérdida de los constituyentes celulares (Halevy, 1981).

2.2.2.1.2. Destrucción de organelos celulares

Los extensos estudios realizados sobre las propiedades ultraestructurales de pétalos senescentes de la efímera corola de "gloria de la mañana" (*Ipomea purpurea*), indicaron la invaginación del tonoplasto (vacuola) como el primer signo observado de la senescencia.

Este evento sugiere una actividad autofagocítica de la vacuola que termina con el rompimiento o actividad lisosomática de la célula (Mayak and Halevy, 1980). De acuerdo con Matile y Wikenbach (1971) la supresión o pérdida del compartimiento de la vacuola y la consecuente liberación de enzimas hidrolasas termina en la muerte de la célula. La presencia de material citoplásmico tal como mitocondrias desintegradas y diferentes tipos de membranas en la vacuola envejecida apoyan esta hipótesis. El rompimiento o pérdida del compartimiento del tonoplasto es más tarde seguido por la autólisis total de la célula.

Smith y Butler (1971) determinaron en base a sus observaciones en el estudio sobre los aspectos ultraestructurales del desarrollo de los pétalos de pepino (*Cucumis sativus*) que el cambio más obvio durante el desarrollo de la senescencia fue la alteración de los cromoplastos verdes de pétalos jóvenes a cromoplastos amarillos. Este cambio estuvo caracterizado por la pérdida gradual de los tilacoides, los cuales fueron reemplazados por un paquete de pequeños tubos o canales en la porción o área del estroma. El cromoplasto senescente muestra una serie de invaginaciones en la envoltura del plastidio. Los ribosomas desaparecen durante la maduración y senescencia. Sin embargo, la pérdida de éstos es gradual, primero desaparecen los ribosomas libres, a continuación los ribosomas agregados y finalmente aquellos ribosomas adheridos al retículo endoplásmico.

De acuerdo con Thimann (1980), los primeros cambios microscópicos visibles en hojas senescentes son aquellos ocurridos en los cromoplastos. Estos pierden sus depósitos de almidón característicos debido a la reducción del volumen de estos compuestos y a su conversión en azúcares. Por otra parte, la mitocondria primero es destruida y después ya sea que desaparezca o al menos experimente alguna contracción.

Asimismo señala este autor que las células de una misma hoja pueden senescer a tasas diferentes; en algunas hojas, la envoltura o cubierta plástica desaparece completamente mientras que en otras la membrana permanece intacta incluso después de 12 días. Bajo estas circunstancias, el tonoplasto y el plasmalema desaparecen. Las hidrolasas o enzimas hidrolíticas, presentes en la vacuola atacan al citoplasma.

La disolución de las frágiles membranas produce tremendos cambios en la permeabilidad de la células senescentes principalmente por efecto de la fuga o salida de solutos o constituyentes celulares (Sacher, 1973). Retener o reducir la senescencia de la hoja puede estar asociada con la reducción del nivel de enzimas hidrolasas pépticas de ésta o bien al menos con un retraso o posposición de su tasa de aparición u ocurrencia (Thimann, 1980).

2.2.2.2. Alteraciones en los procesos metabólicos y bioquímicos

2.2.2.2.1. Concepto de metabolismo

El término **metabolismo** define o representa el total de las numerosas y variadas actividades químicas que ocurren dentro del interior de las células. La adquisición y el almacenaje de energía y su mediata o inmediata utilización son dos de los procesos centrales en el metabolismo completo de las plantas. La obtención de energía a través de la fotosíntesis y su reciclaje por medio de las diferentes rutas respiratorias (glicolisis, ciclo del ácido tricarbólico, sistema transportador de electrones o del citocromo, la ruta oxidativa de la fosfato pentosa y la fotorespiración) son a menudo vistos, desde una perspectiva general como procesos o fuerzas opuestas o antagónicas (Kays, 1991) (tabla 2.A).

Desde el punto de vista de la obtención, distribución y almacenamiento de sustratos a base de carbono, existe en la planta intacta un alto grado de especialización funcional y operativa de los numerosos órganos. Las hojas por ejemplo son centros fotosintetizadores pero rara vez actúan como sitios de almacenamiento por largos períodos de compuestos fotosintetizados o sustratos. Los peciolo y los tallos contribuyen al transporte del carbón fijado, pero en general tienen solamente un potencial fotosintético limitado y cuando son utilizados para almacenamiento a menudo apenas solamente como depósitos temporales.

Tabla 2.A Resumen comparativo general de los procesos de fotosíntesis y respiración en plantas

	Fotosíntesis	Respiración
Función	Síntesis de energía	Utilización de energía y formación de esqueletos de carbono
Localización en la célula	Cloroplastos	Mitocondrias y citoplasma
Papel de la luminosidad	Esencial	No esta involucrada
Sustratos	CO ₂ , H ₂ O, Luz	Almacenamiento de carbonos, O ₂
Productos finales	O ₂ , almacenamiento de carbonos	CO ₂ , H ₂ O, energía
Efecto total en la planta	Incremento en el peso	Disminución en el peso de la planta o en partes de ésta
Reacción general	6CO ₂ +6H ₂ O+energía y cloroplastos > C ₆ H ₁₂ O ₆ + 6O ₂ .	C ₆ H ₁₂ O ₆ + 6O ₂ + Mitocondria > 6CO ₂ + 6H ₂ O + Energía

Las flores, raíces, tubérculos y otros órganos o tejidos asimismo tienen relativamente papeles específicos con respecto a la adquisición (obtención) total del carbono. Mientras permanecen adheridos a la planta, muchos de estos órganos derivan la energía requerida para llevar a cabo sus funciones específicas de la actividad fotosintetizadora de las hojas. Existe por lo tanto, en plantas intactas una interdependencia entre estos diferentes órganos. Varios de estos órganos al momento de la cosecha rompen con esta interdependencia y por lo tanto se puede inducir a un cambio en su funcionamiento o metabolismo de poscosecha (Kays, 1991).

2.2.2.2 Cambios en la respiración

En contraste con el elevado grado de especialización entre los órganos respecto a la obtención de energía, la respiración ocurre en todas las células vivas y es esencial para el mantenimiento de la vida de los productos después de su cosecha. Kays (1991) ha determinado que tanto el proceso de obtención de energía (fotosíntesis) como el proceso de utilización de ésta (respiración) son afectados por factores internos y externos que a menudo interactúan. Por su importancia se incluyen como **factores internos** a la especie, variedad o tipo de cultivar, parte o porción de la planta, estadio de desarrollo, proporción, superficie/volumen, superficie o cubierta protectora, condiciones de manejo y cultivo y también la *composición química*. Entre los principales **factores externos** que influyen en la tasa respiratoria están: *temperatura, composición gaseosa, condiciones de humedad, luminosidad*, y otros factores que puedan inducir condiciones de estrés dentro de los productos cosechados.

La respiración es un proceso importante en las células dado que regula la liberación de energía a través del rompimiento de los compuestos a base de carbono y la formación de esqueletos de carbón necesario para el mantenimiento y reacciones de síntesis después de la cosecha. Desde el punto de vista de poscosecha, la tasa de respiración es importante por estos dos principales efectos. Sin embargo, la tasa de respiración también proporciona un indicador del total de la tasa de metabolismo de la planta o porciones de ésta (Kays, 1991).



Coorts (1973) revisó de manera detallada los cambios metabólicos internos en la respiración de flor cortada. Señala este investigador en base a dicha revisión que la tasa de respiración en muchas especies de flor cortada alcanza su máximo valor o "pico" al momento de la abertura completa de las flores, la cual decrece a medida que éstas maduran y senescen. Más tarde se presenta un segundo y dramático incremento en la tasa de respiración por un período relativamente corto, seguido por una caída o descenso final (figura 2.13).

De acuerdo con Mayak y Halevy (1970), citados por Coorts (1973), el segundo pico en la tendencia o dirección del fenómeno respiratorio define la última fase de la senescencia. Esto ha sido considerado como análogo o similar al incremento climatérico en el fenómeno respiratorio de muchos frutos. El segundo pico en la respiración de las flores puede ser utilizado para estimar la efectividad de las sustancias o compuestos que puedan retrasar la senescencia dentro de las que se encuentran la formulación de soluciones preservativas.

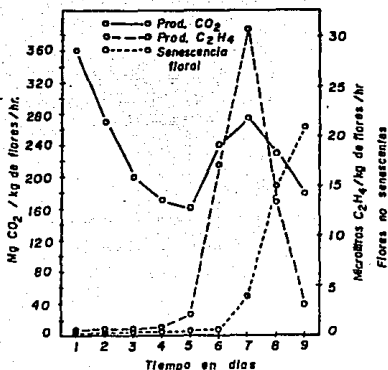


Figura 2.13
Cambios en la respiración de flor cortada de clavel
tomado de Mayak y Halevy (1970)

Mayak y Halevy (1970) apuntan que la caída gradual en la respiración de flores senescentes puede ser el resultado de un bajo suministro de sustratos rápidamente metabolizables principalmente azúcares. La translocación de sustratos respirables dentro de los pétalos de la flor al ovario ha sido demostrado en flores senescentes, la cual es promovida por la polinización y el etileno. De esta forma el suministro de azúcares exógenos a flores cortadas mantiene la "fuente" o suministro de materia seca y de sustratos respirables en los pétalos, promoviendo con ello el proceso respiratorio e incrementando la vida de florero de las flores (Coorts, 1973).

Adicionalmente, fué observado en rosas senescentes que durante la hidrólisis de carbohidratos las proteínas son degradadas a una mezcla de pequeños polipéptidos y aminoácidos, que originaría un incremento en el nivel de amonía como otro subproducto de la lisis o rompimiento de proteínas (Weinstein, 1951; citado por Salunkhe, 1990). La conversión del exceso de amonía en amidas tales como la asparagina y glutamina ha sido sugerido como el mecanismo más probable de destoxificación o cambio de pH (Sacalis, 1975).

Weinstein (1951), citado por Salunkhe *et al.*, (1990) propuso que el inicio de la hidrólisis de los componentes celulares, tales como las proteínas y carbohidratos es puesto en marcha como respuesta al agotamiento de azúcares libres utilizados en la respiración y es considerado como un suministro de sustratos respirables alternativo (por ejemplo, los esqueletos de carbono de los aminoácido). Esta hipótesis esta corroborada por la observación de que un suministro de azúcares exógenos retrasa el inicio de una excesiva degradación de proteína.

Mayak y Halevy (1980) determinaron que la necesidad de llenar el déficit o escasez parcial de energía creada puede activar rutas alternantes o complementarias con la formación de productos oxidativos que dispararían la senescencia floral. Asimismo, señalan que la presencia de cantidades sustanciales de azúcares en claveles senescentes conduce a la conclusión de que una fuente limitada de carbohidratos utilizados como sustratos puede ser claramente la causa u origen del inicio de la senescencia.

2.2.2.2.3. La Concentración de iones hidronio (pH)

Un incremento significativo en el valor del pH de la vacuola de algunos pétalos florales senescentes, fue atribuido a la proteólisis o rompimiento de proteínas y al incremento en el nivel de aminoácidos básicos tales como la asparagina en los pétalos viejos, seguido por la acumulación de radicales libres amoniacales. Estos cambios bioquímicos son en general similares a aquellos que ocurren en hojas en proceso de envejecimiento (Mayak, 1981).

Una disminución en el pH de los pétalos de flores viejas, debido al incremento en el nivel de ácidos orgánicos, ha sido demostrado en numerosas especies de flores. También ha sido demostrado que valores bajos de pH aceleran y están asociados con el fenómeno de senescencia en "gloria de la mañana" (*Ipomoea purpurea*) (Baumgartner *et al.*, 1975). Dado que el pH de la vacuola es ácido en comparación con el pH neutro del citoplasma normal, el rompimiento del tonoplasto puede causar una fuga de la vacuola, lo que reduciría el pH neutro de el citoplasma (Halevy and Mayak, 1979). El pH óptimo tanto de la hidrolasas como de la ribonucleasas y fosfolipasas esta en el rango de un pH ácido.

La decoloración o pérdida de color es un síntoma común en numerosas flores senescentes. Stewart y colaboradores (1975) citados por Satunkhe y asociados (1990) observaron que los cambios en la coloración de los pétalos senescentes son significativamente influenciados por el cambio en el pH de la vacuola.

2.2.2.2.4. La actividad enzimática

Cambios significativos en la actividad de numerosas enzimas hidrolíticas y oxidativas han sido demostrados como asociados con la senescencia de flor cortada. Así por ejemplo se ha reportado un incremento de las enzimas pirofosfatasa ácida y alcalina en flores senescentes de rosa, clavel y crisantemo (Parups, 1976).

Parups (1976), observó además que los preservativos químicos florales disminuyen o reducen la actividad de las pirofosfatasa ácida y alcalina y retrasan la senescencia en rosa, pero que estos mismos preservativos tienen poco efecto en clavel y crisantemo. Incrementos muy altos en la actividad de las enzimas tales como ribonucleasas, desoxirribonucleasas e hidrolasas de la pared celular han sido reportados en flores de "gloria de la mañana" (*Ipomoea purpurea*) (Matile and Winkebach, 1971). De acuerdo con Halevy y Mayak (1979), la actividad de la hidrolasa de flores senescentes no estuvo siempre correlacionada con el nivel correspondiente de las macromoléculas.

Ha sido demostrado que algunas enzimas hidrolasas tales como las ribonucleasas, betaglucosidasas y betagalactosidasas fueron sintetizadas *de novo*, mientras que el contenido total de proteína de la corola disminuyó, sugiriendo esto que la síntesis de proteínas es necesaria para el comienzo de la senescencia, el tratamiento de pétalos con sustancias inhibitorias de la síntesis de proteínas retrasaron la senescencia de éstos en algunas flores (Baumgartner *et al.*, 1975).

Molnar y Parups (1977) observaron que el nivel de algunos compuestos carbohidratados (almidón y lípidos) y ciertas enzimas (peroxidasas y ácido fosfatasa) disminuyeron en los tejidos senescentes de tallos de rosas mantenidos en agua solamente. En tejidos donde la senescencia fue retrasada por la utilización de soluciones azucaradas el contenido de lípidos y peroxidasas se mantuvo a un nivel relativamente alto; el nivel de almidón y de la enzima ácido fosfatasa se incrementaron uniformemente. Estos eventos permitieron sugerir que en el tallo de rosa cortada, el comienzo o retraso de la senescencia no está relacionado con la actividad de las enzimas ácido fosfatasa o peroxidasas.

2.2.2.3 Alteraciones en los procesos fisiológicos

2.2.2.3.1 El *status* o nivel de carbohidratos.

La síntesis y degradación de carbohidratos, ácidos orgánicos, proteínas y lípidos, pigmentos, compuestos aromáticos, fenoles, vitaminas y fitohormonas están clasificados como procesos metabólicos secundarios (respecto a la respiración y fotosíntesis), pero esta distinción es en alguna manera arbitraria. El metabolismo de la mayoría de estos productos es absolutamente esencial en ambas etapas de la vida del producto: pre y poscosecha. Durante el período de poscosecha, existe una continua síntesis de muchos compuestos y la degradación de otros para proveer los requerimientos de energía y los precursores o materiales para reacciones de síntesis. Muchos de estos cambios que ocurren después de la cosecha, en realidad no son deseables. Como una consecuencia de esto se llevan a cabo esfuerzos para almacenar y preservar los productos de una manera tal que se reduzca al mínimo el desarrollo de los cambios no deseados (Kays, 1991).

Coorts (1973) determinó que la senescencia de flor cortada esta estrechamente relacionada con un agotamiento de la energía requerida para las reacciones de síntesis, en base a esto señala que un suministro exógeno de azúcares ha sido recomendado como el más eficiente medio para retrasar el comienzo o inicio de la senescencia. Nichols (1973) plantea que los estadios finales del desarrollo floral se caracterizan por la ocurrencia de dos eventos importantes:

- 1. Disminución en el contenido o nivel de carbohidratos, y**
- 2. Disminución en el peso seco de los pétalos.**

Adicionalmente, este mismo autor determinó que por una mayor reducción observada de glucosa en lugar de sacarosa, son precisamente los azúcares a base de glucosa los principales constituyentes del conjunto de compuestos carbohidratados de los pétalos maduros. Asimismo, señala que la declinación o caída gradual en la tasa de respiración de flor cortada puede ser inducida por un suministro de sustratos fácilmente metabolizables tales como los azúcares.

El movimiento de sustratos carbohidratados de fácil asimilación de los pétalos al ovario ha sido demostrado en flores senescentes por Nichols (1976) y otros investigadores. Adicionalmente, han establecido que esta translocación esta promovida por la polinización y el etileno.

2.2.2.3.2 Cambios en la pigmentación.

La decoloración o pérdida de color es un síntoma común en numerosas flores senescentes. Los carotenoides y antocianinas, dos principales clases de pigmentos responsables de los diferentes colores de las flores, cambian significativamente durante el desarrollo y maduración de los órganos de la planta (Mayak and Halevy, 1979).

Simpson y colaboradores (1975) citados por Salunkhen *et al.*, (1990) observaron un incremento en la concentración de carotenoides oxidados a medida que la planta envejecía o avanzaba en su edad, resultados similares fueron reportados también en rosas. Salunkhe y colaboradores (1990) al citar a Goodwin (1966) consideraron a dicho cambio como la señal característica del comienzo de los procesos degenerativos y sin control oxidativos.

Diferentes cambios en el contenido de antocianinas de flores senescentes han sido observados. De esta manera Stickland (1972) reportó que mientras que en ciertas flores el nivel de antocianinas permanece estable en otras disminuye significativamente, en algunas flores en cambio las antocianinas son sintetizadas continuamente.

Stewart *et al.*, (1975) citados por Salunkhe y colaboradores (1990) observaron que los cambios en la coloración de los pétalos senescentes son significativamente influenciados por el cambio en el pH de la vacuola.

2.2.3 Regulación Hormonal de la Senescencia de Flor Cortada

2.2.3.1 Concepto y acción hormonal

Actualmente, se reconoce que el crecimiento y desarrollo de las plantas esta controlado por un complejo de hormonas o de inhibidores de la acción hormonal, los cuales son sustancias químicas fisiológicamente activas y producidas por la misma planta. Se han identificado dos tipos de hormonas que influyen en el alargamiento celular: las **auxinas** y las **giberelinas**.

El otro proceso fundamental involucrado en el crecimiento de las plantas es la división celular, mediante la cual se producen nuevas células. Los compuestos naturales que pueden influir en este proceso son las llamadas **citocininas**. Existen además, otros compuestos como el hidrocarburo gaseoso comúnmente reconocido como **etileno**, y dos inhibidores endógenos de las hormonas (el **ácido abscísico** y la **xantoxina**) que también operan en el complejo de compuestos que controlan el crecimiento y desarrollo de las plantas (figura 2.14), (Weaver, 1990).

Las hormonas y los inhibidores son también considerados como factores importantes que determinan las respuestas de las plantas a estímulos ambientales como la luz, la temperatura, y a diversas condiciones de estrés como la sequía y la humedad excesiva (Wain,1988).

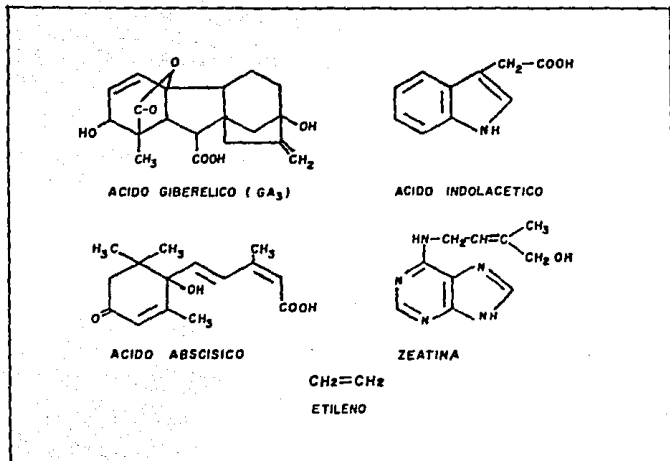


Figura 2.14
Estructura química de las principales hormonas vegetales
(Tomado de Kays, 1991).

Varner y Ho (1976) propusieron que los procesos fisiológicos de las plantas están basados fundamentalmente en la acción de un mecanismo de regulación hormonal. De esta manera cualquier proceso puede ser incrementado o disminuído en función de la concentración de las hormonas de la planta.

Malkinson (1980) señala que las hormonas son compuestos químicos que coordinan el metabolismo de las plantas. Estas se sintetizan o elaboran en ciertas partes o regiones de la planta y son vertidas al medio de transporte o circulación para operar en otras áreas. Los cambios en el medio interno y externo alteran el nivel o cantidad de la hormona. Cada hormona interactúa con un tejido específico que le sirve de blanco (**tejido blanco**) y en el cual inicia los cambios químicos que constituirán la respuesta del organismo. Así mismo, este autor apunta que atendiendo a su estructura química las hormonas se clasifican en tres grupos:

- 1. Hormonas derivadas de aminoácidos;**
- 2. Hormonas de naturaleza esteroide, y**
- 3. Hormonas de naturaleza peptídica.**

Asimismo, este autor señala que con respecto al sitio de acción sobre los órganos o tejidos blanco, las hormonas son clasificadas en:

- 1. Hormonas que actúan en la superficie de la célula (catecolaminas y de naturaleza peptídica), y**
- 2. Hormonas que actúan en el interior de la célula (esteroides).**

Se ha determinado que por lo general existen dos formas de controlar la tasa de producción de una vía metabólica (por ejemplo, respiración, síntesis o catálisis, etc.) una forma es cambiando la configuración (espacio-molecular) del enzima regulador de dicha función, otra forma es regulando la concentración intracelular de este enzima por medio de los cambios en las tasas de síntesis o degradación del mismo (Malkinson, 1980).

2.2.3.2 El Etileno

Salunkhe (1990) señala que aún cuando ha sido reconocido que cada uno de los grupos de hormonas vegetales (auxinas, giberelinas, citocininas, ácido abscísico y etileno) juegan un determinado papel en el proceso de regulación de la senescencia floral; los efectos del etileno han sido investigados más completa y extensivamente debido a su marcada importancia económica.

Existen numerosos reportes de los daños en las flores inducidos por el etileno tales como la senescencia prematura, el marchitamiento y/o enrollamiento de la corola, etc. durante el período de poscosecha, el etileno es el fitoregulator de mayor importancia por el papel que éste juega en la regulación de la senescencia de flores y en la maduración de muchos frutos. Yang (1980) al citar a Abeles (1973) señala que el etileno ha sido reconocido desde hace mucho tiempo como una sustancia que tiene profundos efectos sobre las plantas. Entre éstos se incluyen:

- 1. Inhibición del crecimiento,**
- 2. Promoción del crecimiento radicular,**
- 3. Iniciación de la floración,**
- 4. Modificación de la expresión sexual de la flor,**
- 5. Pérdida del color verde de los frutos,**
- 6. Estimulación del crecimiento e iniciación de la maduración de frutos ,**
- 7. Participación en la resistencia a enfermedades,**
- 8. Promoción de la abscisión de hojas y frutos,**
- 9. Rompimiento del estadio de reposo o dormancia de semillas y botones,**

10. Liberación de la dominancia apical y

11. Regulación de la proliferación de los tejidos.

Adicionalmente Yang (1980) establece que todos los tejidos de la planta presentan la capacidad de producir etileno, aún cuando la tasa de producción es normalmente baja. Agrega este mismo investigador que a pesar de que el etileno es un hidrocarburo gaseoso de estructura química simple ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$) es, a diferencia de otros compuestos, considerado como una hormona vegetal.

El etileno es sintetizado a partir de la molécula de azufre contenida en el aminoácido metionina. Este aminoácido fué sugerido primeramente por Liberman y Mapson como el posible precursor del etileno (Lieberman and Mapson, 1964; citados por Yang, 1980). En la conversión, el carbono 1 (C-1) de la metionina es convertido a bióxido de carbono (CO_2), el carbono 2 (C-2) a ácido fórmico y el carbono 3,4 (C-3,4) a etileno. El átomo de azufre, sin embargo, es retenido en el tejido (Burg and Clagett, 1967; citados por Yang, 1980). Es biológicamente importante que el azufre no se pierda como volátil, porque la concentración de metionina en los tejidos vegetales es muy baja y podría llegar a ser una condición limitante si éste no fuera reciclado. Adams y Yang (1977) han presentado evidencias que demuestran que la metiltioadenosina (MTA) y su subproducto, derivado por hidrólisis, la metiltioribosa (MTR) son derivados a partir del grupo CH_2S de la molécula de metionina durante su conversión a etileno, y han fundamentado el papel del S-adenosilmetionina (SAM) como un intermediario en la biosíntesis del etileno a partir del aminoácido metionina.

Se ha pensado que el significado evolutivo de la participación del SAM como un intermediario en la biosíntesis del etileno es para conservar y reciclar el átomo de azufre para la metionina. Se ha demostrado temporalmente que la producción de etileno, así como también la conversión de metionina a etileno, es suspendida en los tejidos vegetales que son colocados en una atmósfera anaeróbica o carente de oxígeno, y que un resurgimiento en la producción de etileno ocurre una vez que dicho tejido es puesto en una atmósfera libre o con aire.

Estas observaciones permiten indicar que durante y bajo condiciones anaeróbicas ocurre la acumulación de un intermediario que posteriormente es convertido a etileno una vez que dicho intermediario es expuesto al oxígeno (Abeles, 1973; citado por Yang, 1980). Adams y Yang (1977), demostraron que en una atmósfera con aire, la metionina fue eficientemente convertida en etileno. En cambio en un ambiente saturado de nitrógeno, la metionina no fue metabolizada a etileno sino que fue convertida a MTA y a un compuesto químico que más tarde fue identificado como 1-ácido carboxílico-1-aminociclopropano (ACC). En presencia de aire, el ACC fue rápidamente convertido en etileno, demostrándose con esto que dicha conversión es dependiente de la presencia de oxígeno. Estos resultados permiten indicar que la biosíntesis del etileno sigue la siguiente ruta o modelo:

Metionina / SAM / ACC / Etileno

La reacción de síntesis del etileno requiere de la presencia de oxígeno, lo cual representa el punto donde la ruta para la síntesis de éste puede ser inhibida por efecto de la disminución de las condiciones o niveles de oxígeno. Se tiene conocimiento que la tasa de síntesis del etileno es alterada por un amplio rango de factores ambientales. La concentración o nivel de oxígeno y la temperatura son dos de los factores más importantes; cuando cualquiera de éstos es suficientemente bajo, la síntesis es reducida. Adicionalmente, se ha determinado que las condiciones de estrés (hídrico, mecánico y otros) estimulan la síntesis de etileno y bajo ciertas condiciones lo hacen marcadamente. Sin embargo, se han encontrado algunos compuestos químicos que actúan como potentes inhibidores de la síntesis del etileno entre los que destacan la rizobitoxina y la aminoetoxivinilglicina (AVG) (figura 2.15) (Kays, 1991).

Mientras que pareciera que el etileno es sintetizado en todas las células, el sitio preciso de su síntesis dentro de éstas no está aún aclarado. Numerosas investigaciones apoyan el punto de vista de que la enzima catalizadora está asociada con el tonoplasto o vacuola (Guy and Kende, 1984; citados por Kays, 1991). Dado que el etileno es producido continuamente por todas las células de la planta, es necesario que exista algún mecanismo que prevenga la acumulación de esta hormona en el interior de los tejidos. A diferencia de otras hormonas, los gases del etileno se difunden rápidamente hacia fuera de la planta.

Este **mecanismo pasivo** de emanación del etileno de la planta parece ser el primer medio de eliminación de la hormona durante el período de poscosecha, técnicas tales como como la ventilación y las condiciones hipóbaricas ayudan a facilitar este fenómeno. El sistema de eliminación pasiva del etileno podría implicar que la concentración interna de este compuesto es controlada mayormente por la tasa de síntesis más que por la tasa de remoción de la hormona (Yang and Hoffman, 1989). La **sensibilidad** o grado de respuesta del órgano o tejido al etileno es el resultado de una intrincada y compleja interacción entre factores internos tales como las hormonas vegetales, la reserva de carbohidratos y la concentración osmótica del tejido de los pétalos. Por consiguiente, los tejidos presentan variación en cuanto a su respuesta a la presencia de etileno, de esta manera las flores jóvenes no presentan respuesta, mientras que las flores maduras si presentan dicha respuesta (Mayak and Halevy, 1980).

2.2.3.3 Auxinas

La palabra **auxina**, derivada del vocablo griego *auxin*, y cuyo significado es **incremento** está asignada a un grupo de compuestos químicos que estimulan la entongación o alargamiento celular. El ácido indolacético (IAA) (figura 2.16) es la forma más común de este tipo de hormonas. Aún cuando las auxinas se encuentran a través de toda la planta, las concentraciones más altas están localizadas en las regiones o tejidos meristemáticos de crecimiento activo, tales como los ápices. Los compuestos auxínicos han sido encontrados en sus formas libres y conjugadas.

Las formas conjugadas se encuentran de manera inactiva y ligadas metabólicamente a otros compuestos de bajo peso molecular. Existen evidencias de que estos compuestos presentan reversibilidad en cuanto su estado activo. La concentración de auxina libre en los tejidos vegetales de una planta comprende un rango que va de 1 a 100 ppm del peso fresco de dicha planta. En contraste, la concentración de auxina conjugada resulta mucho mayor (Kays, 1991).

Goldsmith (1977) reportó que una característica importante de las auxinas es la fuerte polaridad que exhiben en su transporte o translocación a través de la planta. El transporte polar del ácido indolacético (IAA) sugiere que éste se mueve en el citoplasma y es secretado de la porción basal terminal de las células de los vástagos o brotes (región apical) por medio de un *mecanismo dependiente de energía*, esto es de manera basipétala fuera del extremo apical de la planta hacia la base de la misma.

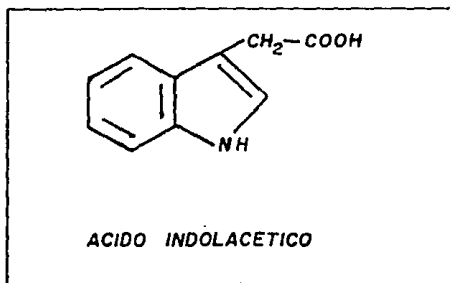


Figura 2.16
Estructura del ácido 3-Indolacético
(Tomado de Kays, 1991).

Wilkins y Whyte (1968) concluyeron que el transporte polar del ácido indolacético (IAA) tanto de la porción de las raíces como de los brotes o vástagos requiere de energía metabólica ya que éste no puede ser transportado bajo condiciones anaeróbicas. Este flujo de auxinas reprime el desarrollo de los vástagos laterales axilares a lo largo del tallo, manteniéndose así la **dominancia apical**. El movimiento de las auxinas fuera de la hoja hacia la base del peciolo también aparenta prevenir la abscisión de la hoja.

Las auxinas han sido implicadas en la regulación de numerosos procesos fisiológicos. Bandurski *et al.*, (1977) enlistan en la tabla 2.B una serie de respuestas fisiológicas a niveles celular, de órgano y planta completa de la aplicación exógena de auxinas. Estas respuestas involucran división celular, alargamiento y diferenciación de la célula.

La estrecha semejanza químico-estructural del aminoácido triptofano y el ácido indolacético (IAA) son la base del supuesto de que este aminoácido es convertido a IAA mediante la pérdida del radical carboxílico y el radical amino (Schneider and Wightman, 1974). La biosíntesis del IAA a partir del triptofano es una ruta o vía claramente establecida. El problema central por resolver sería entonces que a partir de la existencia natural de un mayor depósito de triptofano en comparación con el contenido de IAA la regulación del nivel endógeno de las auxinas deberá estar en los productos intermedios resultantes del triptofano y el IAA.

Tabla 2.B Respuestas fisiológicas a la aplicación exógena de auxinas
(Tomado de Bazzurri et al., 1977)

Fenómeno	Efecto
a) Efectos a nivel celular	
División celular	Estimula la división del cambium celular
Elongación celular	Estimula el crecimiento de los vástagos Inhibe el crecimiento radicular.
Diferenciación celular	Estimula la diferenciación del xilema. Estimula la diferenciación del floema. Promueve la diferenciación de raíz en cortes. Regula la morfogénesis del tejido del cñito.
b) Efectos a nivel de órgano y de la planta completa.	
Morfología de las plantas de semillas	Revierde la inhibición por luz roja de la elongación del mesocotilo.
Geotropismo	El ácido indolacético es transportado a las porciones más bajas de los vástagos.
Fototropismo	El ácido indolacético es transportado al lado "obscuro" de los vástagos.
Dominancia apical	Reemplaza o sustituye al botón apical.
Senescencia de hojas	Retrasa la senescencia
Abscisión de hojas	Las auxinas aplicadas a la hoja inhiben la abscisión Las auxinas aplicadas cerca de la capa de abscisión promueve a ésta.
Floración	Puede promover la floración
Amara de frutos	Permite el desarrollo de frutos partenocarpicos
Maduración de frutos	Retrasa la maduración

Thimann (1974) señala que las auxinas son activas a niveles muy bajos en las células de las plantas y como consecuencia de esto, es esencial un control preciso de la concentración molecular interna. La interconversión y catabolismo (degradación o fraccionamiento) de IAA puede ser regulado por la acción de compuestos enzimáticos (por ejemplo, la enzima IAA-oxidasa) y medios no enzimáticos (por ejemplo, luminosidad, oxidación directa del peróxido de hidrógeno, radiación ultravioleta y otros). Las enzimas peroxidasas tienen la habilidad para oxidar a las auxinas. De esta manera la concentración endógena de auxinas puede llegar a ser disminuida por la acción de dichas enzimas.

Varner y Ho (1976) han determinado que la regulación hormonal de un proceso fisiológico puede estar acompañada de la presencia de algún mecanismo con sentido proporcional. De esta forma todo proceso experimenta un incremento a medida que la concentración o nivel del factor aumenta y por contraparte, dicho proceso disminuye a medida que la concentración del factor baja. Con base en esta serie de observaciones, los cambios en la concentración del nivel de hormonas vegetales pueden ser interpretados como una señal de operatividad y control de los procesos fisiológicos. Este principio parece ser común al resto de los diferentes tipos de hormonas vegetales.

El papel de las auxinas en el control de la senescencia de flor cortada ha sido tratado principalmente bajo el estudio de éstas en pétalos aislados de flor de clavel. De esta forma, Sacalis (1993) reportó que una solución a base de auxinas promovió de manera rápida la senescencia en pétalos aislados de clavel, sin embargo cuando los pétalos fueron removidos con sus bases, éstos fueron incapaces de responder a la aplicación de auxinas exógenas. Los principales síntomas que presentaron los pétalos aislados de clavel a la exposición de auxinas fueron el enrollamiento y pérdida del peso fresco de los mismos.

Sin embargo, Gilbert y Sink (1970) asignaron a las auxinas un importante papel en el control de la senescencia de flores de poinsettia. Ambos investigadores plantearon la hipótesis de que las auxinas retrasaron la senescencia en esta especie floral por medio de la inducción de la síntesis de enzimas peroxidasas, las cuales previenen la acumulación de peróxidos libres asociados con el fenómeno de envejecimiento. De esta forma las auxinas pueden estar asociadas con factores que determinan la sensibilidad al etileno.

Wulster y colaboradores (1981), citados por Salunkhe *et al.*, (1990) determinaron que el ácido indolacético (IAA) promovió la senescencia en pétalos aislados de clavel por medio del incremento en el contenido y duración de la producción de etileno. Asimismo observaron que la habilidad de los pétalos para responder al IAA parece estar en función de la edad fisiológica del tejido. Adicionalmente, estos investigadores notaron que el IAA incrementa la evolución del etileno solamente en proporciones específicas de los pétalos.

2.2.3.4. Giberelinas

Las giberelinas (GAs) son un extenso grupo de hormonas vegetales cuya molécula básica para las diferentes formas es un ácido terpenoide de veinte carbonos (figura 2.17). Fueron originalmente aislados como metabolitos o residuos del hongo *Fusarium moniliforme*, el cual es un estadio imperfecto del hongo *Gibberella fujikuroi* del cual toman su nombre característico. Se ha demostrado que las giberelinas causan un amplio rango de respuestas fisiológicas y a menudo un espectacular crecimiento del tejido cuando son aplicadas a plantas intactas. Este grupo de hormonas está ampliamente distribuido, y probablemente sean universales en especial en plantas superiores donde son generalmente hormonales (Jones, 1973).

Aproximadamente, se han aislado 84 diferentes tipos de giberelinas, de los cuales 68 corresponden a formas libres y 16 a formas conjugadas, muchos de estos compuestos son productos intermedios en la ruta de su biosíntesis con una pobre o reducida acción hormonal. Generalmente, los diferentes tipos de giberelinas son designados por un número (por ejemplo: AG₁, AG₂, AG₃, etc.) que resulta del orden cronológico de su aislamiento e identificación. La obtención y aislamiento de giberelinas se ha hecho a partir del hongo *Gibberella fujikuroi* y de plantas superiores. Algunos tipos de giberelinas son comunes a ambas fuentes (Jones, 1973).

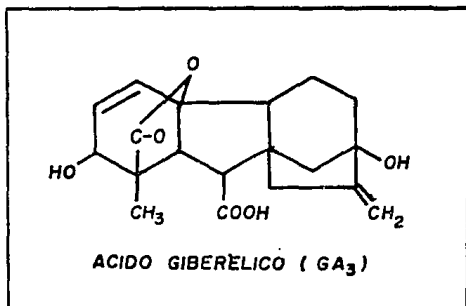


Figura 2-17
Estructura química del ácido giberelico (AG3)
(Tomado de Kays, 1991).

Hedden y colaboradores (1978) han señalado que la molécula o estructura química de las numerosas y diferentes formas existentes de giberelinas solamente difieren una de otra en el estado oxidativo de la estructura del anillo de carbono y en los grupos hidroxilo presentes. Sin embargo, aclaran que en algunas plantas y partes de éstas, las giberelinas también están presentes en forma de glucósidos. Adicionalmente, apuntan estos mismos investigadores que numerosas formas inactivas de giberelinas pueden ser rápidamente convertidas a compuestos químicamente activos con acción hormonal mediante hidrólisis.

Lang (1970) estableció que por lo menos hasta la giberelina número 12 (AG₁₂) opera una ruta general y común de biosíntesis de estas hormonas en plantas superiores. Esta ruta comienza con el ácido mevalónico, de donde se obtiene el primer compuesto de la vía cíclica: **caureno**. A través de una serie de reacciones no comprendidas aún de manera clara, el caureno es convertido a varios tipos de giberelinas. Sin embargo, se aclara que parece ser que existe una interconversión entre giberelinas dentro de la planta. De donde por ejemplo; la GA₁ puede ser convertida a GA₃ o GA₄ y subsecuentemente hasta GA₆ o GA₁₀. Asimismo se ha determinado que los compuestos conjugados pueden representar un importante medio para la modulación o control de la concentración interna de estas hormonas en la planta.

Cuando las giberelinas son aplicadas al tejido de la planta ocurre una rápida conversión a la forma inactiva. Posteriormente, éstas pueden ser degradadas o fraccionadas a compuestos inactivos. Esta degradación depende tanto del nivel o concentración interna de la hormona como del estadio de desarrollo o crecimiento del tejido (Lang, 1970).

Las giberelinas son sintetizadas en la región del primordio apical de las hojas, porciones terminales de la raíz y en semillas en crecimiento. Esta clase de hormonas no presentan la marcada polaridad en el transporte o translocación como la observada en las auxinas. Sin embargo, en algunas especies de plantas se reporta la existencia de una translocación basipétala en el tallo.

Adicionalmente, se ha determinado que las giberelinas presentan una translocación bidireccional en el interior de la planta, ésto implica que dichas hormonas viajan a través del floema y del xilema (Jones, 1973).

Weaver (1990) señala que el efecto más sorprendente de la aplicación o uso de giberelinas es la estimulación del crecimiento. Se ha argumentado que el ácido giberélico (AG) promueve o estimula el crecimiento de las plantas por medio de su acción en la expansión y división celular o bien afectando ambos fenómenos. Es importante enfatizar que la división celular por sí sola no puede resultar en el crecimiento mismo del organismo. Green (1976) citado por Jones y MacMillan (1984) ha definido al crecimiento como un incremento irreversible en el volumen. La división celular puede contribuir al crecimiento sólo mediante la producción de más células, las cuales pueden experimentar expansión y con ésto crear volumen.

Las giberelinas pueden promover también la floración en numerosas especies con requerimientos específicos de termoperiodo. Asimismo, este tipo de hormonas pueden detener o acortar el estado de reposo o latencia de las semillas de muchas especies. En algunas plantas las giberelinas realizan o incrementan la dominancia apical, por ejemplo en cultivares o variedades de chícharo enano la aplicación de giberelinas promueven el desarrollo de plantas con altura normal (Brian and Hemming, 1955; citados por Weaver, 1990).

Weaver (1990) señala al citar a MacLeod y Millar (1962) que las giberelinas promueven la expansión celular por medio de un incremento en la actividad enzimática tendiente a debilitar las paredes celulares. La aplicación de giberelinas promueve la síntesis de enzimas proteolíticas las cuales pueden aumentar por efecto de su acción el contenido de aminoácido triptofano, precursor mediato del ácido indolacético (IAA) o auxina. Adicionalmente, se ha formulado otro mecanismo mediante el cual las giberelinas estimulan la expansión celular. En base a éste, se establece que las giberelinas promueven la expansión celular a través de un incremento en la producción de la enzima alfa-amilasa, la cual hidrólisa o fracciona al almidón, aumentando con ello la concentración de azúcares y elevándose de esta forma la presión osmótica en la savia de la célula, de tal manera que se promueve la entrada de agua a la misma forzándola a expandirse.

Reid y Evans (1986) citados por Salunkhe *et al.*, (1990) han determinado que cada uno de los diferentes tipos de hormonas o reguladores vegetales del crecimiento tienen marcados efectos en los procesos fisiológicos de flor intacta, flor cortada y porciones o partes de éstas (como por ejemplo; pétalos de clavel). Ambos investigadores atribuyen a las giberelinas un posible efecto en la apertura de flor en base a que éstas involucran el crecimiento de los pétalos o bien el estrechamiento de tejidos.

Steinitz y Cohen (1982) citados por Salunkhe y colaboradores (1990) demostraron que el ácido giberélico incrementó el número de flores abiertas en los tallos de menta. Asimismo, estos mismos investigadores reportan al citar a Cywinska-Smoter *et al.*, (1978) que el AG₃ incrementó el desarrollo, el peso seco de la flor y el tamaño de los pétalos en claveles.

Fletcher y Osborne (1965) citados por Sacalis (1993) demostraron que las giberelinas retrasan la senescencia en un buen número de tejidos vegetativos. Sacalis (1993) por otra parte comprobó que la aplicación de giberelinas incrementan, al igual que las citocininas la longevidad de pétalos aislados de clavel.

2.2.3.5 Citocininas

El crecimiento de un organismo pluricelular complejo es generalmente el resultado de la interrelación de procesos de división y expansión celular. El crecimiento y desarrollo normal implica claramente un estricto control a nivel espacial y temporal, así como la coordinación de estos procesos. Una interesante hipótesis formulada para explicar el control y la coordinación en el crecimiento y desarrollo es que la división y expansión celular pueden estar regulados por efecto de la distribución, entre los tejidos de un controlador químico específico para estos procesos (Horgan, 1984).

La existencia de sustancias específicas que presentaran la capacidad de controlar la división celular en las plantas fué postulada muchos años antes que dichas sustancias fueran descubiertas. Wiesner (1892) citado por Horgan (1984) fué el primer investigador en manejar el concepto de controlador químico de la división celular en plantas.

Miller (1956), citados por Horgan (1984) aisló de manera pura un compuesto químico altamente activo e inductor de la división celular. Este compuesto fué identificado como 6-furfurilamino-purina y fué llamado **quinetina**. En virtud de que su aislamiento fué hecho a partir del ácido desoxirribonucleico (DNA) del esperma de arenque, se pensaba que la quinetina era un derivado directo del DNA. Sin embargo, se demostró que este regulador se obtenía a partir del rompimiento y reacomodo del DNA. Se observó también que las quinetinas sintéticas poseen un alto potencial promotor de la división celular en plantas de tabaco.

Originalmente, el término genérico para este tipo de reguladores del crecimiento vegetal fué de quinetinas; sin embargo, este mismo término era utilizado en bioquímica animal por la que se decidió cambiarlo por el de **citocininas**, el cual hace referencia a aquellos compuestos químicos hormonales que promueven la **citocinesis** o **división celular** en células vegetales (Dennis, 1977).

Las citocininas son hormonas vegetales que se encuentran en muy pequeñas cantidades en la mayoría de los tejidos vegetales, condición que dificulta su aislamiento e identificación. Weaver (1990) señala que las citocininas son compuestos químicos de ocurrencia natural o sintética que promueven la división celular en ciertos tejidos vegetales. Generalmente, la acción fisiológica de estos reguladores se correlaciona con su ubicación en las regiones y períodos de división celular activa. Probablemente, las citocininas son sintetizadas en las plantas o porciones terminales de las raíces y son translocadas por el xilema hacia el tallo y las hojas.

Todas las citocininas naturales contienen una parte o porción sustituida de adenina en el nitrógeno número seis de la estructura básica molecular (figura 2.18). La zeatina fue la primer citocinina natural aislada e identificada. El modo preciso de acción de las citocininas es desconocido. Sin embargo, cuando las citocininas son aplicadas externamente al tejido de la planta, éstas son extensiva o completamente metabolizadas (Kays, 1991).

Las citocininas presentan un amplio rango de efectos fisiológicos cuando son aplicadas externamente a la planta completa, tejidos u órganos de esta. Sin embargo, una de las más impresionantes respuestas de las citocininas es la rediferenciación de ciertos tejidos de la planta, cuando éstos son cultivados para formar órganos. En combinación con las auxinas, las citocininas dejan ver una importante relación cuantitativa en la regulación de la morfogénesis (Brenner, 1981).

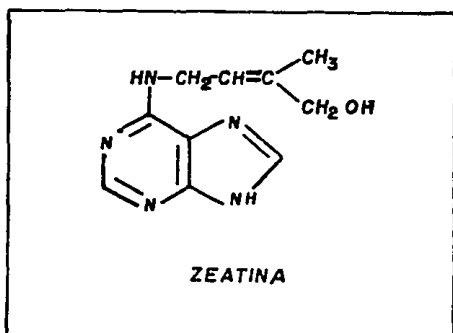


Figura 2.18
Estructura química básica de las citocininas;
(Tomado de Kays, 1991)

Las citocininas pueden originar un incremento en el tamaño de la hoja y en los tejidos del cotiledón por medio de un proceso que involucre solo el alargamiento de la célula. En combinación con las giberelinas, las citocininas son capaces de modificar marcadamente la forma de las hojas en plantas intactas. En base a este fenómeno, se ha sugerido que el desarrollo normal de la planta de la hoja podría estar controlado por la proporción o relación giberelinas/citocininas (Brenner, 1981).

Un marcado efecto de la aplicación externa de citocininas es su habilidad para retrasar o disminuir la tasa de pérdida de clorofila y degradación de proteína las cuales generalmente acompañan el proceso de senescencia de hojas. Este efecto fué primeramente descrito por Richmond y Lang (1957); citados por Horgan (1984). Estudios más recientes han demostrado que numerosos procesos involucrados en el fenómeno de la senescencia son influenciados por las citocininas.

Berridge y Ralph (1969); citados por Horgan (1984) señalan que las estructuras de los ribosomas agregados son mantenidas o estabilizadas, y que ocurre una reducción significativa en numerosas actividades de la membrana de los cloroplastos que inevitablemente están relacionados con la senescencia. Asimismo, las citocininas también suprimen los cambios en la tasa de respiración y el acoplamiento mitocondrial relacionados con la senescencia. En relación con estos efectos antisenescentes de las citocininas, un efecto muy importante de estas hormonas es su habilidad para dirigir el movimiento o desplazamiento de numerosas sustancias (sustratos) hacia áreas o regiones de la planta tratadas con este tipo de reguladores del crecimiento.

Adicionalmente, las citocininas pueden sustituir o interactuar con la luz en el control de un buen número de procesos fisiológicos. Entre éstos se incluyen la germinación de semillas, la síntesis de pigmentos y el desarrollo de cloroplastos. Las citocininas pueden restaurar la estructura de los cloroplastos y recomenzar la síntesis de clorofila en hojas amarillas removidas de ciertas plantas (Dyer and Osborne, 1971; citados por Horgan, 1984).

2.2.3.6 Ácido Abscísico

Weaver (1990) al citar a Addicott y Lyon (1969) señala que la hormona vegetal reconocida como **ácido abscísico (ABA)** es el más importante y difundido inhibidor de plantas. Los inhibidores constituyen un grupo bastante heterogéneo de fitohormonas que generalmente inhiben o retrasan los procesos fisiológicos y bioquímicos de las plantas. Adicionalmente, aclara que los inhibidores endógenos o naturales pueden promover diferentes respuestas, como por ejemplo inhibir el crecimiento e inhibir la síntesis de auxinas y giberelinas, etc.

La presencia de sustancias inhibitoras del crecimiento en extractos de material vegetativo ha sido reconocido desde hace muchos años, pero sin embargo, los trabajos de investigación conducidos en detalle sobre los agentes causales se iniciaron con Bennet-Clark y colaboradores, basados en el empleo de las técnicas de análisis cromatográfico (Bennet-Clark *et al.*, 1952 citados por Milborrow, 1984).

El aislamiento e identificación del inhibidor del crecimiento conocido actualmente como **ácido abscísico** fue realizada de manera simultánea pero individual por Cornforth *et al.* (1985) y el grupo de investigadores encabezados por Addicott (Addicott *et al.*, 1963; citados por Milborrow, 1984). La molécula natural de ácido abscísico que es ópticamente activo se disuelve o desintegra a una temperatura de 161 °C mientras que el ABA sintético compuesto de una doble estructura similar (efecto espejo), lo cual confiere a dicha sustancia una forma cristalizada más estable, se desintegra a 190 °C (figura 2.19).

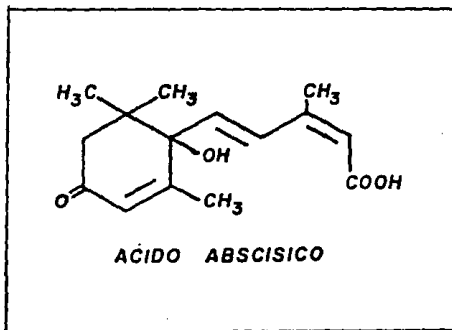


Figura 2.2.3.6.A
Estructura del ácido abscísico
(Tomado de Keys, 1991).

El ácido abscísico sólo se encuentra en concentraciones o niveles muy bajos en el tejido vegetal, éste ha sido el principal inconveniente en el estudio de sus efectos en base a la posible acción de encubrimiento de otras fitohormonas. La función más importante de los inhibidores del crecimiento y desarrollo vegetal es el retener o impedir el crecimiento excesivo y sin control de las plantas. Asimismo, estos compuestos tienen efectos específicos en el letargo y reproducción de los tejidos vegetales. Las raíces de algunas plantas, por ejemplo excretan sustancias inhibitoras en el suelo que pueden llegar a impedir el desarrollo de otras plantas a su alrededor, reduciendo con ello la competencia por espacio, luz y nutrientes (Nitach, 1957; citados por Weaver, 1990).

Simpson y Wain (1961), citados por Milborrow (1984) observaron que el esquema o estructura de carbono del ácido abscísico se asemeja a las porciones terminales de algunos tipos de carotenoides, incluso en la posición de los átomos de oxígeno, en base a esto propusieron la síntesis directa del ABA a partir de estos compuestos.

Los inhibidores naturales, tales como el ABA son sustancias orgánicas aromáticas derivadas de compuestos fenólicos y ácidos benzoicos. Sin embargo, la ruta exacta de la biosíntesis de estas hormonas vegetales permanecen aún sin revelar (Milborrow, 1967; citado por Weaver, 1990).

El ácido abscísico ha sido encontrado en todos los tejidos de plantas superiores examinados entre estos se incluyen raíces, xilema de árboles leñosos o tronco grueso, savia del xilema y floema, polen, pétalos, frutos y semillas. Las concentraciones varían ampliamente, desde 3-5 ppm en plantas acuáticas hasta 1,000 ppm en el mesocarpio del fruto de aguacate. El contenido de ABA en las hojas a temperatura ambiente durante la cosecha de plantas es generalmente de 50 a 500 ppm. El ácido abscísico es translocado muy rápidamente en el floema de una célula a otra, de donde se deduce que la presencia de éste en determinado tejido no es una garantía de que fué formado o sintetizado ahí (Milborrow, 1984).

Los efectos del ABA sobre el crecimiento vegetal comprende aspectos tales como la interacción con las sustancias promotoras del crecimiento. Dorffling (1976) citado por Milborrow (1984), determinó que el papel del ácido abscísico es el de un inhibidor correlativo, en base a que regula por ejemplo el crecimiento de los botones laterales en respuesta a los cambios en el sistema apical.

Sin embargo, es extremadamente difícil descubrir cuál es la principal acción o efecto del ABA cuando un fenómeno tan complejo, interrelacionado y cíclico como lo es el proceso de crecimiento celular, es afectado por el exceso de un solo componente. Cuando el ácido abscísico es aplicado en órganos sin crecimiento se observa una inhibición de la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos, así como un efecto en las membranas y en el contenido de otras fitohormonas presentes, e incluso puede inducir cambios degenerativos tales como la senescencia. Adicionalmente, han sido observados efectos biológicos del ABA en la inducción y mantenimiento del reposo de algunas semillas, tubérculos y botones. Se ha demostrado también que el ABA inhibe la germinación de semillas, sólo si éste es utilizado en concentraciones lo suficientemente altas, pero dicho efecto es transitorio (Wareing and Saunders, 1971; citados por Miborrow, 1984).

El papel atribuido al ácido abscísico en los pétalos de flor es que éste regula su proceso de senescencia. El nivel endógeno de ABA se incrementa a medida que el pétalo senesce. Este incremento es mayor en aquellos cultivares precoces o de vida corta comparado con los cultivos de vida larga (Mayak and Halevy, 1979).

Las aplicaciones exógenas de ABA aceleraron la senescencia de flores de clavel, así como también la de rosas. El marcado desarrollo de la senescencia estuvo reflejado en una variedad de cambios tales como la disminución del contenido de proteínas y un incremento en la actividad de la enzima ribonucleasa.

Así mismo, Mayak y Halevy (1979) señalaron que la síntesis *de novo* de esta enzima probablemente está relacionada con un incremento en su actividad durante las etapas o estadios finales de la senescencia de pétalos de *Ipomoea purpurea* ("gloria de la mañana").

Halevy y colaboradores (1974) determinaron que por el efecto del cierre estomatal en las hojas, el ácido abscísico reduce la pérdida de agua de los tallos florales, de tal modo que retrasa la senescencia de la flor. Asimismo, se ha precisado que el ABA trae aparejado un incremento prematuro en la producción de etileno. Adicionalmente, se ha sugerido que la modificación de la membrana celular está controlada por el balance o relación citoquinina/ABA.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Material Vegetal

Fueron utilizados 720 tallos florales de flor cortada de clavel (*Dianthus cariophyllus*, L.) variedad White Candy (figura 3.1) en estadio comercial de botón abierto o estadio III en base al desarrollo fenológico del botón floral de flor cortada de clavel determinado por Casp y colaboradores (1980) (figura 3.2).

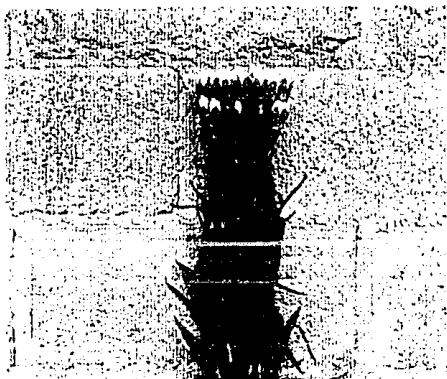
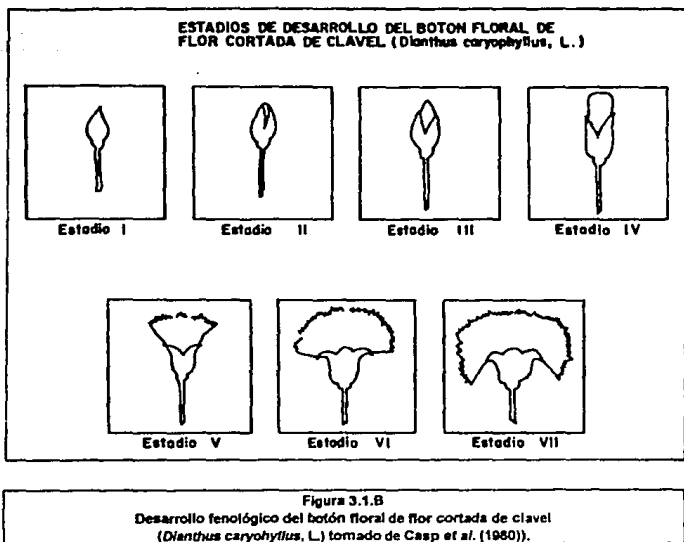


Figura 3.1
Flor cortada de clavel variedad White Candy



Los tallos florales fueron contabilizados porcentualmente en base a su apariencia externa comparativa al momento de la lectura u observación considerando la diferencia fenológica presentada y reportada por Casp y colaboradores (1980) en su investigación sobre la caracterización objetiva de los estadios de apertura de flor cortada de clavel. El tiempo a partir del día cero, cuando las flores fueron colocadas en los recipientes, hasta los primeros signos de marchitamiento de los pétalos son descritos como vida de florero.

Materiales y Métodos

Todos los tallos fueron recortados a una longitud de 45 cm y colocados en frascos individuales de vidrio (floreros) con una capacidad de 1000 ml previamente desinfectados que contenían las soluciones de prueba o evaluación y de mantenimiento (500 ml de ambas soluciones). Las flores fueron colocadas a temperatura ambiente y bajo luz incandescente (2.2 Klx) durante la noche a través de todo el período de tiempo que duró la evaluación.

Los tallos florales utilizados fueron cultivados bajo condiciones de invernadero en la región agrícola productora de flor de Villa Guerrero, Estado de México. Las flores fueron cortadas durante la mañana y transportadas inmediatamente al laboratorio de Bioquímica y Fisiología Vegetal de la F.E.S.-Cuautitlán, UNAM (Kilometro 2.5 carretera Cuautitlán-Teoloyucan, Estado de México).

Las flores fueron seleccionadas en base al estadio y apariencia o sanidad. A cada uno de los tallos se le eliminaron todas las hojas posteriores al tercer par, procurando evitar la pudrición y proliferación de microorganismos en los recipientes o floreros que contenían la solución de mantenimiento. Asimismo, se eliminaron todos los "chupones" o tallos vegetativos laterales que durante el curso de la evaluación lograron aparecer. El área del laboratorio siempre se mantuvo ventilada y limpia.

3.2 Productos Químicos

Los productos utilizados fueron: ACTIVOL (ácido giberélico AG; 1 gr e ingredientes inertes 9 gr; ICI de México); GAPOL-PLUS (Molibdeno 0.59%, cobalto 0.31%, boro 0.16%, ácido naftalenacético 12 ppm, ácido indolacético (IAA) 12 ppm y ácido cítrico 0.03 ppm; Gapol de México); KINEKAS (citocininas como quinetas 0.05%; estabilizantes c.b.p. 1,000 l, Alta Tecnología Agrotécnica., México) y AGROMIL-V (riboflavina 0.86 ppm, nicotinamida 0.16 ppm, colina 748,81 ppm, niacina 84.56 ppm, tiamina 100.11 ppm, diluyentes y acondicionadores 22.20 ppm; Laboratorios Agroenzimas, Méx.)

Se elaboraron soluciones "stock" o de aforo (1500 ml) de cada uno de los productos y para cada dosis. Se evaluaron seis dosis (0 ppm o tratamiento control; 0.5 ppm; 1 ppm; 5 ppm; 10 ppm y 15 ppm) de cada producto. Las soluciones fueron preparadas con agua purificada (Agua Electropura de México). La aplicación de las soluciones a los tallos florales fué por inmersión de éstos en las soluciones por espacio de 45 minutos.

Los resultados son presentados como valores porcentuales promedio de tres repeticiones realizadas para cada tratamiento cada uno con su respectivo tratamiento testigo o control (n=72). La toma de datos fue realizada cada tercer día (un día si y otro no) procurando con esto registrar la variación de cambio fenológico de los tallos florales durante su vida de florero en base a la descripción fenológica de flor cortada de clavel determinada por Casp y colaboradores (1980) (figura 3.2).

3.3 Soluciones de Prueba y Mantenimiento

De cada uno de los productos evaluados, se prepararon seis dosis en forma de soluciones "stock" o de aforo a 1500 ml. Se utilizó agua purificada (Electopura de México) para la elaboración de las soluciones de prueba y de mantenimiento durante todo el período de evaluación o vida de florero. Los tallos florales fueron sumergidos durante 45 min en cada una de las soluciones de prueba. Inmediatamente después, las flores fueron colocadas; en grupos o unidades experimentales de 10 flores, en recipientes o floreros de vidrio previamente desinfectados que contenían la solución de mantenimiento.

La solución de mantenimiento utilizada fué la recomendada por Besemer (1984), citado por Nowak y Rudnicki (1990) y formulada a base de una fuente energética o de carbohidratos (1 cucharada sopera de azúcar; aproximadamente 28.3 gr); una sustancia acidificante del medio (2 cucharadas soperas de jugo fresco de limón); un germicida (media cucharada sopera de solución de hipoclorito de sodio o blanqueador) y agua purificada (500 ml de agua purificada). Esta solución fué utilizada durante todo el período de vida de florero de los tallos.

El cambio de la solución de mantenimiento fué realizado en base a la recomendación de este mismo investigador (cada 5-6 días). Los tallos fueron recortados (aproximadamente 2.5 cm) a cada cambio de la solución de mantenimiento, procurando favorecer el consumo o absorción y el transporte de ésta a través de los tallos.

3.4 Variable Paramétrica de Evaluación

3.4.1 Porcentaje de flores en vida de florero (Longevidad Floral)

Rojas y Ramírez (1987) han determinado que la mayor parte de los trabajos sobre la evaluación y análisis de hormonas vegetales enmascara en términos generales una actuación a nivel celular por lo que se recomienda como importante discriminar o separar a ésta, en base a que si no actúa sobre el proceso clave de observación no presentará ningún efecto a nivel orgánico deseado, por lo tanto ambos investigadores recomiendan entre otras técnicas de evaluación que las observaciones sobre caracteres vegetativos, en especial cuando la característica por evaluar es la duración (longevidad) del follaje (pétalos y hojas) podrá ser el número de botones y flores presentes por día hasta la cosecha o estadio de senescencia en particular.

Con base a lo anterior, la evaluación del periodo de vida floral (vida de florero) estuvo fundamentada en los criterios fenológicos para flor cortada de clavel (*Dianthus caryophyllus*, L) desarrollada por Casp y colaboradores (1980) (figura 3.2). De esta manera los tallos florales fueron contabilizados en base a su apariencia externa comparativa al momento de la lectura.

El tiempo a partir del día cero, cuando las flores fueron colocadas en los recipientes, hasta los primeros signos de marchitamiento de los pétalos son descritos como vida de florero. En total se realizaron 16 tomas de lectura, cada una fué hecha al tercer día precedente. Se procuró con esto registrar los cambios morfológicos de los diferentes estadios de los tallos florales durante el período que duró el presente trabajo. Todos los resultados fueron expresados como porcentajes del número de flores vivas o flores en vida de florero.

IV Resultados y Discusión

4.1 Diseño Experimental

Los organismos biológicos están expuestos simultáneamente a muchos factores del crecimiento y desarrollo durante su período de vida. En base a que la respuesta de un organismo a determinado factor puede variar con el nivel de otros factores, los experimentos con un **solo factor** son a menudo criticados por sus limitantes. De esta forma, el resultado de un experimento con un solo factor es, estrictamente hablando, solo aplicable para un nivel particular, en el cual el resto o los otros factores son mantenidos o controlados en el ensayo (Gomez and Gomez, 1984).

Así mismo, cuando se espera que la respuesta del factor de interés difiera bajo diferentes niveles de otros factores, se debe evitar el empleo o uso de experimentos con un simple factor y considerar en cambio la utilización de **experimentos factoriales**. Esta clase de experimentos están diseñados para manejar simultáneamente dos o más factores en condición variable. Un **experimento factorial** es *aquel en donde los tratamientos consisten en todas las posibles combinaciones de los niveles seleccionados para dos o más factores*. El término factorial describe una manera específica en la cual los tratamientos son formados y no se refiere de ninguna manera al diseño del experimento utilizado (Gomez and Gomez, 1984).

En base a esto, el total de tratamientos para el presente experimento fué de 24, considerando 6 niveles para el factor dosis y cuatro niveles para el factor producto. El numero total de tratamientos en un experimento factorial es el producto de los niveles en cada factor. Montgomery (1991) señala que el número de los tratamientos se incrementa rápidamente con un aumento en el número de los factores o por un incremento en los niveles de cada factor (Montgomery, 1991). En la tabla 4.1 se muestra la combinación y el total de tratamientos (6 dosis x 4 productos = 24) realizada para el presente trabajo. El total de las unidades experimentales (U.E.) es el producto de los niveles de cada factor y el número de repeticiones de cada tratamiento. De esta manera, se obtuvo un total de 72 U. E. (6x4x3).

Tabla 4.1 Combinación de los tratamientos para el experimento factorial 4X6 con el uso de cuatro fitonutrientes comerciales bajo seis dosis sobre la longevidad floral o vida de florero de flor cortada de clavel (*Dianthus caryophyllus*, L.).

Combinación factorial de los tratamientos

Nivel o dosis (ppm) ^a	ACTIVOL (P1)	GAPOL-plus (P2)	KINEKAS (P3)	AGROMIL-V (P4)
0.0 (D0)	D0P1	D0P2	D0P3	D0P4
0.5 (D1)	D1P1	D1P2	D1P3	D1P4
1.0 (D2)	D2P1	D2P2	D2P3	D2P4
5.0 (D3)	D3P1	D3P2	D3P3	D3P4
10 (D4)	D4P1	D4P2	D4P3	D4P4
15 (D5)	D5P1	D5P2	D5P3	D5P4

^a ppm = partes por millón

n° = número de tratamientos: Dosis(6) x Productos(4) = 24

r° = repeticiones = 3

U.E. = Unidad experimental = 72

De entre los diferentes tipos de diseños experimentales que han sido establecidos para el manejo de experimentos, el **diseño completamente aleatorio (DCA)** es aquel en donde los tratamientos son asignados completamente al azar, de tal manera que cada unidad experimental tiene la misma oportunidad de recibir cualesquiera de los tratamientos.

Para el DCA, cualquier diferencia entre las unidades experimentales que reciben el mismo tratamiento es considerada como el error experimental. Por consiguiente, el DCA es únicamente apropiado para experimentos con unidades experimentales homogéneas tales como los experimentos de laboratorio, en donde los efectos de los factores ambientales son controlados con facilidad (Gomez and Gomez, 1984), siendo este el utilizado para el análisis estadístico de la investigación.

Distribución y Aleatorización. La aleatorización de los tratamientos dentro de un diseño experimental utilizado permite asegurar que cada uno de los tratamientos tenga la misma oportunidad de ser asignado a cualquier área del sitio de experimentación y evitar con ello la asignación hacia un ambiente particular o de interés. De esta manera, tanto la aleatorización como la repetición de los tratamientos, se constituyen en una técnica efectiva para la estimación del error experimental (Montgomery, 1991),

Resultados y Discusión

En la figura 4.1 se muestra la distribución y aleatorización de los tratamientos para el presente trabajo, obtenidos mediante la utilización de la técnica de la urna citada por Gomez y Gomez (1984).

	D4	D4	D5	D2	D2	D0
	P4	P2	P2	P1	P3	P1
	D3	D0	D5	D5	D4	D3
	P3	P2	P3	P4	P1	P4
	D4	D1	D2	D0	D3	D1
	P3	P2	P4	P3	P2	P1
Repetición I	D5	D1	D1	O2	D0	D3
	P1	P3	P4	P2	P4	P1
	D5	D1	D3	D0	D1	D3
	P2	P1	P4	P1	P3	P1
	D1	D1	D4	D4	D3	D0
	P4	P2	P3	P2	P3	P4
	D3	D2	D0	D5	D2	D5
	P2	P2	P3	P4	P4	P1
Repetición II	D4	D2	D5	D4	D2	D0
	P4	P3	P3	P1	P1	P2
	D0	D0	D2	D4	D1	D2
	P3	P2	P4	P3	P4	P1
	D4	D4	D5	D5	D3	D2
	P4	P2	P1	P4	P4	P3
	D0	D2	D4	D3	D1	D5
	P4	P2	P1	P2	P2	P3
Repetición III	D3	D1	D3	D0	D1	D5
	P1	P1	P3	P1	P3	P3

Figura 4.1 Distribución de los tratamientos del experimento factorial 4 X 6, sobre la vida de florero de flor cortada de clavei (*Dianthus caryophyllus*, L.) considerando cuatro reguladores comerciales (P1, P2, P3 y P4) y seis dosis (D0, D1, D2, D3, D4 y D5) en un diseño completamente aleatorio (DCA) con tres repeticiones.

4.2 Efecto de las Auxinas (Gapol-Plus)

El ácido 3- indolacético (IAA) ha sido relacionado durante algún tiempo con la síntesis del etileno en las plantas. Sin embargo dicha relación en algunos casos ha mostrado efectos positivos y en otros negativos respecto al alargamiento de la longevidad.

Sacalis (1986) observó en sus investigaciones sobre pétalos aislados de flores de clavel, que la disponibilidad en el medio y la subsecuente absorción de auxinas por éstos, resultó en una rápida respuesta senescente, pero sin embargo, aquellos pétalos removidos junto con sus bases fueron incapaces de responder a la aplicación de las auxinas. La exposición al etileno, así como a las auxinas originaron el enrollamiento y pérdida del peso fresco de los pétalos aislados de flores de clavel, sin embargo ambos fenómenos aparentemente ocurren de manera independiente.

Para el presente trabajo el efecto de la aplicación de GAPOL-PLUS (fitorregulador comercial a base de auxinas) en la longevidad de flor cortada de clavel (*Dianthus caryophyllus* cv., "White Candy") se presenta en la tabla 4.7 y la figura 4.2. En términos generales Gapol-plus mostró un incremento de la longevidad de flor cortada de clavel. Sin embargo, las dosis entre 5.0 y 15.0 ppm mostraron un mayor porcentaje promedio de flores en vida de florero.

Resultados y Discusión

Estos valores fueron examinados con la prueba de Duncan (tabla 4.8) Los valores promedio presentan una diferencia estadística significativa entre las dosis correspondientes a 0.5 y 1.0 ppm contra las dosis de 5.0 y 15.0 ppm. Aún cuando estos tres últimos valores son diferentes entre si, la prueba muestra una igualdad estadística para estas cifras.

Aún cuando se ha determinado que las auxinas no presentan un marcado efecto en el retraso de la senescencia de hojas, existen algunos estudios que han logrado demostrar algunos efectos positivos de la utilización de auxinas en el alargamiento de la longevidad de algunos tejidos vegetales. El punto crítico de la utilización de auxinas es que esta clase de fitohormonas a niveles ligeramente superiores al óptimo fisiológico estimulan la producción de etileno el cual ha sido definido como un promotor de la senescencia para la mayor parte de los tejidos vegetales (Thimann, 1980).

Jeffcoat y Harris (1972) mostraron evidencias de que en general los reguladores del crecimiento vegetal tienen un importante papel en la dirección y translocación (flujo) de sustancias asimilables hacia el desarrollo y apertura de las flores de clave. De esta manera una posible remoción de la parte floral resultaría en una disminución del movimiento de complejos o sustancias carbohidratadas. Mediante la aplicación de ácido 3-indolacético (IAA) o bien del ácido giberelico (AG₃) a el tocón o tallo sin flor de clave, estos investigadores demostraron un restablecimiento parcial del patrón de translocación de sustancias asimilables similar al observado en tallos con porciones intactas.

De esta manera establecieron que los fitoreguladores están presentes en mayores niveles en la porción de los tejidos florales en comparación con otros tejidos, durante la etapa de floración. El mayor porcentaje promedio de flores en vida de florero observado para cada una de las fechas de registro con la utilización del fitoregulador comercial GAPOL-PLUS, en particular para las dosis de 5.0, 10.0 y 15.0 ppm corroboran en parte los resultados obtenidos por Jeffcoat y Harris (1972) en el sentido de que posiblemente las auxinas tienen una influencia directa en el movimiento o translocación de los sustratos, contenidos en la solución de mantenimiento (azúcares principalmente), hacia las áreas de demanda (frutos y flores).

Seth y Wareing (1964), citados por Jeffcoat y Harris (1972) encontraron que las auxinas en flores de clavel presentan una mayor efectividad, contra las giberelinas en el movimiento de sustratos hacia los sitios de demanda. Estos efectos son consistentes con la hipótesis de que en plantas intactas la dirección de movimiento de los sustratos está marcadamente regulado por las hormonas vegetales presentes en la flor. Adicionalmente, estas sustancias probablemente actúan en la regulación de los procesos metabólicos de los tejidos (Jeffcoat and Harris, 1972).

Resultados y Discusion

Tabla 4.7 Efecto de Gspol-plus (Fitoregulador comercial a base de auxinas) en la longevidad (días) de flor cortada de clavel en relación con la concentración o dosis (ppm) utilizada. Se colocaron diez flores (tres repeticiones) en cada florero para cada tratamiento.

Longevidad floral en porcentaje promedio de flores en vida de florero.

Fecha	Tratamiento testigo	Auxinas ^a				
		0.5	1.0	5.0	10.0	15.0
26 Nov 1993	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
28 Nov	83.85	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
30 Nov	77.71	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
2 Dic	77.71	83.85	90.00	90.00	90.00	90.00
4 Dic	68.85	83.85	90.00	90.00	90.00	90.00
6 Dic	68.85	75.00	83.85	90.00	90.00	90.00
8 Dic	63.93	72.78	75.00	90.00	90.00	90.00
10 Dic	59.01	67.86	72.29	90.00	90.00	90.00
12 Dic	45.00	47.01	54.89	83.85	77.71	90.00
14 Dic	39.23	32.71	51.15	83.85	77.71	90.00
16 Dic	35.22	30.78	48.92	81.15	75.00	90.00
18 Dic	19.92	19.92	42.99	72.29	75.00	77.71
20 Dic	15.00	19.92	39.15	61.71	72.78	77.71
22 Dic	0.00	15.00	28.29	39.15	55.86	66.15
24 Dic	0.00	0.00	12.29	12.29	28.29	39.15
26 Dic 1993	0.00	0.00	0.00	6.15	23.85	30.99
TOTAL	744.23	818.83	950.92	1160.44	1208.20	1281.71
Promedio	46.52	51.17	59.81	72.53	75.39	80.11

^a= dosis= ppm = partes por millón.

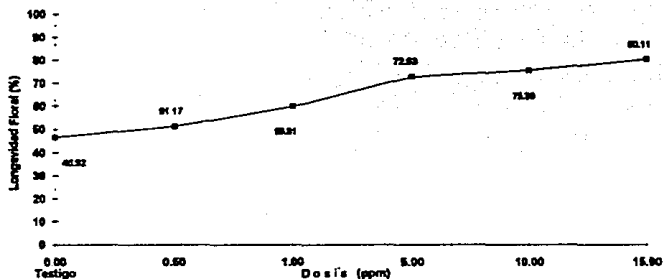


Figura: 4.2 Efecto de Gapol- plus (Fitorregulador comercial a base de auxinas) en la longevidad floral (días) de flor cortada de clavel (*Dianthus caryophyllus*, L.) variedad White Candy en relación con la concentración o dosis (ppm).

Tabla: 4.7 Prueba de amplitud mutiple de Duncan (DMRT) para todos los posibles pares de medias de los tratamientos, del diseño experimental completamente aleatorio (DCA) sobre la evaluación de seis dosis diferentes de Gapol-plus (fitorregulador comercial a base de auxinas) en la longevidad de flor cortada de clavel (*Dianthus caryophyllus*, L.)

Niveles o Dosis	Longevidad floral promedio (%) ^a	DMRT ^b
D5	80.11	a
D4	73.39	a b
D3	72.53	a b
D2	59.81	c
D1	51.17	cd
D0	46.52	d

^a= Promedio de tres repeticiones sobre una base de 30 días efectivos de vida de florero.

^b= Promedios con una letra común no son significativamente diferentes al nivel de alfa del 5% de significancia.

4.3 Efecto de las Quinetinas o Citocininas Sintéticas (Kinekás)

El fitorregulador comercial utilizado como fuente exógena de quinetinas (citocininas sintéticas) durante el presente trabajo fué KINEKAS. El efecto de las citocininas en el alargamiento de la longevidad de flor cortada de clavel se presenta en la tabla 4.9 y la figura 4.3. La respuesta de las flores a la aplicación de KINEKAS varió a través del tiempo de duración del experimento (26 de nov.-26 de dic. de 1993). El alargamiento de la longevidad floral por acción de este producto pareció depender de la concentración de las citocininas contenidas en la solución de prueba. Esta respuesta diferencial parece estar relacionada con la reserva de carbohidratos en las flores, así como también de la concentración de citocininas empleada en las dosis. Yoshida y Uritani (1972) citados por Mayak y Dilley (1976) demostraron que las citocininas al reaccionar *in vivo* con el azúcar, pueden formar glucósidos a base de estas fitohormonas, los cuales son compuestos químicos biológicamente activos y estables.

Adicionalmente, estos mismos investigadores determinaron que los azúcares pueden paralelamente facilitar la translocación o inmovilidad de las citocininas vía formación de glucósidos, parece ser que esta última condición fué promovida por la disponibilidad, en la solución, de mantenimiento de una fuente de azúcares.

Por otra parte ha sido demostrado que los niveles de las citocininas pueden diferir significativamente en varios órganos de las flores, en donde por ejemplo la concentración de éstas en los pétalos es mucho más baja que en el gineceo (estigma, estilo y ovario). Un incremento del 10% en la concentración de azúcar incrementa además el efecto de las citocininas en el alargamiento de la longevidad de flor cortada de clavel.

La aplicación exógena de quininas puede alargar el período de vida de flor cortada de clavel porque esto reemplaza el suministro natural de citocininas las cuales son normalmente suministradas a la flor por la planta madre (Eisinger, 1977). El incremento en la longevidad de la flor cortada tratada con quininas, las cuales son citocininas sintéticas, parece ser el resultado de numerosos y variados efectos fisiológicos de la hormona sobre los tejidos de la flor. Esta clase de fitorreguladores parece ser que operan mediante el mantenimiento del sistema de membranas de la célula, del balance hídrico (Mayak and Halevy 1980), así como del metabolismo de los ácidos nucleicos y las proteínas. Asimismo, Mayak y Halevy observaron que la presencia de citocininas en concentraciones óptimas pueden también incrementar la longevidad de las flores por efecto de una reducción en la respuesta y producción del etileno considerado como el factor crítico para el comienzo de la senescencia de flor cortada de clavel.

Einsinger (1977) observó en su trabajo sobre flor cortada de clavel (*Dianthus caryophyllus* cultivar "Peterson Red") que la remoción de las hojas apresuraron el inicio de la senescencia. Sin embargo, la aplicación exógena de quinetas a concentraciones similares a las utilizadas en el presente trabajo, redujeron significativamente el comienzo de la senescencia en tallos cortos (3 cm) y largos (30 cm) de flor cortada de clavel.

Para el presente trabajo, las quinetas fueron efectivas en el alargamiento de la longevidad de flor cortada de clavel a concentraciones entre 0.5 y 15 ppm (tabla 4.9 y la figura 4.3) comparado con el tratamiento testigo. Sin embargo, las concentraciones de 0.5 a 5.0 ppm no tuvieron efectos estadísticamente significativos; 10.0 y 15.0 ppm fueron concentraciones óptimas e iguales estadísticamente bajo el criterio de la prueba de Duncan o DMRT (tabla 4.10). Estos resultados coinciden con los valores obtenidos y reportados por Einsinger (1977) en su estudio sobre el papel de las citocininas en la senescencia de flores de clavel.

Los niveles naturales de citocininas en la planta disminuyen cuando estas son cortadas y se pierde de manera permanente el contacto con las fuentes de producción y suministro (las raíces). De esta forma el nivel endógeno de tales hormonas declina (Livne and Vaadia, 1972; citados por Eisinger, 1977).

Esta disminución en el nivel interno de citocininas podría funcionar y servir como un mecanismo disparador de la senescencia, la cual sería acentuada e iniciada por un incremento en la producción y respuesta al etileno de flor cortada. Mayak y Halevy (1982) han determinado que posiblemente este mismo mecanismo (disminución o caída del nivel de citocininas) opera en plantas intactas en virtud de que dicho nivel disminuye con la edad de la planta.

Tabla 4.9 Efecto de Kinekas (fitoregulador comercial a base de quininetinas) en la longevidad (días) de flor cortada de clavel, en relación con la concentración o dosis (ppm) utilizada. Se colocaron diez flores (tres repeticiones) en cada florero para cada tratamiento.

Longevidad floral en porcentaje promedio de flores en vida de florero.

Quininetinas (citocininas sintéticas)*

Fecha	Tratamiento testigo	0.5	1.0	5.0	10.0	15.0
26 Nov 1993	90 00	90 00	90 00	90 00	90 00	90 00
28 Nov	83 85	83 85	90 00	90 00	90 00	90 00
30 Nov	83 85	83 85	90 00	90 00	90 00	90 00
2 Dic	77 71	81 15	90 00	90 00	90 00	90 00
4 Dic	71 56	81 15	90 00	90 00	90 00	90 00
6 Dic	68 85	70 78	83 85	83 85	90 00	83 85
8 Dic	68 15	68 07	72 78	75 00	90 00	83 85
10 Dic	54 99	57 29	68 07	63 93	77 71	83 85
12 Dic	28 08	55 08	50 85	61 92	75 00	83 85
14 Dic	15 00	55 08	50 85	54 78	63 93	81 15
16 Dic	8 15	50 94	41 07	50 77	63 93	81 15
18 Dic	0 15	50 94	33 00	37 22	54 78	64 63
20 Dic	6 15	48 93	33 00	35 01	50 85	57 29
22 Dic	6 15	19 22	15 00	0 00	26 07	32 67
24 Dic	0 00	8 85	12 29	0 00	15 00	25 37
26 Dic 1993	0 00	6 15	6 15	0 00	0 00	15 00
TOTAL	664.64	911.91	916.91	912.48	1057.27	1142.66
Promedio	41.54	58.96	57.31	57.03	68.08	71.42

*= dosis= ppm = partes por millón.

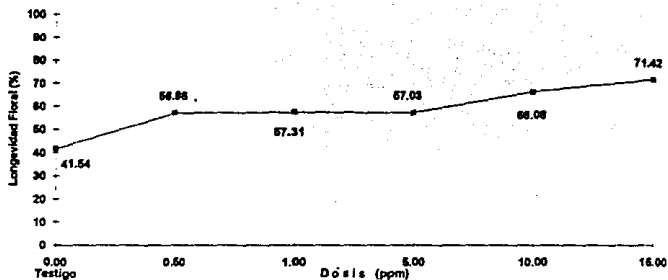


Figura: 4.3 Efecto de Kinekas (fitorregulador comercial a base de quinetas) en la longevidad floral (días) de flor cortada de clavel (*Dianthus caryophyllus*, L.) cultivar White Candy en relación con la concentración o dosis (ppm).

Tabla: 4.10 Prueba de amplitud múltiple de Duncan (DMRT) para todos los posibles pares de medias de los tratamientos, del diseño experimental completamente aleatorio (DCA) sobre la evaluación de seis dosis diferentes de Kinekas (fitorregulador comercial a base de quinetas: citocininas sintéticas) en la longevidad de flor cortada de claveal (*Dianthus caryophyllus*, L.)

Niveles o Dosis	Longevidad floral promedio (%) ^a	DMRT ^b
D5	71.42	a
D4	68.08	a b
D2	57.31	b
D3	57.03	b
D1	56.96	b
D0	41.54	c

a= Promedio de tres repeticiones sobre una base de 30 días efectivos de vida de florero.

b= Promedios con una letra común no son significativamente diferentes al nivel de alfa del 5% de significancia.

4.4 Efecto de las Giberelinas (Activol)

El papel de las hormonas vegetales en la regulación de la senescencia de las plantas es un concepto y condición comunmente aceptado (Sacher, 1973). Thimann (1980) reporta que aún cuando los efectos de las giberelinas y las quinetas (citocininas sintéticas) son similares respecto al efecto en el retraso o disminución de la pérdida de clorofila, proteínas (lisis proteica) y desnaturalización del ácido ribonucleico (RNA) en hojas de cierto tipo de especies, el ácido giberélico (AG3) muestra una mayor actividad biológica. Adicionalmente, este mismo investigador determinó que aún cuando resulta curioso que tanto las auxinas, como las citocininas y el ácido giberélico muestran estructuras bioquímicas y efectos fisiológicos diferentes, todas actúan bajo un mismo patrón o modelo de dirección sobre la senescencia.

El crecimiento de los pétalos de clavel puede ser promovido mediante la aplicación de ácido giberélico al botón floral, así mismo han sido detectadas algunas sustancias de estructura química muy similar a las giberelinas en los tejidos florales (Jeffcoat, et al. 1969; citados por Garrod and Harris, 1978). Adicionalmente, se ha demostrado que los niveles de estos compuestos hormonales disminuyen en tales tejidos a medida que la flor madura (Garrod, 1971). Harris y colaboradores (1969) demostraron que la aplicación de AG₃ a los botones florales de clavel incrementaron la tasa de crecimiento de la flor y la respuesta de la apertura floral.

El efecto del ACTIVOL, (fitoregulator comercial a base de ácido giberélico (AG_3)) sobre la longevidad de flor cortada de clavel (*Dianthus caryophyllus*, cultivar "White Candy") se presenta en la tabla 4.11 y la figura 4.4. En términos generales, no se observó una respuesta estadística significativa diferente entre cada una de las dosis evaluadas y el tratamiento control o testigo. La prueba de Duncan o DMRT (tabla 4.12) presentó valores con diferencias estadísticas no significativas entre todas las dosis utilizadas. Nichols (1968); citado por Garrod y Harris (1978) observó un efecto muy pequeño sobre la senescencia de flores de clavel cuando los tallos florales fueron sumergidos a una solución de AG_3 a concentraciones entre 0.1 y 200 ml/l. Garrod y Harris (1978) atribuyen dicha respuesta al método o técnica de aplicación utilizada para la disponibilidad de la hormona en los tejidos vegetales, en base a que sólo fué observada una pequeña o nula absorción de AG_3 por los pétalos.

Posiblemente, la respuesta observada en el presente trabajo respecto al alargamiento de la longevidad floral de clavel en base a la utilización de ACTIVOL fué enmascarada por dos factores: el tiempo de inmersión de los tallos (45 min) y la técnica utilizada para la absorción de la fitohormona (inmersión en una solución acuosa a temperatura ambiente).

Sin embargo, la mayor parte de los estudios reportados sobre la evaluación del ácido giberélico sobre el retraso de la senescencia de flor cortada muestran como característica una inconsistencia aún bajo condiciones similares de evaluación. Aarts (1957); citado por Garrod y Harris (1978) demostró un retraso en la senescencia de flores de *Mattiola incana* mediante la utilización de AG₃, pero dicho efecto no pudo ser repetido en pétalos aislados de *Dianthus plumarius*. Así por ejemplo, Garrod y Harris (1978) observaron que el efecto del AG₃ fué más acentuado a una concentración más alta de dicha hormona (200 mg/l) la cual retraso la senescencia de pétalos aislados de clavel en un valor promedio de 4 días.

Aún cuando los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran que la senescencia de flor cortada de clavel no fué retrasada por efecto de la aplicación del ácido giberélico en la presentación comercial de ACTIVOL y bajo las diferentes dosis evaluadas (0.5 a 15.0 ppm) es necesario llevar a cabo posteriores trabajos debido a la inconsistencia que han caracterizado los resultados obtenidos en numerosas investigaciones con este fitorregulador, en particular con flor cortada, basados en el importante papel fisiológico atribuido a esta fitohormona en el crecimiento y desarrollo vegetal

Tabla 4.11 Efecto de Activol (fitoregulador comercial a base de ácido giberélico) en la longevidad (días) de flor cortada de clavel en relación con la concentración o dosis (ppm) utilizada. Se colocaron diez flores (tres repeticiones) en cada florero para cada tratamiento.

Longevidad floral en porcentaje promedio de flores en vida de florero.

Fecha	Tratamiento testigo	Gibereínas*				
		0.5	1.0	5.0	10.0	15.0
26 Nov 1993	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
28 Nov	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
30 Nov	90.00	90.00	90.00	90.00	83.85	83.85
2 Dic	90.00	90.00	90.00	90.00	83.85	83.85
4 Dic	77.71	90.00	83.85	90.00	83.85	83.85
6 Dic	75.00	83.85	69.65	90.00	77.71	81.15
8 Dic	75.00	68.15	63.93	90.00	77.71	81.15
10 Dic	70.08	63.93	61.92	71.56	68.85	70.78
12 Dic	59.71	54.78	52.78	57.00	52.86	57.29
14 Dic	50.85	39.15	42.99	51.15	48.93	42.99
16 Dic	45.00	33.00	32.22	45.00	45.00	35.01
18 Dic	38.85	23.85	11.07	33.00	30.78	30.99
20 Dic	34.92	23.85	11.07	28.07	23.36	30.99
22 Dic	21.15	12.29	8.85	12.29	12.29	21.15
24 Dic	8.15	12.29	8.15	0.00	0.00	0.00
26 Dic 1993	8.15	0.00	8.15	0.00	0.00	0.00
TOTAL	920.57	863.14	809.83	928.07	869.04	883.05
Promedio	57.54	53.95	50.61	57.88	54.32	55.19

*= dosis = ppm = partes por millón.

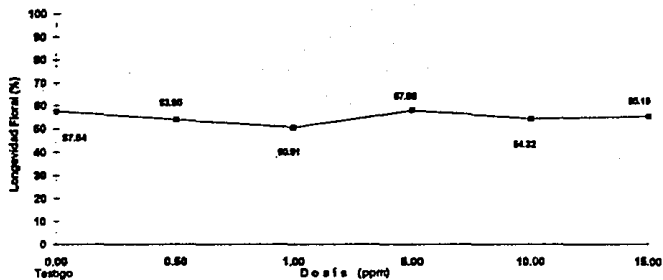


Figura: 4.4 Efecto de Activoil (fitoregulador comercial a base de ácido giberélico) en la longevidad floral (días) de flor cortada de clavel (*Dianthus caryophyllus*, L.) cultivar White Candy en relación con la concentración o dosis (ppm).

Tabla: 4.12 Prueba de amplitud múltiple de Duncan (DMRT) para todos los posibles pares de medias de los tratamientos, del diseño experimental completamente aleatorio (DCA) sobre la evaluación de seis dosis diferentes de Activol (fitoregulador comercial a base de ácido giberélico) en la longevidad de flor cortada de clavel (*Dianthus caryophyllus*, L.)

Niveles o Dosis	Longevidad floral promedio (%) ^a	DMRT ^b
D0	57.54	a
D1	53.95	a
D2	50.61	a
D3	57.88	a
D4	54.32	a
D5	55.19	a

^a= Promedio de tres repeticiones sobre una base de 30 días efectivos de vida de florero.

^b= Promedios con una letra común no son significativamente diferentes al nivel de alfa del 5% de significancia.

4.5 Efecto del Complejo Fitohormonal o Sinérgico (Agromil-V)

Aún cuando no existe evidencia real de la presencia en plantas de genes moduladores del proceso de senescencia (Sacher, 1978; citado por Thimann, 1980), es generalmente aceptado que cada miembro de cada uno de los cinco grupos de hormonas vegetales que existe están implicados en la regulación de la senescencia (Mayak and Halevy, 1980). En general, el etileno y el ácido abscísico (ABA) apresuran la senescencia floral (Mayak and Halevy, 1972), mientras que las citocininas, las giberelinas y las auxinas frecuentemente han sido observadas como retardantes o desaceleradores de dicho fenómeno fisiológico (Thimann, 1980).

Sin embargo el problema por resolver es encontrar todas o algunas de las posibles interacciones (sinergia) entre las diferentes sustancias del crecimiento y los compuestos inhibidores del mismo. Los estudios realizados sobre este aspecto son en realidad escasos, debido probablemente al elevado grado de complejidad y al posible encubrimiento de las respuestas (Thimann, 1980).

Resultados y Discusión

En la tabla 4.13 y figura 4.15 se muestran los valores promedio porcentuales de la longevidad floral de flor cortada de clavel (*Dianthus caryophyllus*, L.) cultivar "White Candy" en base al efecto de AGROMIL-V; (complejo fitohormonal a base de auxinas, giberelinas, citocininas y algunos compuestos vitamínicos (ácido fólico y pantoténico)). En general la aplicación de AGROMIL-V fue efectiva en el alargamiento de la vida de florero o longevidad floral de clavel en comparación con el tratamiento testigo. Las concentraciones de AGROMIL-V correspondientes a 0.5; 1.0; y 5.0 ppm presentaron valores promedios más altos que las dosis de 10.0 y 15.0 ppm.

Sin embargo, la prueba de Duncan (DMRT) o de comparación de medias (tabla 4.4.B) muestra sólo una diferencia estadística significativa entre la dosis correspondiente a 1.0 ppm y las cinco restantes. Las dosis de 0.5-10.0 ppm son similares estadísticamente respecto a la longevidad floral promedio sobre una base de 30 días efectivos de vida de florero de flor cortada de clavel

Aarts (1975); citado por Mayak y Dilley (1976) demostró que el suministro de azúcares a flor cortada origina un marcado y consistente alargamiento de la longevidad floral, estas observaciones pueden ser valederas para cada una de las evaluaciones realizadas en el presente trabajo, en base a que la solución de mantenimiento utilizada, consistió de una fuente energética o de carbohidratos (azúcares), los cuales son considerados como sustratos de alta capacidad metabólica que pueden retrasar la senescencia floral por efecto de la recarga de los sitios de reserva (Weinstein, 1957; citados por Mayak and Dilley, 1976).

Sin embargo, Nichols (1973) presentó evidencias para el cuestionamiento de este argumento en base a que el nivel de los azúcares reducidos en flores de clavel fué elevado sólo hasta el principio de la senescencia.

La interacción sinérgica entre las hormonas vegetales, cuando éstas son utilizadas en trabajos de investigación, principalmente en el alargamiento de la longevidad floral ha mostrado resultados poco confiables. Eisinger (1977) obtuvo efectos no significativos, en la longevidad floral de clavel con la utilización de auxinas en forma aislada o bien en adición con quininetinas (citocininas sintéticas). Adicionalmente, reportó que el ácido giberélico (AG₃) en forma aislada no fué efectivo y que aparentemente la interacción sinérgica entre el AG₃ y las quininetinas sólo fué observada algunas veces.

Resultados y Discusión

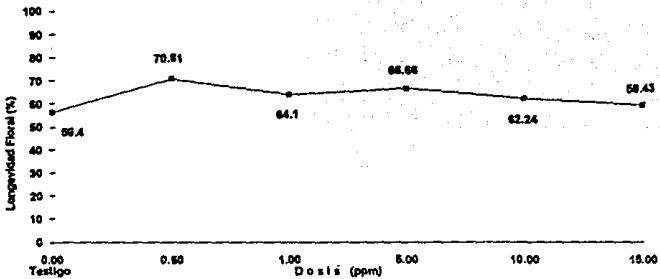


Figura: 4.5 Efecto de Agromil-V (fitoregulator comercial a base de un complejo hormonal) en la longevidad floral (días) de flor cortada de clavel (*Dianthus caryophyllus*, L.) cultivar White Candy en relación con la concentración o dosis (ppm).

Resultados y Discusión

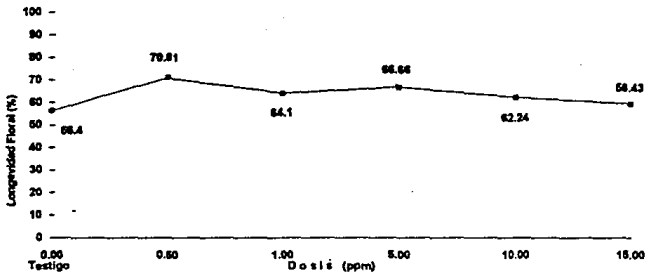


Figura: 4.5 Efecto de Agromil-V (fitoregulator comercial a base de un complejo hormonal) en la longevidad floral (días) de flor cortada de clavel (*Dianthus caryophyllus*, L.) cultivar White Candy en relación con la concentración o dosis (ppm).

Tabla: 4.14 Prueba de amplitud multiple de Duncan (DMRT) para todos los posibles pares de medias de los tratamientos, del diseño experimental completamente aleatorio (DCA) sobre la evaluación de seis dosis diferentes de Agromil-V (fitorregulador comercial a base de un complejo hormonal) en la longevidad de flor cortada de clavel (*Dianthus caryophyllus*, L.)

Niveles o Dosis	Longevidad floral promedio (%) ^a	DMRT ^b
D1	70.81	a
D3	66.66	abc
D2	64.10	abc
D4	62.24	abc
D5	59.43	bc
D0	56.40	d

a= Promedio de tres repeticiones sobre una base de 30 días efectivos de vida de florero.

b= Promedios con una letra común no son significativamente diferentes al nivel de alfa del 5% de significancia.

V. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

1. La longevidad floral o período de vida de florero de flor cortada de clavel (*Dianthus caryophyllus*, L.) cultivar "White Candy" presentó una respuesta o comportamiento marcadamente influenciado por el tipo y dosis del fitorregulador utilizado.
2. El fenómeno de la senescencia floral de especies de flor para corte esta regulado por un amplio número de factores bioquímicos y ambientales. Entre los primeros destacan por su importancia la concentración y tipo de ciertas sustancias denominadas hormonas vegetales o fitorreguladores. La aplicación exógena de estos compuestos permite un cierto grado de regulación de la longevidad floral.
3. Los cuatro fitorreguladores comerciales evaluados en le presente trabajo de investigación (ACTIVOL; AGROMIL-V; GAPOL-PLUS y KINEKAS) mostraron un efecto positivo respecto al alargamiento de la longevidad floral de flor cortada de clavel cv. "White Candy" cultivado bajo condiciones de invernadero.
4. GAPOL-PLUS (fitorregulador comercial a base de auxinas) mostró un efecto superior en la longevidad promedio porcentual de flor cortada de clavel bajo la dosis de 15.0 ppm y durante un tiempo de inmersión de los tallos florales de 45 min en la solución de prueba. Este promedio es reportado sobre la base de 30 días efectivos de vida de florero.

5.2 Recomendaciones

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se plantean como recomendaciones generales los siguientes puntos:

1. Evaluar el efecto en la longevidad floral de la aplicación de fitorreguladores comerciales en especies de flor para corte cultivadas bajo campo abierto o cultivo en bordo.
2. Realizar evaluaciones similares con la base fitohormonal de los productos en forma químicamente pura. Esto permitirá extrapolar y correlacionar resultados obtenidos a partir del uso de fitorreguladores comerciales, cuya característica principal es la baja concentración del compuesto químico de interés.
3. Llevar a cabo evaluaciones en otras especies de flor para corte con los cuatro productos utilizados en el presente trabajo, sugiriendo para ello la modificación del tiempo de inmersión de los tallos y la técnica de absorción de la solución de prueba. Esto es utilizar por ejemplo el precalentamiento de las soluciones para facilitar y acelerar la absorción por los tallos florales.

4. Conclusiones y Recomendaciones

5. Realizar una evaluación individual de GAPOL-PLUS (fitorregulador comercial a base de auxinas) con un rango más amplio de concentraciones o dosis que pueda permitir una mejor discriminación del efecto de éste producto sobre la longevidad floral de flor cortada de clavel. Adicionalmente, se sugiere llevar a cabo evaluaciones en diferentes variedades del mismo cultivo y en otras especies de flor para corte con el propósito de comparar respuestas y requerimientos.

6. Finalmente, se sugiere buscar la participación o colaboración de empresas productoras de agroquímicos para el apoyo técnico y económico en la realización de estudios de investigación o evaluación.

VI Bibliografia

- Adams, D. O. and S. F. Yang. 1979. Methionine metabolism in apple tissue: implication of *s*-adenosylmethionine as an intermediate in the conversion of methionine to ethylene. *Plant Physiol.* **60**: 892.
- Bandurski, R. S., Schulze, A. and Cohen, J. D. 1977. Photoregulation of the ratio of ester to free indole-3-acetic acid and its derivatives in plants. *Plant Physiol.* **79**: 129.
- Beevers, L. 1987. Senescence in plant-biochemistry. Third Edition, Bonner, J. and Varner, J. E. (Eds). Academic Press, New York.
- Borochoy, A., Tirosh, T. and Halevy, A. H. 1976. Abscisic acid content of senescing petals on cut rose flowers as affected by sucrose and water stress. *Plant Physiol.* **58**: 175.
- Breener, M. L. 1981. Modern methods for plant growth substance analysis. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **32**: 511.
- Bunt, A. C. and Powell, M. C. 1982. Carnation yield patterns: The effects of plants density and planting date. *Hort Science.* **17**: 177.
- Casp, A. M. Salvador, P. J. and Ibañez, M. J. 1980. Objective characterization of type stages in bud opening of carnation (*Dianthus carophyllus*, L.). *Acta Horticulturae.*, **113**: 175.
- Coorts, G. D. 1973. Internal metabolic changes in cut flowers. *Hort Science.* **8**: (3): 9.
- Deenis, F. G. Jr. 1977. Growth hormones: pool size, diffusion or metabolism. *Hort. Sci.* **12**: 217.
- Eisinger, W. 1977. Role of cytokinins in carnation flowers senescence. *Plant Physiol.* **59**: 707.
- Garrod, J. F. and G. P. Harris. 1978. Effect of gibberellic acid on senescence of isolated petals of carnation. *Ann. Appl. Biol.*, **88**: 309.
- Gilbart, D. A. and K. C. Sink. 1990. The effect of exogenous growth regulators on keeping quality in poinsettia. *Journ. Amer. Soc. Hort. Sci.* **95**: 748.
- Goldsmith, M. H. M. 1977. The polar transport of auxin. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **28**: 439.
- Gomez, K. A. and A. A. Gomez. 1984. Statistical procedures for agricultural research. 2nd. Edition., John Wiley and Sons., Inc. New York.

Bibliografia

- Halaba, J. and R. M. Rudnicki 1986. The role of enzymes during senescence of cut flowers. *Acta Horticulturae* **181**: 65.
- Halevy, A. H. 1981. Petal senescence at the cellular level. *Acta Horticulturae*, **113**: 151.
- Halevy, A. H. and Mayak, S. 1979. Senescence and postharvest physiology of cut flowers, part 1. *Hortic. Rev.* Vol **1**: 204.
- Halevy, A. H. and Mayak. 1982. Senescence and postharvest physiology of cut flowers, part 2. *Hortic. Rev.* **3**: 59.
- Hedden, P., MacMillan, J. and Phinney, B. O. 1978. The metabolism of the gibberellins. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **29**: 149.
- Hickey, M. and C. King. 1988. 100 families of flowering plants. 2nd. Edition, University Press., Cambridge.
- Horgan, R. 1984. Cytokinins: in *Advanced plant physiology.*, Wilkins, M. B. (Ed)., Pitman Publishing. New Zealand.
- Jeffcoat, B. and G. P. Harris. 1972. Hormonal regulation in the distribution of ¹⁴C-labelled assimilates in the flowering shoot of carnation. *Ann. Bot.* **36**: 353.
- Jones, R. L. 1973. Gibberellins: their physiological rol. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **24**: 571.
- Jones, R. L. and MacMillan, J. 1984. Gibberellins: in *Advanced plant physiology.* Wilkins, M. B. (Ed). Pitman Publishing. New Zealand.
- Kader, A. A. 1985. Ethylene-induced senescence and physiological disorders in harvested horticultural crops. *Hort Science.* **20**: 54.
- Kays, S. J. 1991. Postharvest physiology of perishable plant products. Van Nostrand Reinhold, Press., New York.
- Lang, A. 1970. Gibberellins: stucture and metabolism. *Ann. Rev. Physiol.* **21**: 537.
- Larson, R. A. (Edit). 1992. Introduction to floriculture. 2nd. Edition. Academic Press. Inc. New York.
- Laurie, A., Kiplinger, D. C. and Nelson, K. S. 1976. Commercial flower forcing: The fundamental and their practical aplication to the culture of greenhouse crops. McGraw-Hill Book Co.
- Leopold, A.C. 1961. Senescence in plant development. *Hort Science.*, **134**: 1727.
- Leopold, A. C. 1980. Aging and senescence in plant development: in *Senescence in plants.* Thimann, K. V. (Ed)., CRC. Press., Boca Raton, Florida.

- López, M. J. 1989. Producción de claveles y gladiolos. Ediciones Mundi-prensa., Madrid, España.
- Malkinson, A. M. 1980. Acción Hormonal. Ediciones Omega., Barcelona, España.
- Matile, P and Wikenbach, F. 1971. Fuction of lysosomes and lysosomal enzymes in the senescing corolla of the morning glory (*Ipomoea purpurea*). J. Exp. Bot., **22**: 759.
- Mauseth, J. D. 1988. Plant anatomy. Benjamin-Cummings Publishing Co. Inc. New York.
- Mayak, S. and Halevy, A. H. 1980. Flower senescence, in senescence in plants., Thimann, K. V. (Ed). CRC. Press., Boca Raton, Florida.
- Mayak, S. and D. R. Dilley. 1976. Effect of sucrose on response of cut carnation to kinetin, ethylene, and abscisic acid. Journ. Amer. Soc. Hort. Sci **101**: 5: 583.
- Milborrow, B. V. 1984. Inhibitors: in Advanced plant physiology., Wilkins, M. B. (Ed). Pitman Publishing. New Zealand.
- Molnar, J. M. and Parups, E. V. 1977. A histochemical study of starch, lipids and certain enzymes in senescing rose stems. Can. Journ. Bot., **55**: 617.
- Montgomery, D. C. 1991. Diseño y análisis de experimentos., Grupo Editorial Iberoamericana, México.
- Nichols, R. 1973. Senescence of the cut carnation flower: respiration and sugar status. J. Hort. Sci. **48**: 111.
- Nichols, R. 1976. Cell enlargement and sugar accumulation in the glasshouse carnation (*Dianthus caryophyllus*, L.) induced by ethylene. Acta Horticulturae., **130**: 47.
- Nowak, J. and R. M. Rudniki. 1990. Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens and potted plants. Timber Press., Portland, Oregon.
- Parups, E. V. 1976. Acid and alkaline pyrophosphatases in senescing flowers of rose, carnation and chysanthemum. Can. Journ. Plant. Sci., **56**: 525.
- Prasad. M. 1979. Role of soil testing and plant analysis in floriculture. New Zealand.
- Preece, E.J., and P.E., Read. 1993 The biology of horticulture, an introductory textbook. Wiley and Sons, Inc. Press., New york.

- Rojas, G. M., y H. Ramírez. 1987. Control hormonal del desarrollo de las plantas: fisiología, tecnología, experimentación., Editorial Limusa., México.
- Sacalis, J. N. 1975. Vascular blockage and its inhibition in cut rose flowers. *Acta Horticulturae*. **41**: 159.
- Sacalis, N. J. 1993. Cut flowers prolongin freshness: postproduction care and handing. Ball Publishing Co. New York.
- Sacalis, J. N. 1976. Research on insoleted carnation petals. *Acta Horticulturae*., **181**: 113.
- Sacher, J. A. 1973. Senescence and postharvest physiology. *Ann. Rev. Plant Physiol*. **24**: 197.
- Salinger, J. P. 1987. Commercial flower growing., Butterworths, Press., New Zealand.
- Salisbury, F. B., and C.W. Ross. 1985. Plant physiology. Wadsworth Publishing Co., Belmont. California.
- Salunkhe, D. H., N. R. Bhatt and B. B. Desai. 1990. Postharvest biotechnology of flowers and ornamental plants. Naya Prokask, Calcutta.
- Schneider, E. A. and Wightman, F. 1974. Metabolism of auxin in higher plants. *Ann. Plant Physiol*. **25**: 487. .
- Smith, M. and Butler, R. D. 1971. Ultraestructural aspect of petal development in *cucumis sativus* with particular reference to the chromoplast. *Plant Physiol*. **73**: 1
- Stickland, R. G. 1972. Changes in anthocyanin, carotenoid, chlorophyll, and protein in developing florets of the chrysanthemum. *Ann. Bot.*, **36**: 459.
- Thimann, K. V. 1980. Senescence in plants. CRC., Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Thimann, K. V. 1974. Fifty years of plant hormone research. *Plant Physiol*. **54**: 450.
- Varner, J. E., and Ho, D. T. 1976. The role of hormones in the integration of seedling growth. Academic Press. New York.
- Weaver, R. J. 1990. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Editorial Trillas., México.
- Wilkins, M. B. and Whyte, P. 1968. Relationship between metabolism and the lateral transport of IAA in corn coleoptiles. *Plant Physiol*. **43**: 1435.

Bibliografía

Yahia, E. M., e I. H. Ciapara. 1992. Fisiología y tecnología postcosecha de productos hortícolas. Editorial Limusa., México.

Yang, S. F. 1980. Regulation of ethylene biosynthesis. Hort. Science 15: (3): 238.

VII ANEXO

A: Cálculos Estadísticos

Para el cálculo y análisis estadístico de los resultados obtenidos en el presente trabajo experimental se utilizó la metodología descrita por Gomez y Gomez referente al diseño de un experimento completamente aleatorio (DCA), (Gomez and Gomez, 1984).

De esta forma el cómputo del factor de corrección (C.F.) en base a los datos de la tabla 4.3 fué el siguiente:

$$C.F. = \frac{G^2}{rab} \quad (1)$$

en donde:

C. F. es el factor de corrección,

G es el gran total;

r es el número de repeticiones (3);

a es el número de niveles del factor A (productos, 4);

b es el número de niveles del factor B (dosis, 6).

Sustituyendo en (1) se tiene:

$$C.F. = \frac{(4,333.0832)^2}{3 \times 4 \times 6} = 260,772.361$$

El cómputo de la suma de cuadrados totales (TotalSS), de cuadrados de las repeticiones (rSS) de cuadrados de los tratamientos (tSS) y del cuadrado del error (eSS) fué el siguiente:

$$\text{TotalSS} = \sum x^2 - C.F. \quad (2)$$

en donde:

TotalSS es la suma de cuadrados totales;

$\sum x^2$ es la suma total de los cuadrados medios,

C.F. es el factor de corrección.

**Tabla 4.3 Porcentaje promedio de Flor cortada de clavei
(*Dianthus caryophyllus*, L.)
en vida de florero, evaluada con 4 fitorreguladores comerciales bajo seis dosis
en un diseño factorial 4 X 6 completamente aleatorio.**

Porcentaje promedio de flor en vida de florero.

Producto	Tratamiento	Nivel o Dosis	I	II	III	Total tratamiento
1	1	D0	64.2169	53.2908	55.0975	172.8050
	2	D1	54.4681	55.3209	52.0463	161.8413
	3	D2	59.1938	44.0813	48.5888	151.8439
	4	D3	57.5338	55.4738	60.6306	173.6381
	5	D4	51.0775	51.6950	60.1758	162.9481
	6	D6	46.7913	59.8938	58.8881	135.5732
Subtotal repetición			333.2814	319.714	335.4269	968.4497
2	7	D0	57.6319	61.4968	51.2244	170.3551
	8	D1	71.4256	73.0619	67.1304	212.4269
	9	D2	50.2094	71.4494	70.6338	192.2928
	10	D3	67.2706	67.8906	64.6344	199.8656
	11	D4	62.8806	61.6606	61.8356	186.7106
	12	D6	57.6869	62.4375	58.1500	178.2794
Subtotal repetición			367.1050	359.1028	373.8228	1140.0302
3	13	D0	42.2781	49.6350	44.6394	136.5525
	14	D1	49.4269	50.1175	44.9508	153.5050
	15	D2	56.2131	57.8944	65.3169	179.4244
	16	D3	71.4650	66.0288	77.0000	217.5838
	17	D4	70.1813	74.6475	81.3331	226.1619
	18	D6	81.3331	79.6731	79.3125	240.3187
Subtotal repetición			370.8975	389.9963	392.6525	1153.5463
4	19	D0	37.9381	48.4575	38.2225	124.6181
	20	D1	62.6944	63.5388	44.6394	170.8726
	21	D2	57.5731	61.3281	53.0219	171.9231
	22	D3	54.5731	59.9463	56.8106	171.0919
	23	D4	64.7794	64.4856	68.9738	198.2388
	24	D6	73.1250	74.6931	66.4944	214.3125
Subtotal repetición			350.6450	372.4494	327.9628	1051.0570
Gran total			1421.9209	1481.2897	1429.8648	4333.0832

Sustituyendo en (2) se tiene:

$$\text{TotalSS} = [(64.2169)^2 + (53.2906)^2 + \dots + (66.4944)^2] - 260,772.361$$

$$\text{TotalSS} = 268,213.809 - 260,772.361$$

$$\text{TotalSS} = 7,441.448$$

$$rSS = \frac{\sum R^2}{ab} - C.F. \quad (3)$$

en donde:

rSS es la suma total de cuadrados medios de las repeticiones;

$\sum R^2$ es la suma total de los cuadrados de las repeticiones;

ab es el producto del valor del factor a (dosis) y el factor b (productos);

F.C. es el factor de corrección.

Sustituyendo en (3) se tiene:

$$rSS = \frac{[(1421.9289)^2 + (1481.2897)^2 + (1429.8646)^2]}{4 \times 6} - 260,772.36$$

$$rSS = 260,858.906 - 260,772.361$$

$$rSS = 86.545$$

$$tSS = \frac{\sum t^2}{r} - F.C. \quad (4)$$

en donde:

tSS es la suma de cuadrados de los tratamientos;

$\sum t^2$ es la suma total de los cuadrados de los tratamientos;

r es el número de repeticiones;

F.C. es el factor de corrección.

Sustituyendo en (4), se tiene:

$$tSS = \frac{[(172.6050)^2 + (161.8413)^2 + \dots + (214.3125)^2]}{3} - 260,772.361$$

$$tSS = 266,781.878 - 260,772.361$$

$$tSS = 6,009.517$$

$$eSS = \text{TotalSS} - rSS - tSS$$

(5)

en donde:

eSS es la suma de cuadrados del error;

TotalSS es la suma de cuadrados totales;

rSS es la suma de cuadrados de las repeticiones;

tSS es la suma de cuadrados de los tratamientos.

Sustituyendo en (5), se tiene:

$$eSS = 7,441.448 - 86.545 - 6,009.517$$

$$eSS = 1,345.386$$

Con los valores obtenidos para la suma de cuadrados totales (TotalSS); cuadrados de las repeticiones (rSS); cuadrados de los tratamientos (tSS) y del cuadrado del error (eSS) se procedió a estructurar la tabla del análisis de varianza preliminar (ANDEVA-Pre) para tales valores (tabla 4.4). Este análisis permitirá conocer el nivel de significancia de las dos principales fuentes de variación del experimento: repeticiones y tratamientos.

Tabla 4.4 Análisis de Varianza Preliminar (ANDEVA-Pre) para los datos de la Tabla 4.3 Porcentaje promedio de flor cortada de clavel (*Dianthus caryophyllus*, L.) en vida de florero evaluada con 4 fitoreguladores comerciales bajo 6 dosis en un diseño factorial 4x6 completamente aleatorio

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F ^a Calculada	F de tabla	
					5%	1%
Repeticiones (r)	2	86 545	43 273	1 48 ns	3 20	5 10
Tratamientos (t)	23	6,009 517	261.283	8 933 **	1.76	2.24
Error (e)	46	1,345 386	29.248			
Total	71	7,441 448				

a**= nivel de significancia al 1%

ns= no significativo

Adicionalmente, se calcularon los totales para los dos factores de análisis (productos y dosis), construyendo con éstos la tabla 4.5 o tabla de doble entrada para ambos factores.

Tabla 4.5 Tabla de Doble Entrada para los factores de análisis Producto x Dosis a partir de los datos de la tabla 4.3.					
Nivel o Dosis ^a (ppm)	Productos ^b				Total Dosis (B)
	P1	P2	P3	P4	
D0	172.8050	170.3551	136.5525	124.6181	604.1307
D1	181.8413	212.4269	153.5050	170.8726	698.6458
D2	151.8439	192.2926	174.4244	171.9231	695.4840
D3	173.6383	199.9656	217.5838	171.0919	762.2795
D4	162.9481	186.7106	226.1619	198.2388	774.0594
D5	165.5732	178.2794	240.3187	214.3125	798.4838
Total productos (A)	988.4497	1140.0302	1153.5463	1051.0550	4333.0832
^a D0=0.0 ppm D1=0.6 ppm D2=1.8 ppm D3=6.0 ppm D4=10.0 ppm D5=18.0 ppm			^b P1=Acthvol P2=AgromQ-V P3=Gepol-plus P4=Kinckas		

A partir de los valores obtenidos en la tabla de doble entrada para los factores de análisis: productos y dosis se calcularon la suma de cuadrados de los productos, de las dosis y de la interacción entre ambos factores. El cómputo para cada uno de éstos aspectos fué como sigue:

$$ASS = \frac{\sum A^2}{rb} - F.C. \quad (6)$$

en donde:

ASS es la suma de cuadrados del factor A (productos, 4);

$\sum A^2$ es la suma total de los cuadrados de los productos;

rb es el producto del número de repeticiones y de niveles del factor producto;

F.C. es el factor de corrección.

Sustituyendo en (6), se tiene:

$$ASS = \frac{[(988.4497)^2 + (1140.0302)^2 + (1153.5463)^2 + (1051.0570)^2]}{12} - 260,772.361$$

$$ASS = 261,782.864 - 260,772.361$$

$$ASS = 1,010.503$$

$$BSS = \frac{\sum B^2}{ra} - F.C. \quad (7)$$

en donde:

BSS es la suma de cuadrados del factor B (dosis, 6);

$\sum B^2$ es la suma total de los cuadrados de las dosis;

ra es el producto del número repeticiones y de niveles del factor dosis;

F.C. es el factor de corrección.

Sustituyendo en (7), se tiene:

$$BSS = \frac{[(604.1307)^2 + (698.6458)^2 + (695.4840)^2 + (762.2795)^2 + (774.0594)^2 + (798.4838)^2]}{18} - 260,772.361$$

$$BSS = 262,882.685 - 260,772.361$$

$$BSS = 2110.324$$

$$AxBSS = tSS - ASS - BSS$$

(8)

en donde:

AxBSS es la suma de cuadrados de la interacción AxB;

tSS es la suma de cuadrados de los tratamientos;

ASS es la suma de cuadrados del factor A (productos; 4);

BSS es la suma de cuadrados del factor B (dosis; 6);

Sustituyendo en (8), se tiene:

$$AxBSS = 6,009.517 - 1,010.503 - 2,110.324$$

$$AxBSS = 2,888.690$$

El cálculo de los cuadrados medios (MS) para cada fuente de variación fué como se muestra a continuación:

$$AMSS = \frac{ASS}{a-1} \quad (9)$$

en donde:

AMS es el cuadrado medio para el factor A (productos; 4);

ASS es la suma de cuadrados del factor A (productos; 4);

a - 1 son los grados de libertad para el factor A (productos; 4).

Sustituyendo en (9), se tiene:

$$AMS = \frac{1,010.503}{3} = 336.834$$

$$BMS = \frac{BSS}{b-1} \quad (10)$$

en donde:

BMS es el cuadrado medio para el factor B (dosis; 6);

BSS es la suma de cuadrados del factor B (dosis; 6);

b - 1 son los grados de libertad para el factor B (dosis; 6).

Sustituyendo en (10), se tiene:

$$BMS = \frac{2,110.324}{5}$$

$$BMS = 422.065$$

$$AxBMS = \frac{AxBSS}{(a-1)(b-1)} \quad (11)$$

en donde:

$AxBMS$ es el cuadrado medio de la interacción de los factores A y B (productos x dosis);

$AxBSS$ es la suma de cuadrados de la interacción de los factores A y B (productos x dosis);

$a - 1$ son los grados de libertad para el factor A;

$b - 1$ son los grados de libertad para el factor B.

Sustituyendo en (11), se tiene:

$$AxBMS = \frac{2,888.690}{15}$$

$$AxBMS = 192.579$$

$$eMS = \frac{eSS}{(r-1)(ab-1)} \quad (12)$$

en donde:

eMS es el cuadrado medio del error;

eSS es la suma de cuadrados del error;

$(r - 1)$ son los grados de libertad para el número de repeticiones;

$(ab - 1)$ son los grados de libertad para el producto de los factores de análisis (producto x dosis).

Sustituyendo en (12), se tiene:

$$eMS = \frac{1,345.386}{(2)(23)}$$

$$eMS = 29.248$$

Adicionalmente, se calcularon los valores de F para cada uno de los componentes factoriales, los valores obtenidos fueron respectivamente:

$$F(A)\text{productos} = \frac{\text{AMS}}{\text{eMS}} = \frac{336.834}{29.248} = 11.516$$

$$F(B)\text{dosis} = \frac{\text{BMS}}{\text{eMS}} = \frac{422.065}{29.248} = 14.431$$

$$F(AxB)\text{Interacción} = \frac{\text{AxBMS}}{\text{eMS}} = \frac{192.578}{29.248} = 6.584$$

Con los valores obtenidos se estructuró la tabla 4.6 correspondiente al análisis de varianza (ANDEVA) definitivo para los datos de la tabla 4.3 del experimento factorial 4x6 con diseño completamente al azar (DCA).

Tabla 4.6 Análisis de Varianza (ANDEVA) Definitivo
para los datos de la Tabla 4.3 Porcentaje promedio de flor cortada de clavel
(*Dianthus caryophyllus*, L.)
en vida de florero evaluada con 4 fitoreguladores comerciales
bajo 6 dosis en un diseño factorial 4x6 completamente aleatorio

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F ^a Calculada	F de tabla	
					5%	1%
Repeticiones	2	88.545	43.273	1.48 ns	3.20	5.10
Tratamientos	23	6,009.517	261.283	8.933 **	1.76	2.24
Dosis	5	2,110.324	422.065	14.431**	2.42	3.44
Productos	3	1,010.503	338.834	11.516**	2.81	4.24
Productos x Dosis	15	2,888.690	192.579	6.584**	1.89	2.41
Error	48	1,345.388	29.248			
Total	71	7,441.448				

C.V.=8.98%= Coeficiente de variación o variabilidad

**= nivel de significancia al 1%

ns= no significativo

El coeficiente de variación (cv) fué calculado en base a la siguiente fórmula:

$$cv = 100 \times \frac{\sqrt{eMS}}{\text{GranMedia}}$$

de donde al sustituir valores se obtuvo:

$$cv = 100 \times \frac{\sqrt{eMS}}{\text{GranMedia}} = \frac{\sqrt{29.248}}{60.182} \times 100 = 8.986\%$$

Gomez y Gomez (1984) señalan que el **coeficiente de variación o variabilidad (cv)** indica el grado de precisión con el cual son comparados los tratamientos, y es al mismo tiempo un buen indicador de la confiabilidad del experimento. El cv expresa el error experimental como porcentaje de la media; de esta manera un valor de cv alto indica una baja confiabilidad en el experimento y viceversa. Sin embargo, el valor del cv varía generalmente con el tipo de experimento, el cultivo y la variable de evaluación.

Los resultados del análisis de varianza (ANDEVA, tabla 4.6) muestran una interacción estadística altamente significativa entre los cuatro productos y las seis dosis evaluadas para cada uno de éstos. Éstos resultados indican que cada producto mostró un efecto diferente altamente significativo para cada una de las seis diferentes dosis evaluadas.

Asimismo, los productos mostraron entre sí una diferencia estadística altamente significativa respecto al efecto de éstos en el alargamiento de la longevidad floral de flor cortada de clavel. Esta misma situación (diferencia estadística altamente significativa) se observa entre las seis dosis evaluadas de los productos.

En base a que los resultados obtenidos por el análisis de varianza (ANDEVA) mostraron una diferencia estadística altamente significativa para todas las fuentes de variación (dosis, productos e interacción de ambos); se procedió al cálculo de la prueba de Duncan o DMRT para la evaluación de todos los pares posibles de medias de los tratamientos. La prueba de Duncan permite la agrupación (discriminación) de las diferencias estadísticas entre cualquier par de medias de los tratamientos en base a su significancia o valor (Gomez and Gomez, 1984).

La presentación y discusión de los resultados obtenidos en el presente trabajo se muestran en el apartado IV de manera separada para cada uno de los productos con el propósito de facilitar ambos aspectos. La discusión de los resultados se basa en los valores obtenidos del análisis de varianza (ANOVA) en donde los tres principales fuentes de variación mostraron individualmente una diferencia estadística altamente significativa (tabla 4.6).