

## IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS FISIOLÓGICOS EN LOS CULTIVOS DE FLORES DE EXPORTACION

MARTHA OROZCO DE AMÉZQUITA<sup>1</sup>

### Introducción.

La Fisiología Vegetal estudia el funcionamiento de las plantas y los procesos vitales que regulan su crecimiento, desarrollo y producción. En últimas, las respuestas de los vegetales dependen de lo que ocurre a nivel molecular, de organelos subcelulares, de células, de tejidos y órganos y de las interrelaciones entre ellos, todo ésto modulado por las condiciones ambientales.

De la anterior definición, se deduce la importancia que tiene la investigación de los procesos fisiológicos en el desarrollo de la floricultura. En la actualidad, el manejo de plantas productoras de flores bajo invernadero en la Sabana de Bogotá está basado en el interés de los floricultores por mejorar y aumentar la calidad de la producción, lo cual ha originado un importante conocimiento empírico, acompañado del empleo de técnicas recomendadas por expertos internacionales, que han suplido los requerimientos necesarios para la producción.

Por lo anterior, Arbeláez (1985) opina que un aspecto de vital importancia en el desarrollo futuro de la industria de flores será el poder contar con investigación suficiente que genere la tecnología adecuada a las necesidades y condiciones colombianas.

Teniendo en cuenta los aspectos señalados, a continuación se presentan, a manera de ejemplo sobre la importancia de la investigación en fisiología vegetal, tres experimentos que se realizaron, con el objeto de analizar aspectos básicos del crecimiento y desarrollo de *Chrysanthemum morifolium* Ramat cv. Polaris, *Dianthus caryophyllus* L. cv. Barbara y *Gypsophila paniculata* L. cv. Perfecta.

Los resultados de estos experimentos originan conocimientos sobre el comportamiento de plantas

productoras de flores de corte en la Sabana de Bogotá, recomendaciones para el manejo cultural y amplían la posibilidad de nuevas investigaciones sobre la fisiología de las especies utilizadas en floricultura.

La fase de campo de los ensayos señalados se realizó en las instalaciones de las empresas Jardines de los Andes, Horticultura de la Sabana y en la finca Ucrania de Agrodex S.A., ubicadas en la Sabana de Bogotá, a 2600 m.s.n.m. La evaluación del material se efectuó en el laboratorio de Fisiología Vegetal del Departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia. En la realización de los ensayos, participaron los Biólogos Jorge Gil, Adriana Arteaga, Ernesto Puertas, Nubia Rojas y Martha Orozco de Amézquita, los Estadísticos Humberto Ramírez y Alberto López y se contó con la asesoría de los Ingenieros Agrónomos Alberto Caro, Fernando Jaramillo y del Biólogo Jorge Baquero.

### Ensayo No. 1. Efecto de las heladas simuladas sobre algunas variables de crecimiento de *Chrysanthemum morifolium* Ramat cv. Polaris.

Este trabajo se propuso teniendo en cuenta las bajas temperaturas que se presentan en diferentes épocas del año en la Sabana de Bogotá, las cuales, en términos meteorológicos se denominan "heladas" y según Salisbury y Ross (1989), corresponden a épocas del año en que la temperatura se hace igual o menor a cero grados centígrados a una altura de 2 metros por encima del suelo y de acuerdo con Artunduaga (1982) las heladas se originan esencialmente por fenómenos relacionados con inversiones térmicas y ocasionan pérdidas severas en la producción agrícola en el altiplano Cundiboyacense.

Además, se tuvo en cuenta que, en crisantemo, las relaciones entre las temperaturas diurna y nocturna afectan el balance de cantidad y calidad de flores y la duración de las fases de desarrollo, como lo

<sup>1</sup> Profesora Asociada. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.

manifiestan Mastalerz (1977), Parups y Butler (1982) y Kofranek (1992).

El objetivo del ensayo fué cuantificar el daño que ocasionan las heladas simuladas sobre diferentes variables del crecimiento en plantas de crisantemo.

Como material básico, se emplearon esquejes enraizados de *C. morifolium* Ramat cv. Polaris, los cuales fueron cosechados a una misma altura y de un mismo bloque de plantas madres.

Los esquejes se sembraron en bolsas plásticas con arena húmeda a la cual se agregó la solución de nutrientes requerida para un crecimiento óptimo. Adicionalmente, de acuerdo con las técnicas utilizadas comercialmente, se aplicó la iluminación necesaria, el desbotone y el control de áfidos y *Botrytis cinerea*.

Se analizaron 12 tratamientos, los once primeros correspondieron, en orden, a cada una de las semanas en las cuales se aplicó el tratamiento de helada y el 12o, fué el testigo al cual no se aplicó frío y, además, se utilizó un tratamiento de referencia ó patrón sembrado en suelo.

Los tratamientos se hicieron llevando a las 5 de la mañana, las plantas correspondientes a cada edad hasta una sección de preenfriamiento (más ó menos 4° a 2°C), donde se inició la disminución de la temperatura, proceso que duró de 15 a 20 minutos; luego, las plantas se ubicaron en el sitio donde las temperaturas eran de 0 a -3°C y allí permanecieron, durante 50 minutos, con aplicación de 3 - 5 ml de agua cada 10 minutos; después, el material se pasó a la sección de preenfriamiento y, por último, se retornó al invernadero de crecimiento, a las 6:30 de la mañana.

Periodicamente, se realizaron análisis foliares, con el fin de corregir problemas de deficiencia y/o toxicidad de nutrientes.

Se evaluaron las siguientes variables: altura, peso fresco total, peso fresco de los 80 cm superiores de la planta, longitud de pedicelos superiores, número de hojas dañadas, peso seco y fresco de las flores y duración del ciclo de producción.

Se utilizó un diseño completamente al azar desbalanceado. Dado que la intensidad y la duración de la helada fué la misma para todas las unidades experimentales, se consideró como tratamiento la aplicación de una helada a cada parcela de determinada edad en semanas.

Los resultados mostraron que la duración del ciclo de producción de *C. morifolium* cv. Polaris varió poco por efecto de los tratamientos con baja temperatura. El promedio fluctuó entre 84,9 días, para el tratamiento 9o. y 86,4 días para el tratamiento 2o.;

el testigo floreció a los 84,8 días y el material de referencia (sembrado en suelo) a los 84,2 días. Lo anterior evidencia un ligero aumento en la duración del ciclo de crecimiento cuando se aplicó la helada a plantas de dos semanas.

En el cuadro 1, se resume la respuesta obtenida en los ANAVA univariados y las correspondientes a las pruebas de comparación entre promedios.

Se encontraron diferencias significativas para las variables longitud del pedicelo y número de hojas dañadas; al comparar los promedios de los tratamientos con los correspondientes al testigo, se observó que los tratamientos 2o. y 9o. fueron, con mayor frecuencia, diferentes al material no sometido a tratamiento de heladas. El efecto de las heladas simuladas sobre el marchitamiento de las hojas se manifestó, inicialmente, con un color bronceado en el follaje y, luego, se evidenció la necrosis. Estos síntomas han sido reportados como respuesta a bajas temperaturas en crisantemo por Kofranek (1992).

**Cuadro 1.** Análisis de varianza y comparación de promedios para el efecto de baja temperatura sobre variables del crecimiento en *C. morifolium* cv. Polaris

Variable	ANAVA	Tratamientos
Altura	NS	Ninguno
Peso fresco aéreo	NS	T <sub>2</sub> - T <sub>9</sub>
Peso fresco comercial	NS	T <sub>2</sub>
Longitud pedicelo	**	T <sub>9</sub>
Hojas dañadas	**	T <sub>5</sub> a T <sub>10</sub>
Peso fresco flor	NS	T <sub>2</sub> - T <sub>5</sub>
Peso seco flor	NS	T <sub>2</sub>

NS: No presentan diferencias estadísticas

\*\* : Diferencias altamente significativas

En relación con la disminución del peso fresco de la parte aérea con respecto al testigo, es posible que la respuesta de los tratamientos 2o. y 9o. (en los cuales se sometieron las plantas de 2 y 9 semanas de edad a heladas) pueda deberse a un desajuste en el sistema fotosintético, el cual ocasiona una reducción en la capacidad de crecimiento y acumulación de materiales, por lo menos en el período inmediatamente siguiente a la aplicación de la helada, según lo manifestado por Alden y Herman (1971) y por Herber y Santarius (1976).

Con el objeto de determinar diferencias entre tratamientos y teniendo en cuenta el conjunto de varia-

bles, se realizó un análisis de varianza multivariado y una comparación múltiple de medias. La primera prueba señaló, que, por lo menos, un tratamiento era diferente en el conjunto de variables y la segunda prueba concluyó que los tratamientos 5o., 6o., 9o. y 10o. afectaron, en mayor proporción, a las plantas de la variedad Polaris.

Parece que hay dos épocas claras en que las plantas son susceptibles al daño por congelamiento. La primera hacia las semanas 5a. y 6a. que corresponden a la época de gran crecimiento, en la cual la planta invierte los fotosimilados en la síntesis de nuevas estructuras vegetativas. Esto ocasiona escasez en las reservas, característica que se ha asociado con mayor susceptibilidad al frío según Levitt, citado por Alden y Herman (1971) y Pellet y Carter (1981).

En las semanas 9a. y 10a., la planta está desarrollando sus estructuras reproductivas e invirtiendo en ellas toda su energía, con la consecuente disminución en los materiales de reserva y aumento en la sensibilidad al frío.

Kofranek (1992) señala que, adicional al marchitamiento foliar, por efecto de bajas temperaturas, se observa clorosis general, cambio de color en los pétalos, muerte de las flores y/o retardo en la inducción floral.

## **Ensayo No. 2. Enraizamiento de esquejes de *Dianthus caryophyllus* L. cv. Bárbara con diferentes concentraciones de auxinas.**

Con relación a las fitohormonas en floricultura es reconocido su empleo para inducir o mejorar el enraizamiento y la floración.

En el caso del clavel, el material de propagación se obtiene a partir de ramas laterales a las cuales se aplican auxinas en su base y el tiempo de enraizamiento oscila entre 2 y 4 semanas, dependiendo, entre otros factores, de la variedad y de las condiciones ambientales en el invernadero (Duran, 1974; Feldman, 1984; Whealy, 1992).

Sin embargo, en la Sabana de Bogotá, independientemente de la variedad de clavel utilizada, suelen emplearse métodos y concentraciones iguales de enraizadores. Por lo tanto, se propuso este trabajo con el fin de evaluar el efecto de diferentes dosis de las auxinas AIA (ácido-3-indol-acético), AIB (ácido-3-indol-butírico) y ANA (ácido-1-naftalen-acético) para el enraizamiento de esquejes de clavel (*D. caryophyllus* cv. Bárbara).

Para este ensayo, se emplearon esquejes cosechados a una misma altura y de un mismo bloque de plantas madres, los cuales se almacenaron en cuarto frío a 0°C por un período de 10 días. Una vez que los esquejes se retiraron del cuarto frío, se

agruparon en paquetes para aplicar en la base de ellos, mediante el uso de pistolas plásticas de aspersión, el tratamiento correspondiente. Los 64 tratamientos resultaron de un arreglo factorial de 4x3; cuatro concentraciones hormonales, a saber: 0; 500; 1.000 y 1.500 ppm y los tres tipos de auxinas: AIB, AIA y ANA.

Las soluciones hormonales se prepararon en buffer fosfato de pH 7. Se aseguró que la solución impregnara hasta saturación los esquejes y se efectuó la siembra en escoria coquizada fina, en una densidad de 1.000 esquejes por metro cuadrado. Luego de la siembra, los bancos de enraizamiento se sometieron al riego recomendado por la empresa para la obtención de material comercial. Los tratamientos se distribuyeron en tres bloques (repeticiones), dos de los cuales estaban en el mismo invernadero.

Se efectuaron cuatro muestreos (a los 18; 21; 24 y 27 días después de la siembra) y, en cada uno, se tomaron al azar quince esquejes, cinco de los cuales se emplearon para determinar la biomasa acumulada en las raíces y con las diez restantes se efectuó la prueba del azul de metileno (Dunham, 1958, modificado).

En clavel, el cultivar Barbara inició el desarrollo de la raíz entre 0 y 6 días después del tratamiento hormonal, observándose la presencia de callo hacia el día 10o. y la emergencia de las primeras raíces entre los días 14o. y 18o.

Los análisis estadísticos mostraron diferencias entre las repeticiones, lo cual señala que las respuestas obtenidas estuvieron bajo la influencia de factores ambientales, entre los cuales vale la pena señalar la temperatura del medio de enraizamiento y la del ambiente y la composición granulométrica de la escoria en los bancos, lo cual se evidenció con los registros de estas variables en los invernaderos utilizados para el ensayo.

Se estableció, en los resultados totales, una correlación lineal y positiva entre las variables absorción y peso seco de raíz.

El enraizamiento, medido con base en la acumulación de biomasa en la raíz, mostró diferencias significativas entre los tratamientos.

En la figura 1, se representan las respuestas de acumulación de biomasa de algunos tratamientos.

La mejor respuesta, debida a la interacción de las tres hormonas, se obtuvo con T<sub>54</sub> (AIA 1.500 ppm, AIB 500 ppm, ANA 500 ppm). El T<sub>35</sub> (AIA 1.000 ppm + ANA 1.000 ppm) fue el tratamiento con dos hormonas que originó mayor acumulación de biomasa en la raíz. El T<sub>6</sub> (AIB 500 ppm + ANA 500 ppm) fué la mejor mezcla de AIB y ANA. El T<sub>11</sub> (AIB

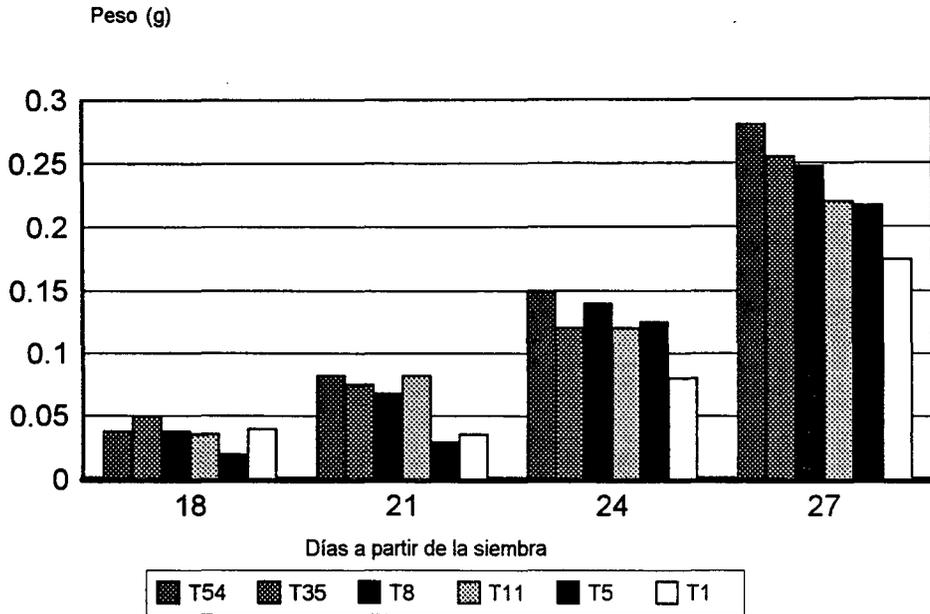


Figura 1. Efecto de auxinas sobre la biomasa de la raíz

1.000 ppm + ANA 1.000 ppm) corresponde al patrón utilizado comercialmente.

Lo anterior permite recomendar, para la cv. Barbara, el tratamiento 6 (AIB 500 ppm + ANA 500 ppm) y esta dosis de hormonas es menor que la utilizada comercialmente (AIB 1.000 ppm + ANA 1.000 ppm).

También, los resultados señalan una mejor interacción doble entre AIB y ANA, posiblemente, porque, según Barcelo *et al* (1985) opinan que estos reguladores del crecimiento no compiten con los mismos receptores a nivel de membrana, que las mezclas entre ellos y el AIA. El efecto del AIA no fué muy claro en el enraizamiento de la variedad estudiada, lo cual ha sido interpretado por Hartman y Kester (1984) quienes consideran que esta hormona no origina una respuesta universal y que puede, inclusive, inhibir la formación de raíces adventicias en esquejes.

### Ensayo 3. Efecto de la zona de localización del esqueje en la planta madre y del almacenamiento a baja temperatura en respuestas de crecimiento en *Gypsophila paniculata* L. cv. Perfecta.

La especie con mayor demanda en el mercado es el clavel, seguida por el crisantemo, el pompón y la rosa. Sin embargo, el valor y demanda de "otras flores" hacia Estados Unidos ha ido aumentando,

ocupando *Gypsophila paniculata* L. cv. Perfecta, un lugar importante dentro del grupo.

Hartman y Kester (1984) manifiestan que una característica, frecuentemente observada en el cultivo de esta especie, es la asincronía en el crecimiento, especialmente en las primeras fases del cultivo, como consecuencia de factores internos y ambientales, entre los cuales, se pueden señalar la condición fisiológica de la planta madre, en cuanto a su estado nutricional, edad y sanidad, tipo de esqueje seleccionado, niveles endógenos de auxina y de otros cofactores de enraizamiento y contenido de carbohidratos en el esqueje.

Por ejemplo, Kusey y Weiler (1977) han señalado que, en *G. paniculata*, los esquejes provenientes de plantas jóvenes originan raíces más largas y Raulston *et al* (1977) consideran que esquejes que hayan iniciado el proceso de alargamiento, no se deben emplear para la propagación.

Teniendo en cuenta las observaciones que se han adelantado, se propuso evaluar la incidencia de la zona de localización del esqueje en la planta madre y el efecto de dos tratamientos de vernalización sobre algunos aspectos del crecimiento, desarrollo y producción.

Para el ensayo, los esquejes se clasificaron en

superiores, medios e inferiores, estableciendo que los superiores eran aquellos que se encontraban más cerca del ápice de la planta o en el tercio superior de la misma.

Por cada piso de crecimiento, se seleccionaron 600 esquejes, procurando que las estacas tuvieran una longitud entre 6 y 10 cm, alrededor de 10 entrenudos y de 12 a 20 pares de hojas.

Los esquejes fueron escogidos teniendo en cuenta que su aspecto fuese similar en cuanto a color y vigor y que presentaran una única yema terminal. Antes de la siembra, a cada esqueje se le aplicó un enraizador hormonal, en un medio de talco, que fue aplicado directamente sobre la base de los tallos limpios.

Las estacas tratadas se sembraron en bancos elevados de enraizamiento, colocando cada individuo en un vaso Comolsa a una profundidad de 1 a 2 cm y con una densidad de 389 esquejes por metro cuadrado, o sea, la misma empleada para cultivos comerciales.

El experimento se propuso bajo un diseño experimental completamente al azar con 4 réplicas por cada piso o zona de procedencia.

El medio de propagación elegido fue escoria de carbón, la cual se esterilizó con vapor de agua a una temperatura de 82°C, por 2 horas, hasta cuando se logró que toda la cama tuviera uniformidad térmica.

Se planearon 4 muestreos, que se iniciaron a los 21 días después de la siembra y se continuaron cada 8 días. Para cada muestreo, se escogieron al azar 8 plantas por réplica, a las cuales se les hicieron las siguientes medidas:

a. Determinación colorimétrica de la densidad de raíces producidas por esqueje, según el método de Dunham modificado o Método de verde de metilo, desarrollado por Puertas y Rojas en 1988; y

b. Determinación de biomasa o peso seco de la raíz, como estimativo de la producción de materia orgánica.

En cada muestreo, se tuvo en cuenta el porcentaje de plantas enraizadas y se detallaron las características de crecimiento de las plántulas.

En el segundo experimento de este ensayo, una vez obtenidas las plantas con raíz, se procedió al almacenamiento en frío y se evaluó su efecto a los treinta y setenta días de almacenamiento a 0°C. Se obtuvo un total de 6 tratamientos, tres procedencias o localización en la planta madre y almacenamiento ó no en frío. Las plantas se sembraron en camas de producción bajo condiciones de invernadero comercial y con densidad de siembra de 6 plantas por

metro cuadrado.

Para evitar el efecto de iluminación desigual, se tendió para cada cama, una línea adicional de bombillas cubiertas con caperuza y distanciadas a un metro.

Se efectuó un seguimiento detallado de los procesos de crecimiento y desarrollo, que involucran la floración como son: desarrollo del tallo floral, aparición del botón floral, antesis y el lapso entre un evento y otro.

La producción floral se estimó llevando un registro final de los siguientes parámetros: altura total de la planta antes del primer corte; diámetro del tallo vegetativo en su base, antes de iniciar la ramificación; número de ramificaciones principales de la planta antes del primer corte; diámetro de cada ramificación floral luego del corte y peso de las ramas florales.

El ensayo se proyectó según un modelo completamente al azar.

Dentro de las respuestas obtenidas, se encontró que, durante los primeros 20 días de desarrollo, los esquejes formaron un callo del cual emergieron las raíces. Desde el momento en que empezó a formarse el callo, en las estacas que provenían del estrato superior de la planta, se observó un crecimiento más lento que el correspondiente a aquellas provenientes de las zonas media e inferior.

Para la primera fecha de muestreo (21 días después de la siembra), en cualquiera de los ensayos empleados, los esquejes del piso superior presentaron porcentajes de enraizamiento del 85-90%, mientras que los provenientes de los otros dos niveles alcanzaron porcentajes de 98 y 100% de enraizamiento.

Estas diferencias de crecimiento se ilustran en la figura 2, en donde se presenta la acumulación de biomasa radical en el tiempo y se hace evidente que hay diferentes tasas de crecimiento, representadas como distintas capacidades para acumular materia seca. Según los valores de peso seco analizados, se concluyó que las estacas de las zonas media e inferior iniciaron más rápidamente el proceso de emergencia de raíces.

Por qué hay un tipo de esquejes que enraizan más rápido que los otros? Muy probablemente, porque al momento de seleccionarlos eran diferentes fisiológicamente. Por una parte, los esquejes debían tener edad diferente, debido a su localización y, por consiguiente, tenían distinta actividad metabólica y, por otra parte, su capacidad de almacenamiento era desigual.

Las diferencias en actividad metabólica se reflejan

en tasas de crecimiento desiguales, las cuales originan, dentro de la planta, una distribución no uniforme de los reguladores de crecimiento (hormonas), que, como se sabe, están íntimamente ligados a respuestas de desarrollo y diferenciación.

Por otra parte, según Hartman y Kester (1984), se requieren concentraciones óptimas de reguladores para inducir el enraizamiento. Si existe desbalance hormonal, la respuesta se retarda o no se presenta. Esto pudo ser lo sucedido con los esquejes de la zona superior que desarrollaron raíces más lentamente que los otros.

Con relación al posible efecto de la capacidad de almacenamiento, las estacas de los pisos medio e inferior debieron tener mayores reservas de alimentos, pues, por su localización y por la misma consistencia de sus tejidos, aparentemente, hubo mayor cantidad de sólidos y menos agua que en las estacas superiores que eran más succulentas y delgadas.

Se encontró que el método del verde de metilo es un buen estimador del proceso de desarrollo radical. Para comprobarlo, se realizaron análisis de regresión entre las dos variables, las cuales demostraron un nivel de correlación significativo con comportamiento lineal.

Para la segunda parte de este ensayo, en esquejes obtenidos a partir de cualquier tercio de la planta madre, se observó que el almacenamiento por 30 días, a cero grados centígrados, no afectó su calidad, ni su capacidad de establecimiento en el campo, ya que ninguna de las plantas enfriadas murió durante el proceso y, además, mantuvieron su viabilidad luego del trasplante.

Estos resultados se contraponen con los obtenidos comercialmente, pues algunos cultivadores registran altas tasas de mortalidad en el trasplante, luego del preenfriamiento. La contradicción entre las experiencias parece deberse a que, en instalaciones comerciales, el cuarto frío no mantiene estable la temperatura, mientras que, en el empleado en el ensayo, la humedad y la temperatura fueron iguales durante todo el tiempo de almacenamiento.

Se observó que las plantas enfriadas, independientemente de su piso de selección, empezaron a desarrollarse más rápido, lo mismo que su inducción floral fue más rápida que en las no vernalizadas provenientes de la misma posición en la planta madre. A los dos meses de cultivo, se comprobó que el 40% de las plantas vernalizadas habían iniciado el proceso de floración, mientras que las no almacenadas estaban en un 15 a 20%. A los tres meses de cultivo, el 100% de las plantas vernalizadas

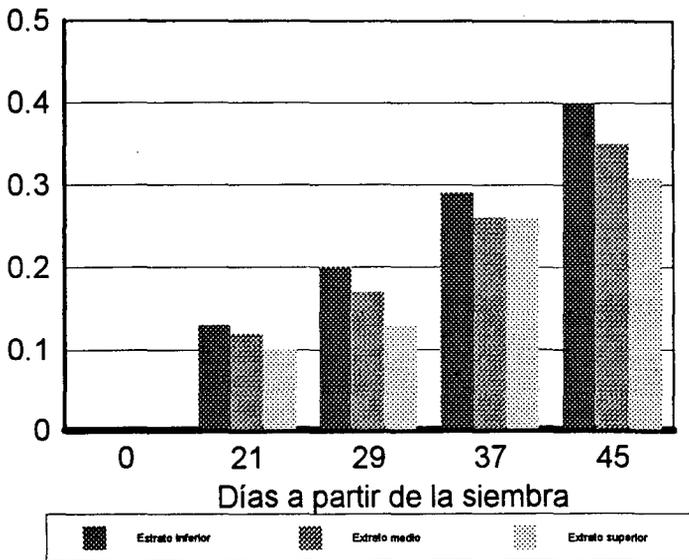


Figura 2. Efecto del estrato sobre la biomasa de raíces

iniciaba el proceso de floración y, en las no enfriadas, la inducción floral alcanzaba un valor de 95%.

El análisis de varianza para el diámetro del tallo vegetativo, mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos. Los valores promedios más altos correspondieron a las plantas vernalizadas provenientes del estrato medio. En general, se observó una tendencia de mayores diámetros para las plantas enfriadas. La prueba de Duncan señaló que el promedio correspondiente a plantas del piso medio sometidas a enfriamiento fué diferente al de las plantas del piso inferior sin vernalización (Cuadro 2).

Aparentemente, el enfriamiento ocasionó cambios en el metabolismo, tal vez de azúcares y reguladores de crecimiento, que se reflejó en una mayor capacidad de asimilación, translocación y acumulación de sustancias en el tallo, lo cual originó, a su vez, mayor diámetro de los mismos.

Para la variable número total de ramificaciones por planta, el análisis de varianza señaló diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Las plantas de los estratos medio e inferior vernalizadas presentaron menor número de ramificaciones (Cuadro 3).

Parece que existe un mecanismo de respuesta a los tratamientos que origina, en plantas vernalizadas, aumento en el diámetro y reducción en el número de ramificaciones y, en plantas de la zona inferior, se observó más evidentemente esta respuesta. Se puede pensar que la energía que la planta utiliza para producir ramas es canalizada, por efecto de la vernalización, para producir mayor diámetro de los tallos y reducir el número de ramificaciones vegetativas.

La producción de flores en el cultivo se inició a los cuatro meses. En el Cuadro 3, se observan las diferencias entre los tratamientos. Las plantas que produjeron un menor número de ramos florales fueron las de los pisos superior e inferior no sometidas a tratamiento frío, lo cual parece indicar que la vernalización tiene capacidad de inducir un aumento en las ramificaciones florales y en el peso de las mismas. Las plantas con mayor producción provenían de la zona media sometidas a preenfriamiento.

El pico de producción se obtuvo a los cinco meses de la siembra. Adicionalmente, los datos señalan que las estacas de la zona superior de la planta madre y vernalizadas son casi iguales a las seleccionadas en la zona media y no sometidas a preenfriamiento.

En conclusión, los datos obtenidos señalan que las mejores respuestas correspondieron a plantas preenfriadas obtenidas del tercio medio de la planta

**Cuadro 2.** Promedio y prueba de Duncan para el efecto de los tratamientos almacenamiento en frío sobre el diámetro del tallo de *G. paniculata* cv. Perfecta.

Tratamiento	Diámetro tallo (mm)
Medio con vernalización	15,92 a
Inferior con vernalización	15,86 a
Superior con vernalización	15,18 a b
Medio sin vernalización	14,69 a b
Superior sin vernalización	14,52 a b
Inferior sin vernalización	14,34 b

Letras iguales corresponden a tratamientos estadísticamente iguales.

**Cuadro 3.** Promedio y prueba de Duncan para el efecto de almacenamiento en frío sobre el número de ramificaciones de *G. paniculata* cv. Perfecta

Tratamiento	Número de ramificaciones
Medio sin vernalización	21,26 a
Superior sin vernalización	19,25 a
Superior con vernalización	18,23 a b
Inferior sin vernalización	14,53 b c
Medio con vernalización	14,52 b c
Inferior con vernalización	13,68 c

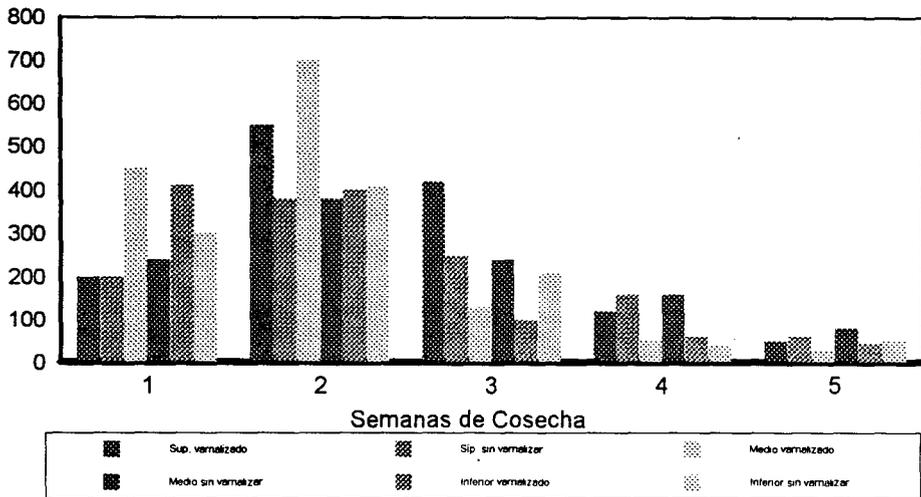
Promedios con letras iguales son estadísticamente iguales.

madre y permiten señalar que la procedencia del esqueje es un factor determinante en los procesos de crecimiento y en las diferencias de desarrollo encontradas en *G. paniculata*. Además, se confirma lo afirmado por Barceló et al (1983) que el tratamiento con frío estimula la floración de esta especie, la cual se comporta como una especie facultativa.

Con relación al almacenamiento por dos meses, se observó que los esquejes del piso superior fueron afectados por el preenfriamiento, con un porcentaje de mortalidad del 37%. Los esquejes provenientes de los tercios medio e inferior, al ser retirados de la nevera, no presentaron aspecto saludable y vigoroso como el de los esquejes preenfriados durante un mes. Aparentemente, el tratamiento de dos meses de frío originó un desbalance metabólico, a causa del gasto de reservas. A los quince días del trasplante, las plántulas del piso superior y vernalizadas fueron las más afectadas y el 77% de ellas murió al igual que el 19 y 20 % de los estratos medios e inferior, respectivamente.

**Cuadro 4.** Efecto de los tratamientos de vernalización sobre el diámetro de las ramas vegetativas y florales y el número de ramificaciones de *G. paniculata* cv. Perfecta.

TRATAMIENTO	DIAMETRO TALLO VEGETATIVO	NUMERO DE RAMAS FLORALES	DIAMETRO RAMA FLORAL
SUPERIOR VERNALIZADO	17.8	29.50	3.85
INFERIOR VERNALIZADO	15.8	23.82	3.78
MEDIO VERNALIZADO	15.7	20.27	3.89
MEDIO SIN VERNALIZAR	14.9	25.26	3.83
INFERIOR SIN VERNALIZAR	14.9	25.25	3.83
SUPERIOR SIN VERNALIZAR	14.2	27.73	3.81



**Figura 3.** Número de ramos florales por bloque

Adicionalmente, parece que las reservas de las estacas de la zona superior son menores a las de las que provienen de los estratos medio e inferior, lo cual hace que las primeras sean más sensibles al frío y al ataque de microorganismos. Lo anterior corrobora la importancia que tiene la localización de las estacas en la planta madre.

Una vez establecidas las plantas en el campo, las que se sometieron a dos meses de almacenamiento en frío, se desarrollaron más rápidamente. A los dos meses de cultivo, todas las plantas vernalizadas estaban en la etapa de inducción floral y las no

tratadas en la nevera presentaban porcentajes cercanos al 50%; sólo hasta los tres meses y medio se observó inducción floral en el 90% de las plantas no preenfriadas.

Los análisis de varianza para las variables altura, diámetro del tallo, número de ramificaciones y diámetro de tallos vegetativos florales mostraron diferencias estadísticas entre los tratamientos.

En general, el hecho para destacar es que los mayores valores de altura y número de ramificaciones correspondieron a las plantas de esquejes del

piso superior sometidas a dos meses de enfriamiento (Cuadro 4), pero vale la pena decir que la disminución en la densidad de población de estas plantas pudo incidir en las respuestas, porque, en definitiva, debido a la alta mortalidad y al consecuente espaciamiento entre plantas, debió existir menor competencia por luz, nutrimentos y agua, factores que tienen gran incidencia en los procesos de crecimiento y desarrollo de *G. paniculata* y las pruebas de Duncan corroboraron estas repuestas.

Para la variable diámetro de las ramas florales, que es un parámetro relacionado con la calidad, se observó que la mejor respuesta se obtuvo en las plantas obtenidas del tercio medio de la planta madre y sometidas a vernalización por dos meses. Sin embargo, para este ensayo, se considera que las respuestas obtenidas fueron enmascaradas por la presencia de una variable adicional no controlada, lo cual hace necesario repetir esta parte del ensayo, contando con plantas adicionales, con el fin de reemplazar aquéllas que mueren en el trasplante por efecto del tratamiento con bajas temperaturas durante dos meses. Adicionalmente, debe tenerse en cuenta el efecto de la vernalización durante dos meses sobre la iniciación de la producción (quince días antes que en las plantas no vernalizadas).

### Bibliografía.

1. Alden, J. and R.K. Herman. Aspects of the cold-hardiness mechanism in plants. *Botanical Review* 37: 37-143. 1971.
2. Arbeláez, G. Colombia, primer exportador de clavel estándar en el mundo. *Horticultura Moderna* 1: 16-18. Cali. 1985.
3. Artunduaga, R. Principios básicos de ocurrencia de heladas y su control. Boletín técnico No 97. ICA. Tibaitatá. 34pp. 1982.
4. Barceló, J., G. Nicolás, B. Sabater y R. Sánchez. *Fisiología vegetal*. Editorial Piramide S.A. Madrid. 780pp. 1983.
5. Dunham, C.W. Use of methylene blue to evaluate rooting of cuttings. *American Society for Horticultural Science* 72: 450-453. 1958.
6. Durán, D. Conferencias sobre Floricultura. *Memorias Curso de Floricultura*. ICA, Tibaitatá. 155pp. 1974.
7. Feldman, L.J. Regulation of root development. *Annual Rev. Plant Physiol.* 35: 223-242. 1984.
8. Hartman, T.H. y D.E. Kester. *Propagación de plantas. Principios y prácticas*. Compañía Editorial Continental S.A. México. 815pp. 1984.
9. Herber, U. and K.A. Santarius. Water stress during freezing. In: O.L. Lange, L. Kappen and E.D. Schulze (Eds.). *Water and plant life*. Springer-Verlag. Berlin. 1976.
10. Kofranek, A.M. Cut Chrysanthemums. p. 3-42. In: R.A. Larson (Ed.). *Introduction to floriculture*. Second edition. Academic Press. San Diego. 1992.
11. Kusey, W.E. y T. Weiler. Propagación de *Gypsophila paniculata* por medio de esquejes. Reporte investigativo de Bradenton REC-GC. 1977.
12. Mastalerz, W.J. *The greenhouse environment*. John Wiley & Sons. New York. 629pp. 1977.
13. Parups, E.V. and G. Butler. Comparative growth of *Chrysanthemum* at different night temperature. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107: 600-604. 1982.
14. Pellet, H.M. and J.W. Carter. Effect of nutritional factors in cold hardiness of plants. *Horticultural Reviews* 3:144-171. 1981.
15. Puertas, E.J. y N.S. Rojas. Evaluación del enraizamiento de esquejes de clavel (*Dianthus caryophyllus* L. cv. Barbara) bajo diferentes concentraciones de auxinas (AIA, AIB y ANA). Trabajo de grado. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. 66pp. 1988.
16. Raulston, J.C., S.L. Poe y F.J. Morousky. Producción de *Gypsophila paniculata* en la Florida. Reporte investigativo de Bradenton, AREC-GC. 1977.
17. Salisbury, F.B. and C. Ross. *Plant Physiology*. Wadsworth, Belmont. California. 540pp. 1989.
18. Whealy, C.A. Carnations. p.43-64. In: R.A. Larson (Ed). *Introduction to Floriculture*. Second edition. Academic Press. San Diego. 636pp. 1992.