



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FISIOLOGÍA VEGETAL

EFFECTO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA STEINER EN LA CALIDAD Y VIDA DE FLORERO DE CRISANTEMO

LUIS MANUEL CARRILLO LÓPEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2009

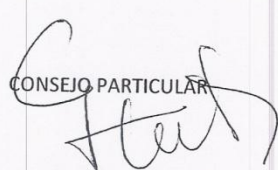
La presente tesis, titulada: **Efecto de la Solución Nutritiva Steiner en la calidad y vida de florero de crisantemo**, realizada por el alumno: **Luis Manuel Carrillo López**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS


RECURSOS GENETICOS Y PRODUCTIVIDAD
FISIOLOGIA VEGETAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO


Dr. Gabriel Alcántar González

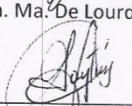
ASESOR


Dra. Libia D Trejo-Téllez

ASESOR


Dra. Ma. De Lourdes Arévalo Galarza

ASESOR


M.C Élda Araceli Gaytán Acuña

Montecillo, Texcoco, México, 11 de Diciembre de 2009

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la oportunidad de seguir vivo a pesar de mi enfermedad, y sobretodo por darme a una hermosa familia que me brinda la felicidad que necesito para seguir adelante y lograr mis metas.

Al CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), que con su apoyo económico logré dedicar mi tiempo completo a los estudios de maestría.

Al Colegio de Postgraduados, por darme la oportunidad de adquirir conocimientos en sus aulas, en la biblioteca, y darme los valores que necesito para desempeñarme profesionalmente.

Al Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, por el apoyo recibido en el laboratorio de Fisiología y Tecnología Postcosecha.

Al Instituto de Recursos Naturales (Programa de Edafología), por la facilidad de adquisición de materiales necesarios para realizar mi investigación, así como al personal del laboratorio de Nutrición de Cultivos "Salvador Alcalde Blanco".

DEDICATORIA

A Dios, por no dejarme solo en los momentos difíciles de soledad y de enfermedad.

A mis papás: Miguel Pablo y María Cristina Guadalupe Agustina, por darme su cariño y su amor en todo momento. Porque siempre me han apoyado económica y emocionalmente.

A mis hermanos: Nabor, Juan Carlos y Miguel Pablo. Especialmente a Miguel, por su apoyo desinteresado en el desarrollo de mi investigación.

A mis sobrinos: Lalo, Sarina, Giovas, Achis y Josué, para que este trabajo los motive a estudiar y crecer profesionalmente.

A mis cuñadas: Silvia y Mayra, por el gran amor hacia mis hermanos y por su apoyo a mis padres en los momentos de enfermedad.

A mis abuelos paternos: Salvador y Loreto+, por ser ejemplo de vida.

A mis abuelos maternos: Santiago y Mariana, por apoyar a mi madre en los momentos difíciles.

A César, por ser una parte importante de mi vida.

A Eduardo, por darme su apoyo desinteresado en todo momento, especialmente cuando estuve enfermo. Por cuidarme y dirigirme para valorar mi vida.

A mis amigos de la escuela: Violeta y Sinaí, por su compañía durante mi estancia en el Colegio de Postgraduados.

CONTENIDO

CONTENIDO.....	i
ÍNDICE DE CUADROS EN EL TEXTO.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1. La solución nutritiva.....	2
2.1.1. Concentración iónica total.....	4
2.1.2. Relación mutua de aniones y cationes.....	8
2.1.3. pH.....	10
2.2. Generalidades del cultivo de crisantemo.....	12
2.2.1. Descripción.....	12
2.2.2. Situación de las ornamentales en México.....	13
2.2.3. Producción de ornamentales caso Texcoco.....	15
2.3 Manejo del cultivo	16
2.3.1. Propagación.....	16
2.3.2. Preparación del suelo.....	18
2.3.3. Nutrición mineral.....	18
2.3.4. Crecimiento vegetativo.....	24
2.3.5. Floración.....	26
2.3.6. Sistema de producción de crisantemo en Texcoco.....	27
2.4. Calidad comercial en crisantemo.....	29
2.4.1. Índice de cosecha en crisantemo.....	29
2.4.2. Grados de calidad en crisantemo.....	30
2.5. Aspectos postcosecha en crisantemo.....	30
2.5.1. Senescencia.....	31
2.5.2. Manejo postcosecha.....	32
III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	34
3.1 Objetivos.....	34
3.2 Hipótesis.....	35

IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
	4.1 Material vegetativo.....	36
	4.2 Diseño estructura y condiciones del invernadero.....	37
	4.3 Sistema de fertirrigación.....	37
	4.3.1. Suelo.....	37
	4.3.2. Solución nutritiva.....	38
	4.3.2.1. Preparación.....	38
	4.3.2.2. Manejo de la solución nutritiva.....	39
	4.4 Desarrollo experimental.....	40
	4.4.1. Establecimiento y conducción del experimento.....	40
	4.4.2. Diseño experimental.....	40
	4.4.3. Variables respuestas.....	42
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
	5.1 Análisis de suelo y agua.....	46
	5.2 Altura de planta.....	48
	5.3 Mediciones SPAD.....	50
	5.4 Concentración nutrimental.....	54
	5.5 Peso fresco.....	56
	5.6 Calidad comercial.....	59
	5.7 Vida de florero y apertura floral.....	63
	5.7.1. Elección de puntos de corte.....	63
	5.7.2. Vida de florero.....	64
	5.7.2.1. Tamaño de inflorescencias.....	69
	Punto de corte 1 (50-80 mm).....	69
	Punto de corte 2 (81-90 mm).....	72
	Punto de corte 3 (91-100 mm).....	74
	Punto de corte 4 (101-110 mm).....	77
	Punto de corte 5 (111-120 mm).....	80
	5.7.2.2. Pérdida de peso de tallos florales.....	84
	5.7.2.3. Concentración de azúcares.....	92
VI.	CONCLUSIONES.....	96
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	98

ÍNDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1.	Composición química de la solución universal de Steiner.....	4
Cuadro 2.	Requerimientos de N en crisantemo cv. Albatros en periodos de 10 días en función de la edad de la planta.....	19
Cuadro 3.	Niveles en tejidos foliares asociados con niveles adecuados o deficientes de elementos esenciales en <i>Crisanthemum x morifolium</i> "Good News"	22
Cuadro 4.	Concentración de nutrimentos en hojas de crisantemo.....	23
Cuadro 5.	Plantas crisantemo cultivar "Florida Marble" con diferente número de días largos antes de empezar los días cortos.....	26
Cuadro 6.	Relación de prácticas de cultivo que conforman el itinerario técnico del cultivo de crisantemo en la región de Texcoco, Méx.	28
Cuadro 7.	Grados de calidad para crisantemo estándar.	30
Cuadro 8.	Características varietales del material vegetativo empleado en esta investigación.....	36
Cuadro 9.	Composición química de la Solución Nutritiva Universal de Steiner (1968), en meq L ⁻¹ , para un pH de 6.5±0.1	38
Cuadro 10.	Solución concentrada de micronutrimentos para elaborar la solución nutritiva.....	38
Cuadro 11.	Preparación de soluciones concentradas mezcladas para elaborar soluciones nutritivas.....	39
Cuadro 12.	Manejo tradicional del cultivo de crisantemo variedad Snow Eleonora.....	41
Cuadro 13.	Composición de las soluciones nutritivas (en meq L ⁻¹) calculadas a partir de soluciones concentradas.....	42
Cuadro 14.	Conductividad eléctrica resultante de las soluciones nutritivas aplicadas a los tratamientos.....	43

	Página
Cuadro 15. Análisis del agua de pozo profundo utilizada para preparar las soluciones nutritivas.....	46
Cuadro 16. Análisis de suelo del lugar en donde se estableció el experimento.....	47
Cuadro 17. Interpretación tentativa de las bases de intercambio de los suelos.....	48
Cuadro 18. Altura de plantas (cm) durante el crecimiento de crisantemo variedad Snow Eleonora.....	48
Cuadro 19. Lecturas SPAD durante el crecimiento de crisantemo variedad Snow Eleonora.....	50
Cuadro 20. Concentración nutrimental en hojas de crisantemo variedad Snow Eleonora.....	54
Cuadro 21. Peso de biomasa fresca de plantas de crisantemo variedad Snow Eleonora durante la cosecha.....	58
Cuadro 22. Atributos de calidad comercial de crisantemo variedad Snow Eleonora.....	60
Cuadro 23. Grado de calidad para crisantemo variedad Snow Eleonora cosechado parcialmente abierto.....	62
Cuadro 24. Vida de florero en días para diferentes puntos de corte en crisantemo variedad Snow Eleonora.....	66
Cuadro 25. Vida de florero con solución preservativa Crystal en crisantemo variedad Snow Eleonora.....	68
Cuadro 26. Vida de florero y tamaño máximo de inflorescencia para crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechado en punto de corte 1 (50-80 mm), utilizando agua corriente y solución preservativa Crystal.....	71
Cuadro 27. Vida de florero y tamaño máximo de inflorescencia para crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechado en punto de corte 2 (81-90 mm), utilizando agua corriente y solución preservativa.....	74

	Página
Cuadro 28. Vida de florero y tamaño máximo de inflorescencia para crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechado en punto de corte 3 (91-100 mm), utilizando agua corriente y solución preservativa.....	76
Cuadro 29. Vida de florero y tamaño máximo de inflorescencia para crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechado en punto de corte 4 (101-110 mm), utilizando agua corriente y solución preservativa.....	79
Cuadro 30. Vida de florero y tamaño máximo de inflorescencia para crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechado en punto de corte 5 (111-120 mm), utilizando agua corriente y solución preservativa.....	81
Cuadro 31. Contenido de azúcares (mg/g) ¹ en hojas de crisantemo variedad Snow Eleonora.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS		Página
Figura 1.	Establecimiento de riego por goteo con cintilla.....	37
Figura 2.	Efecto de los tratamientos en altura de planta.....	49
Figura 3.	Coloración de hojas en crisantemo variedad Snow Eleonora a las 4 semanas después del trasplante.....	51
Figura 4.	Coloración de hojas en crisantemo variedad Snow Eleonora a las 12 y 14 semanas después del trasplante.....	52
Figura 5.	Tamaño de raíz en crisantemo variedad Snow Eleonora.....	56
Figura 6.	Peso de biomasa fresca (g) para raíz, tallo y follaje en crisantemo variedad Snow Eleonora.....	57
Figura 7.	Peso de biomasa fresca (g) para inflorescencia y planta completa de crisantemo variedad Snow Eleonora.....	57
Figura 8.	Tamaño de inflorescencias y follaje en crisantemo variedad Snow Eleonora.....	58
Figura 9.	Punto de corte para determinar la calidad comercial en crisantemo variedad Snow Eleonora.....	60
Figura 10.	Fotografías que muestran los 5 puntos de corte (cm) para evaluar vida de florero.....	64
Figura 11.	Vida de florero en días en crisantemo variedad Snow Eleonora.....	65
Figura 12.	Vida de florero con solución preservativa en crisantemo variedad Snow Eleonora.....	67
Figura 13.	Diámetro de inflorescencias para el punto de corte 1 (50-80 mm) durante la vida de florero con agua corriente.....	70
Figura 14.	Diámetro de inflorescencias para el punto de corte 1 (50-80 mm) durante la vida de florero con solución preservativa....	70
Figura 15.	Fotografías de la apariencia de los tallos florales con agua corriente y con solución preservativa para el punto de corte 1.....	72

	Página
Figura 16. Diámetro de inflorescencias para el punto de corte 2 (81-90 mm) durante la vida de florero con agua corriente.....	73
Figura 17. Diámetro de inflorescencias para el punto de corte 2 (81-90 mm) durante la vida de florero con solución preservativa.....	73
Figura 18. Diámetro de inflorescencias para el punto de corte 3 (91-100 mm) durante la vida de florero con agua corriente.....	75
Figura 19. Diámetro de inflorescencias para el punto de corte 3 (91-100 mm) durante la vida de florero con solución preservativa.....	75
Figura 20. Fotografías de apariencia de inflorescencias con agua corriente (arriba) y con solución preservativa (abajo) para el punto de corte 3.....	77
Figura 21. Diámetro de inflorescencias para el punto de corte 4 (101-110 mm) durante la vida de florero con agua corriente.....	78
Figura 22. Diámetro de inflorescencias para el punto de corte 4 (101-110 mm) durante la vida de florero con solución preservativa.....	78
Figura 23. Fotografías de apariencia de inflorescencias con agua corriente (izquierda) y con solución preservativa (derecha) para el punto de corte 4.....	80
Figura 24. Diámetro de inflorescencias para el punto de corte 5 (111-120 mm) durante la vida de florero con agua corriente.....	80
Figura 25. Diámetro de inflorescencias para el punto de corte 5 (111-120 mm) durante la vida de florero con solución preservativa.....	81
Figura 26. Porcentaje de pérdida de peso de tallos florales de crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechados en punto de corte 1 (50-80 mm) y colocados en agua.....	84

Figura 27.	Porcentaje de pérdida de peso de tallos florales de crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechados en punto de corte 1 (50-80 mm), y colocados en solución preservativa.....	85
Figura 28.	Porcentaje de pérdida de peso de tallos florales de crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechados en punto de corte 2 (81-90 mm), y colocados en agua.....	86
Figura 29.	Porcentaje de pérdida de peso de tallos florales de crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechados en punto de corte 2 (81-90 mm), y colocados en solución preservativa.....	86
Figura 30.	Porcentaje de pérdida de peso en tallo florales de crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechados en punto de corte 3 (91-100 mm), y colocados en agua.....	87
Figura 31.	Porcentaje de pérdida de peso en tallo florales de crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechados en punto de corte 3 (91-100 mm), y colocados en solución preservativa.....	87
Figura 32.	Porcentaje de pérdida de peso en tallo florales de crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechados en punto de corte 4 (101-110 mm), y colocados en agua.....	88
Figura 33.	Porcentaje de pérdida de peso en tallos florales de crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechados en punto de corte 4 (101-110 mm), y colocados en solución preservativa.....	88
Figura 34.	Porcentaje de pérdida de peso de tallos florales de crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechados en punto de corte 5 (111-120 mm), y colocados en agua.....	89
Figura 35.	Porcentaje de pérdida de peso de tallos florales de crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechados en punto de corte 5 (111-120 mm) y colocados en solución preservativa.....	89
Figura 36.	Contenido de azúcares en hojas de crisantemo variedad Snow Eleonora.....	94

RESUMEN

EFFECTO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA STEINER EN LA CALIDAD Y VIDA DE FLORERO DE CRISANTEMO

Luis Manuel Carrillo López, M.C

Colegio de Postgraduados, 2009

En la presente investigación se estudió el efecto de la solución nutritiva universal de Steiner a diferentes concentraciones (12.5%, 25% y 37.5%) sobre la calidad comercial y vida de florero de crisantemo variedad Snow Eleonora; sobre el contenido de azúcares, tamaño de inflorescencias y pérdida de peso durante la vida de florero. Se consideraron 5 puntos de corte y se utilizó agua y solución preservativa. El testigo fue la forma de producción tradicional.

La solución nutritiva Steiner diluida al 37.5% produjo las flores de mejor calidad comercial. La vida de florero fue la misma para los tratamientos con solución Steiner diluida (22 días); el testigo presentó la vida de florero más corta (13 días). Los puntos de corte 1 (50-80 mm), 2 (81-90 mm) y 3 (91-100 mm) aseguraron una buena apertura floral, sin embargo el desarrollo de las flores tubulares fue casi nulo. Con puntos de corte 4 (101-110 mm) y 5 (111-120 mm) se obtuvieron inflorescencias con las flores tubulares desarrolladas, lo que mejoró la apariencia.

El tratamiento de 37.5% de Steiner diluida tuvo la mayor concentración de azúcares en hojas así como el mayor peso de biomasa fresca del follaje; esto justificó el mayor tamaño de inflorescencias. La solución preservativa Crystal Clear™ tuvo un efecto positivo en el tamaño de las inflorescencias para todos los tratamientos; el mayor efecto fue en los tratamientos testigo y 12.5% de Steiner diluida, al aumentar considerablemente el diámetro (hasta en 16 mm para el punto de corte 3). Para todos los tratamientos el uso de la solución preservativa disminuyó la vida de florero, sobretodo en el tratamiento a 37.5% de Steiner diluida (hasta en 10 días para el punto de corte 4).

ABSTRACT

EFFECT OF NUTRITIVE SOLUTION STEINER IN THE QUALITY AND VASE LIFE OF CHRYSANTHEMUM

Luis Manuel Carrillo Lopez, M.C

Colegio de Postgraduados, 2009

The aim of this study was to evaluate the effect of the use different concentrations (12.5%, 25% and 37.5%) of Universal solution of Steiner on commercial quality and vase life of chrysanthemum variety Eleonora Snow. The variables evaluated were sugar content, inflorescences size and loss of weight during vase life. The control treatment was the traditional form of production.

Steiner nutrient solution at 37.5% had the best results in flowers quality. There were no statistical differences among treatments in vase life (22 days), the control had the shortest vase life (13 days). The points of cut for the inflorescence at: 1 (50-80 mm), 2 (81-90 mm) and 3 (91-100 mm) ensured a good floral opening, but no development of the tubular flowers. The best point of cut were 4 (101-110 mm) and 5 (111-120 mm) with a good tubular flowers development, that improves their appearance.

The treatment with 37.5% diluted Steiner had the highest sugar content in leaves and the highest fresh weight of foliage biomass, that justified the size increased of the inflorescences. The preservative solution Crystal Clear™ had a positive effect in increased the size of the inflorescences in all treatments, but principally in the control and 12.5% of Steiner solution treatments, increasing the diameter (up to 16 mm for the point of cut 3). For all treatments the use of preservative solution reduced vase life, especially in the treatment of Steiner diluted 37.5% (up to 10 days for the point of cut 4).

I. INTRODUCCIÓN

La producción de flores y plantas ornamentales ha adquirido gran importancia debido a las altas remuneraciones económicas que trae a los grupos o personas que se dedican al cultivo de estas especies. La demanda de flores día a día adquiere mayor importancia debido a que éstas alcanzan altos precios en el mercado nacional e internacional, además de que su producción se puede dar a gran escala.

El Estado de México es el principal productor de crisantemo del país con 2100 has, que representan el 84% del valor de la producción nacional aportando cerca del 80% de la flor que exporta el país. Del total de la producción mexiquense, el 60% se destina al mercado interno y 40% al externo (Soto y Armando, 2006).

Una característica de los floricultores de la región de Texcoco, en el Estado de México, es que carecen de elementos teóricos para valorar el conocimiento empírico que poseen sobre su cultivo y así capacitarse para darle un manejo adecuado, ya que este conocimiento se encuentra disperso, no está identificado ni documentado y menos ordenado y sistematizado, por lo que es necesario establecer las prácticas del cultivo (Huerta, 2003).

El manejo empírico de la fertilización ha conducido a desbalances nutrimentales principalmente entre N, P, K y Ca, que afectan el crecimiento y calidad del crisantemo. Los floricultores de la zona de Texcoco utilizan cantidades excesivas de fertilizantes que aportan N, K y Ca, lo cual repercute en la mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades, baja calidad de la flor y mayor costo de producción, así como la contaminación de los suelos (INSTRUCT, 1998). El uso de la Solución Nutritiva Universal de Steiner tiene una relación mutua de cationes y aniones que no permite el antagonismo entre iones.

El cultivo en suelo y en invernaderos rústicos sigue siendo la principal forma de producción en la región de Texcoco. Actualmente la variedad Snow Eleonora de esta especie tiene gran demanda en el mercado local.

El cultivo en hidroponía es una técnica alternativa de producción que se ha empleado con éxito en muchos cultivos y abre nuevas posibilidades al productor en cuanto a mecanización, utilización de espacio, ahorro de energía y labores culturales (Van Os, 1986). Sin embargo, existe un alto costo de capital inicial para la infraestructura de la explotación hidropónica. Esto imposibilita que muchos productores tengan acceso al sistema hidropónico.

En particular sobre crisantemo variedad Snow Eleonora no existen estudios relacionados al uso de la solución nutritiva universal de Steiner, utilizando el sistema de fertirrigación (en suelo). Por ello, en esta investigación se estudió el efecto de la Solución Nutritiva Universal de Steiner a diferentes concentraciones (12.5, 25 y 37.5%), sobre la calidad comercial, vida de florero y apertura de flores, considerando además el sistema de producción de crisantemo tradicional en Texcoco, para el establecimiento de comparaciones.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

En la solución nutritiva todos los elementos esenciales (con excepción del carbono, oxígeno e hidrógeno) son suministrados en forma asimilable para las raíces de las plantas; esto se logra disolviendo los fertilizantes en agua, los elementos se disocian y quedan en forma iónica (Resh, 1987).

La composición de las soluciones es un aspecto sumamente importante para lograr el éxito en el cultivo (Penningsfeld y Kurzmann, 1975); sin embargo no existe una formulación única, dado que las concentraciones óptimas de elementos dependen de varios factores: especie y variedad vegetal, estado de desarrollo de la planta, parte de la planta que será cosechada, estación del año, clima y calidad del agua (Resh, 1987; Schwars, 1975).

Steiner (1961), señala que una solución nutritiva verdadera debe cumplir los siguientes requisitos: 1) una relación mutua de aniones, 2) una relación mutua de cationes, 3) una concentración iónica total y 4) un pH con tolerancia de ± 0.1 ; de esta manera desarrolló un método para preparar soluciones nutritivas. En estudios posteriores (Steiner, 1966) principalmente con tomate, lechuga, pimiento, crisantemo, clavel, frijol y avena en cultivo en solución, encontró que de las 12 soluciones probadas, el óptimo para lograr un mejor desarrollo y producción se encontró en una región muy limitada del hiperespacio explorado en su sistema de triángulo equilátero para formular prácticamente todas las combinaciones posibles de aniones y cationes. A partir de aquí, seleccionó una composición denominándola "Solución Nutritiva Universal de Steiner".

La concentración iónica total en la solución Universal de Steiner asciende a 30 mmol L⁻¹, que en términos de potencial osmótico corresponde a -0.072 MPa (20 °C) y el pH es de 6.5 ± 0.1 . Estos dos aspectos no son universales, la universalidad se refiere solamente a las relaciones mutuas entre aniones y

cationes, dando diferentes formulaciones al variar la presión osmótica y el pH. Para diferentes cultivos y climas, la concentración iónica total puede ser distinta, así como también el pH; lo cual significa que para la misma relación pueden derivarse diferentes formulaciones (Steiner, 1984).

La composición de la solución universal de Steiner (1968), con un pH de 6.5 ± 0.1 , se presenta en el Cuadro 1:

Cuadro 1. Composición química de la solución universal de Steiner (Steiner, 1968).

meq L ⁻¹					
K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻
7	9	4	12	1	7

2.1.1. Concentración iónica total

La concentración iónica total de una solución nutritiva (mmol L⁻¹) puede expresarse en términos de presión osmótica. Al respecto, Epstein (1972) señala que el potencial osmótico (PO) de la solución es numéricamente igual a la presión osmótica, pero su signo es negativo. El potencial osmótico de muchas soluciones nutritivas convencionales oscilan entre -0.05 y -0.1 MPa y en el caso de soluciones de suelo en áreas no salinas con adecuado abastecimiento de agua, los valores rara vez son menores de -0.1 y -0.2 MPa. En condiciones de alta presión osmótica, es conveniente incrementar la frecuencia de los riegos (Schwarz, 1975; Baca, 1983).

El potencial osmótico (PO) es una propiedad físico-química de las soluciones, la cual depende de la cantidad de partículas o solutos disueltos y se mide en Pascales (Pa). La importancia que representa el PO en la solución nutritiva es que al disminuir éste, debido al incremento en el contenido de nutrimentos o de otros

iones, la planta debe efectuar un mayor esfuerzo para absorber agua y algunos nutrimentos (Lara, 1998). Es decir, tiene que invertir mayor cantidad de energía para llevar a cabo este proceso fisiológico. Este desgaste de energía puede ser en detrimento de energía metabólica.

Al disminuir el PO de la solución nutritiva, además de inducir una deficiencia hídrica en la planta, también se pueden ocasionar deficiencias y desbalances nutrimentales. No todos los nutrimentos se ven afectados en igual medida por este fenómeno. Los que se absorben por flujo de masas, como el Ca^{2+} y el Mg^{2+} son los que se absorben en menor cantidad. Por lo que al disminuir el PO en la solución se puede provocar deficiencia principalmente de Ca^{2+} (Lara, 1998).

Nobel (1983) encontró que cuando se incrementó la concentración de nutrimentos en el tejido de la planta, el potencial osmótico de la planta disminuyó, y la habilidad de la planta de absorber agua aumentó.

En sus estudios de nutrición con varias especies vegetales, Steiner (1968), encontró que la concentración iónica total en términos de presión osmótica, es el factor más determinante para el crecimiento, desarrollo y producción de una planta. En ensayos posteriores Steiner (1973), demostró que la relación mutua de absorción nutrimental está determinada principalmente por la fase de crecimiento y por la presión osmótica de la solución nutritiva. Además señala que la intensidad lumínica y la temperatura ambiental influyen de manera importante en la dirección de la selección.

La concentración óptima depende del tipo de planta y el clima que le rodea; por lo que la presión osmótica de la solución nutritiva deberá ser más alta en época de invierno que en verano y generalmente más alta en regiones templadas que en regiones tropicales; esto en el caso del tomate, permite promover la capacidad de floración en una fase temprana de crecimiento y consecuentemente aumentar la

producción de frutos, pero las causas de este fenómeno no son conocidas (Steiner, 1973).

Las soluciones nutritivas diluidas favorecen la absorción de agua (Sonneveld y Voogt, 1990) y limitan las de algunos nutrimentos, particularmente de aquellos absorbidos por difusión (P y en parte el N y K). Las plantas resultan alargadas con tallos y ramas de textura suave, fácilmente quebradizas y de color verde claro. En cambio, las soluciones concentradas favorecen más la absorción de algunos nutrimentos y restringen los absorbidos por flujo de masas (Ca y Mg); las plantas son más compactas, los tallos y ramas más leñosos, las hojas de menor tamaño y el color en general es verde oscuro (Steiner, 1961). En crisantemo, la altura de las plantas tiende a ser más compacta con soluciones concentradas mayores a 2.0 dS m^{-1} , pero el crecimiento no es severamente afectado (Gislerod y Selmer-Olsen, 1980).

Una vía posible para mejorar la calidad de frutos de tomate (determinada por grados Brix y contenido de ácidos) es incrementando el estrés hídrico mediante el aumento de la presión osmótica de la solución nutritiva (Nichols *et al.*, 1994). Por lo tanto, aún cuando es posible cultivar plantas de crisantemo en un substrato comercial, con bajos niveles nutricionales (William y Nelson, 1992), podría ser deseable el empleo de una alta conductividad eléctrica (CE) para mejorar la parte vegetativa de la planta, especialmente en invierno, cuando los tallos florales son débiles como lo señalan De Kreij y van den Berg (1990), para el caso de rosal, cuya producción fue superior a una CE de 1.4 dS m^{-1} en la solución nutritiva y 2.4 dS m^{-1} en el lixiviado; un valor más alto de CE disminuyó la producción debido a efectos osmóticos.

Rutland (1972), sugiere que el crisantemo debe hacerse crecer en condiciones de altos niveles nutrimentales, sin permitir llegar a tener una alta acumulación de sales. Asimismo, indica que al emplear la solución de Hoagland a su

concentración normal (1.8 dS m^{-1}) y al doble (3.6 dS m^{-1}), la longitud del tallo y tamaño de flores fueron las variables de crecimiento más afectadas por la alta salinidad, baja retención de humedad del sustrato y suministro variable de agua. Cuando no hubo un adecuado suministro de agua, se produjeron tallos más cortos, flores más pequeñas y de menor peso; también la vida de postcosecha se redujo. El valor óptimo para obtener mayor vida de postcosecha fue 1.8 dS m^{-1} .

Por su parte, Moustafa y Morgan (1984), encontraron que la iniciación radical y el desarrollo de los esquejes de crisantemo fueron más satisfactorios en niveles muy bajos de CE (0.65 dS m^{-1}), mientras que el crecimiento vegetativo y calidad de la flor fue más alto a 2 dS m^{-1} . La altura de la planta, peso de biomasa fresca y número de días cortos a la cosecha se redujeron significativamente con la concentración más alta (3.9 dS m^{-1}). El número de flores por tallo no fue afectado; en cambio, el tamaño de flores se incrementó y la longitud del pedicelo se redujo, conforme la concentración aumentó. También existen diferencias entre variedades de crisantemo a la tolerancia del contenido de sales en la solución nutritiva (Morgan *et al.*, 1980).

La concentración total de elementos en una solución nutritiva debería ser de 1000 a 1500 mg L^{-1} , de forma que la presión osmótica permita el proceso de absorción por las raíces. Estos valores corresponderían a las lecturas del contenido de sales entre 1.5 y 3.5 dS m^{-1} . En términos generales, los valores más bajos (1.5 a 2.0 dS m^{-1}) son adecuados para algunas hortalizas como los pepinos, mientras que los valores más altos (2.5 a 3.5 dS m^{-1}) son mejores para tomate (Resh, 1987). Sin embargo, resulta importante considerar la etapa de desarrollo del cultivo, pues en un ensayo sobre el efecto de la concentración de la solución nutritiva en la producción de plántulas de tomate y pepino. Encontró que resulta conveniente aplicar una solución con CE de 1.8 dS m^{-1} al comienzo de la propagación, y posteriormente incrementarla a 3.6 dS m^{-1} .

2.1.2. Relación mutua de aniones y cationes.

La relación mutua de aniones y cationes se basa en que la solución nutritiva debe estar regulada en sus macronutrientes, los cuales corresponden a los iones: aniones (NO_3^- , H_2PO_4^- y SO_4^{2-}) y cationes (K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+}). La regulación consiste no sólo en la cantidad absoluta de cada uno de ellos, sino además en la relación cuantitativa que se establece entre los cationes por una parte y entre los aniones por la otra (Steiner, 1961). La relación mutua entre los aniones en la solución Steiner en términos porcentuales es 60:5:35 para NO_3^- : H_2PO_4^- : SO_4^{2-} y 35:45:20 para K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+} .

En una solución nutritiva, todos los iones deberán encontrarse en estado libre, pero tan pronto como la concentración de dos tipos de iones llega a ser muy alta ocurre la asociación entre ellos, y las moléculas precipitan al fondo saliendo de una circulación directa; esto restringe seriamente las relaciones iónicas a una concentración iónica total (Steiner, 1968). Los límites de precipitación indican el nivel en que un ión puede precipitar conjuntamente con otro. Un alto contenido de SO_4^- (más del 70 % del total del total de aniones) puede precipitar Ca^{2+} como CaSO_4 . De igual forma, un alto nivel de H_2PO_4^- (más del 10% del total de aniones) puede precipitar Ca^{2+} como CaHPO_4 . Un alto contenido de Ca^{2+} (más del 45% del total de cationes) puede precipitar al H_2PO_4^- como CaHPO_4 y al SO_4^{2-} como CaSO_4 (Steiner, 1984).

Sin embargo, es evidente que estos límites son flexibles, dependiendo de la concentración absoluta de ciertos iones. De esta manera, en una concentración iónica total más baja (vg. 0.05 MPa) los límites para Ca^{2+} y SO_4^{2-} , llegan a ser más altos. En el caso contrario, cuando se tiene una concentración iónica total más alta (vg. 1.0 atm) los límites superiores para ambos iones llegan a ser más bajos. Lo mismo es válido para los límites superiores de precipitación de CaHPO_4 considerando la concentración iónica total, pero en este caso existe una enorme influencia del pH. A valores de pH entre 5 y 6, puede tenerse una concentración

mucho mayor de fosfato y calcio en la solución, sin que ocurra precipitación de CaHPO_4 , puesto que todos los iones fosfato estarán en la forma H_2PO_4^- . En cambio a pH superior, se favorece la presencia de HPO_4^{2-} y por consiguiente, ocurre la precipitación de CaHPO_4 . Por tanto, si una solución concentración de 30 mmol L^{-1} se prepara a pH de 5, el límite de precipitación se ampliará comparándola con una solución a pH de 7, ya que los elementos que precipitan son más disociables a pH ácido (Steiner, 1984).

Los límites fisiológicos, son los porcentajes mínimos y máximos en que pueden presentarse los iones en la solución nutritiva, para que la planta pueda absorberlos de acuerdo a su relación mutua específica. Si se rebasan estos límites, la planta pudiese no tener los iones disponibles para absorberlos de acuerdo a su requerimiento específico, resultando una nutrición desbalanceada (vg. un nivel alto de NO_3^- en más del 80% del total de aniones o K^+ en más del 60% del total de cationes) que puede causar fitotoxicidad (Steiner, 1984).

Según Steiner (1973), “las plantas de tomate tienen una fuerte capacidad de selección para los iones”, independientemente de la relación mutua de los iones en la solución nutritiva. Entonces la solución puede variar en amplios límites de concentración total y de relación de iones durante el cultivo, permitiendo alargar el control de análisis de la solución, factor en algunos casos limitante para el desarrollo de la hidroponía.

A su vez, la dirección de selección de iones por la planta no está influenciada por la intensidad lumínica o temperatura ambiental; por ello, puede usarse la misma relación mutua de iones durante las épocas de verano e invierno, variando únicamente la concentración iónica total (Steiner, 1973).

2.1.3. pH

El pH de una solución acuosa está determinado por la concentración inicial de las bases y los ácidos. De tal manera que la proporción relativa de cationes y aniones, y la concentración iónica total determinan el pH. El pH de una solución nutritiva puede ser cambiado agregando ácido (HNO_3^-) o una base (KOH). En prácticas comerciales esta forma es usada para ajustar el pH de la solución nutritiva, sin embargo, resulta un cambio en la composición mineral. Otra forma de incrementar el pH de la solución nutritiva es agregar una mezcla de KOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y $\text{Mg}(\text{OH})_2$. En mezcla la proporción relativa de K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} son las mismas como en la solución nutritiva. En ambos casos el pH es cambiado y la relación de cationes o aniones es diferente a la inicial (De Rijck y Schrevens, 1998).

Una diferencia importante entre el cultivo de plantas sin suelo o con suelo es la capacidad buffer o tampón del pH, la cual en sistemas hidropónicos es muy restringida y en el suelo depende del número de sitios de intercambio de iones asociados con la materia orgánica, las partículas elementales del suelo y la presencia de otros iones como bicarbonatos y fosfatos. Las soluciones nutritivas normalmente se mantienen ligeramente ácidas, pero dado que la cantidad de cationes y aniones cambia constante debido a que son absorbidos diferencialmente, afectan el pH de la solución (Graves, 1986). Normalmente, las soluciones hidropónicas tienden a elevar el pH con el tiempo, requiriéndose la adición de ácido nítrico, ácido sulfúrico o ácido fosfórico, para disminuir el pH. A su vez, el empleo de estos ácidos permite reducir el contenido de HCO_3^- en las aguas de riego. Al respecto, Kramer y Peterson (1990), señalan que el ácido sulfúrico, fue el tratamiento más efectivo en la producción de crisantemo con agua cuyo contenido de bicarbonatos excede de 500 a 1000 mg L^{-1} (Graves, 1986).

El pH se controla a fin de:

1. Regular el contenido de HCO_3^- disuelto en el agua. Las aguas naturales contienen cantidades variables de HCO_3^- , según sea su naturaleza. Un

contenido de HCO_3^- mayor de 10 mol m^{-3} puede ser tóxico para las plantas. La forma de disminuir el contenido de este ión es neutralizándolo con ácido, por ejemplo H_2SO_4 (Lara, 1998).

2. Favorecer la solubilidad del H_2PO_4^- . La forma iónica en que el fósforo es más fácilmente absorbido por las plantas es H_2PO_4^- . Sin embargo, la concentración de este ión en la solución puede cambiar con el pH.

El pH apropiado de una solución para el desarrollo de cultivos en hidroponía es entre 5.5 y 6.5. Sin embargo, el pH de la solución nutritiva no es estático, sino que varía con base en la absorción diferencial de iones por el cultivo.

La estabilidad del pH del citoplasma está en el intervalo de 7.3 a 7.6 y es llamado pH "stat", el cual consiste en dos componentes, el pH biofísico caracterizado por intercambio de protones a través de la membrana plasmática al tonoplasto; y el pH bioquímico, que generalmente involucra la producción y consumo de protones, conseguidos por la formación de grupos carboxilo (Marschner, 1986).

Una excesiva absorción de cationes está correlacionada con un incremento en el pH del citoplasma e induce a aumentar la síntesis de ácidos orgánicos, de este modo proporciona aniones para la estabilización del pH y la compensación de cargas para el subsecuente transporte de cationes y aniones dentro de la vacuola. En contraste, una absorción excesiva de aniones está correlacionada con el descenso del pH en el citoplasma. Para mantener alto el pH del citoplasma se necesita aumentar la descarboxilación de ácidos orgánicos como una fuente de almacenamiento (por ejemplo, en las vacuolas) (Marschner, 1986).

El crisantemo tipo racimo ha sido exitosamente cultivado en solución nutritiva, y dado que es posible calentarla a una temperatura deseada durante noches frías, esta técnica ha estimulado el interés puesto que potencialmente permitiría un ahorro de energía (Moustafa y Morgan, 1984). En condiciones de día largo, las

plantas de crisantemo incrementaron el peso seco al aumentar la temperatura de la solución entre 24 y 29.4 °C (Morgan *et al.*, 1980).

Los resultados obtenidos con algunos ensayos de crisantemo en las variedades Polaris, Hurricane, Flamenco y Super Yellow, cultivadas en NFT muestran que la combinación de bajas temperaturas ambientales nocturnas (7 a 11 °C) y con temperatura radical de 21 a 27 °C darían un ahorro potencial de combustible de 33.6 a 67.2 %, pudiendo además adelantar la cosecha hasta por 12 días (Morgan y Moustafa, 1986). Elevando la temperatura de la solución nutritiva de 16 a 20 o 24 °C, se favorece la producción de carbohidratos y lignina en crisantemo (Selmer-Olsen y Gislerod, 1981).

2.2 Generalidades del cultivo de crisantemo

El crisantemo es una planta originaria del oriente asiático de alto valor ornamental, gracias a sus flores de gran número de formas y colores (Kofranek, 1980).

El crisantemo utilizado por los floricultores es un híbrido complejo, el cual si se cultiva de semilla, segrega flores de formas muy diversas. La mayoría de las especies de donde se han generado los cultivares actuales son originarias de China. Se incluyen *Chrysanthemum indicum* (un sencillo amarillo), *C. morifolium* (de colores rosa a lila) y la margarita Chusan (especie desconocida) la cual se piensa que es uno de los parientes del crisantemo pompón (Kofranek, 1980).

2.2.1 Descripción

El crisantemo de los floricultores es una inflorescencia compuesta que tiene flores en un receptáculo o cabezuela. Las inflorescencias sencillas (como margaritas) tienen flores radiales (hilera exterior) que son pistiladas y flores concéntricas (las centrales) que son bisexuales y fértiles. El receptáculo es plano o convexo y está rodeado de una envoltura de brácteas.

Según Arbos (1992) la inflorescencia del crisantemo se encuentra formada por dos tipos de flor pequeñas, por ello se les llama flores compuestas; en cada inflorescencia existen dos tipos: las flores del disco, que se encuentran en el centro y son tubulares y perfectas (con parte masculina y femenina fértiles y con pétalos poco desarrollados), y las flores radiales o liguladas, que son imperfectas, y las flores fértiles se localizan en los márgenes, tienen pétalos largos y bien desarrollados.

Según Kofranek (1980) las formas de las inflorescencias se clasifican en:

1. Sencillas, tipo margarita, compuestas de una o dos hileras de flores pistiladas exteriores (radiales) y flores planas bisexuales (concéntricas) en el centro.
2. Anémonas, similares a las de forma sencilla excepto que las flores concéntricas son alargadas y tubulares, formando un cojín. Las flores concéntricas pueden ser del mismo color o de uno diferente al de las flores radiales.
3. Pompones, con una cabeza globular formada de flores radiales cortas y uniformes, no hay flores concéntricas.
4. Decorativas, similares a los pompones, ya que se componen en su principalmente de flores radiales, pero las hileras exteriores son más largas que las centrales, dando a la inflorescencia una forma plana e irregular.
5. Flores grandes mayores de 10 cm clasificadas de diferentes formas: incurvadas dobles, doble reflejo, flores radiales tubulares y misceláneas.

2.2.2 Situación de las ornamentales en México

La producción de flores y plantas ornamentales ha adquirido gran importancia debido a las remuneraciones económicas que trae a los grupos o personas que se dedican al cultivo de estas especies. La demanda de flores día a día adquiere

mayor importancia debido a que alcanzan buenos precios en el mercado nacional e internacional, además de que la producción se puede dar a gran escala y en un lapso de tiempo relativamente corto en relación con otros productos.

Una de las grandes riquezas con las que cuenta el Estado de México es su condición agroclimática, lo que le ha permitido tener un importante crecimiento en el cultivo de flores, convirtiéndolo en el principal productor del país. En el país se trabajan 15 mil ha, que involucran a 12 mil productores y generan alrededor de 200 mil empleos permanentes. El Estado de México representa más del 84% del valor de la producción nacional. La entidad aporta cerca del 80% de la flor que exporta el país, abasteciendo en un 4.1% al mercado estadounidense. Del total de la producción mexiquense, el 60% se destina al mercado interno y 40% al externo. (Soto y Armando, 2006).

En particular, el sur del Estado de México es la zona productora de flores más grande del país; participa con el 85% de la superficie de invernaderos y el 90% a cielo abierto. Las especies cultivadas a cielo abierto tienen como destino el mercado nacional, en donde el mayor consumidor es el Distrito Federal, con flores como la gladiola, ave de paraíso, agapando, alcatraz, hypericum, nardo, alhelí, cempasúchil, nube, celosía y girasol. La mayoría de las flores que se cultivan en invernaderos son las que se exportan, como la rosa, gerbera, orquídea, entre otras. Las flores que se venden al extranjero son originarias de los municipios de Coatepec Harinas, Ixtapan de la Sal, Tenango del Valle, Tenancingo, Texcaltitlán, Tonatico, Villa Guerrero y Zumpahuacán. En estos municipios, junto con Malinalco, se encuentra concentrado el 90% de la producción estatal y cerca del 80% de la producción nacional de los principales cultivos de flor de corte (Soto y Armando, 2006).

Según Soto y Armando (2006), Villa Guerrero es el municipio con mayor producción de flores y alcance de mercados por el uso de tecnología de punta.

Además, existe producción de flores en Valle de Bravo, Texcoco, Zumpango y Villa de Allende, pero no representa más del 5% de la producción estatal. En 2005, la entidad produjo 8 731 240 gruesas de crisantemo, 5 468 000 gruesas de claveles y se cosecharon 5 569 630 manojos de áster. En cuanto a macetas, se plantaron 3 240 100 de geranio, seguido por 1 872 000 begonias y 1 800 000 petunias. Entre las flores más cotizadas se encuentran el crisantemo en todas sus especies, que tiene una demanda muy alta en la entidad por ser una flor tradicional; el clavel, la gladiola, y finalmente la rosa de invernadero, que es la flor más cotizada en el ámbito nacional e internacional. En 2005, la rosa tuvo una producción de 3 533 027 gruesas.

2.2.3 Producción de ornamentales caso Texcoco

El crisantemo (*Dendranthema grandiflora*) se introdujo a México, al municipio de Texcoco, por familias europeas (Barto y Junco) y japonesas (Matsumoto) en 1960 (Soria y Escobar, citado por García, 2001). Otros autores indican que la llegada del crisantemo al país, procedente de Estados Unidos, se debió a la casa Matsumoto, en 1875 y que su cultivo inició en el rancho Tlalmimilolpa, ubicado en el municipio de Chicoloapan, Estado de México.

Las comunidades de la región de Texcoco donde se desarrolla la floricultura se encuentran principalmente en la cuenca del río Texcoco, la cual es una franja que se extiende en la parte oriental de la cuenca de México, desde la parte alta del cerro Tláloc, hasta el poblado de Santa Cruz de Abajo. Cuenta con una superficie de 4 747.60 ha. Geográficamente se encuentra entre los meridianos 98°41'30" y 98°2'30" de longitud oeste y los paralelos 18°25'00" y 19°30'00" de latitud norte y entre 2200 y 3950 m de altitud. El clima de la cuenca es templado subhúmedo. La cuenca se encuentra en el municipio de Texcoco. El municipio está cruzado de oriente a poniente por varios ríos temporaleros, entre los que destaca el Río Texcoco, el cual conforma su propia cuenca. Aledañas al Río Texcoco se encuentran varias comunidades en las que la agricultura es una importante

actividad económica: San Pablo Ixayoc, Tequexquináhuac, San Dieguito Xochimanca, Santa María Nativitas, San Diego, barrio La Trinidad, San Felipe y Santa Cruz de Abajo (Huerta, 2003).

El 80% del crisantemo que se produce se destina para fines religiosos (día de muertos y misas) y el 20% restante para fines estéticos, como relleno o base de arreglos florales. A finales de 1990 se creó la asociación de Productores de Plantas Ornamentales del Oriente del estado de México (PPOOEM), reconocida ante SEDAGRO, y cuyo objetivo es promover la floricultura en la región. Nació a raíz de una convocatoria realizada en marzo de 1997 por el H Ayuntamiento de Texcoco, para ofrecer insumos y materiales a floricultores del municipio (Huerta, 2003).

En 2000, había 106 asociados de la PPOOEM; actualmente cuenta con un módulo de producción de esquejes de crisantemo, con tendencia a la variedad Indianápolis. Una característica de los floricultores de la región es que carecen de elementos teóricos para valorar el conocimiento empírico que poseen sobre su cultivo y así capacitarse para manipularlo favorablemente, ya que este conocimiento se encuentra disperso, no está identificado ni documentado y menos ordenado y sistematizado, por lo tanto es necesario identificar las prácticas de cultivo de crisantemo o itinerario técnico bajo las condiciones imperantes en la región de Texcoco (Huerta, 2003).

2.3 Manejo del cultivo

2.3.1 Propagación

Las plantas de crisantemo se propagan enraizando los esquejes terminales (plantas madre), seleccionados con base en su sanidad y calidad (Salinger, 1991). Estos esquejes vegetativos se obtienen de las plantas madre mantenidas bajo condiciones de día largo para inhibir la formación de botones finales. Los esquejes terminales de entre 8 y 10 cm de largo obtenidos, se pueden colocar

directamente en el medio de enraizamiento. Para intensificar el desarrollo de las raíces, los extremos basales de los esquejes se sumergen en un talco que contiene 0.1 a 0.2% de ácido indolbutírico. La temperatura de invernadero debe estar entre 15 y 18 °C y la del medio de enraizamiento entre 18 y 21 °C. Entre 500 y 600 esquejes se colocan por m² en el medio. Se deben colocar boquillas de riego para rociar intermitentemente los esquejes durante el día. Los esquejes tardan de 10 a 20 días en enraizar dependiendo de la variedad y temporada. Los esquejes con raíces de 1.5 a 3 cm son los ideales. Como medio de enraizamiento se usa cualquier mezcla porosa no tóxica, como por ejemplo la vermiculita, arena, cenizas finas de carbón, escoria, piedra pómez y suelo arenoso (Kofranek, 1980).

Los esquejes pueden ser tratados antes de producir nuevos brotes con organofosfatos sistémicos como el paratión, que actúa como nematicida e insecticida; o bien, con agua caliente para controlar nematodos y otras plagas y enfermedades. En este último tratamiento, los estolones se sumergen a una temperatura de 48 °C durante 6 minutos (Salinger, 1991).

El enraizamiento no es afectado por contenido de sales totales por debajo de 15 meq/L. Un alto % de Na (>67 %) causará “raíz roja” (Paul, 1968, citado por Kofranek, 1980).

Se necesita algo de calcio para un buen enraizamiento. Se puede adicionar yeso o cal (20-30 kg 100 m⁻²) sobre la superficie del medio de enraizamiento antes de colocar los esquejes, para proporcionarla cantidad adecuada de Ca y reducir las proporciones de Na y Mg si estos cationes son abundantes en el agua de riego (Kofranek, 1980).

2.3.2 Preparación del suelo

Los crisantemos crecen en casi cualquier tipo de suelo si éste se maneja adecuadamente.

Para controlar los patógenos del suelo es necesario un tratamiento químico de 98% de bromuro de metilo y 2% de cloropicrina. Los mejoradores de suelo como viruta de madera, corteza de abeto, u otros materiales orgánicos, además de yeso, limo y superfosfato, pueden incorporarse al medio de crecimiento. Los suelos arcillosos que desprenden vapores pueden causar una concentración excesiva de amoníaco y manganeso, y pueden corregirse adicionando yeso o superfosfato después del vapor, o manteniendo los suelos inactivos hasta que los microorganismos conviertan el amoníaco en nitrato (Mastalerz, 1977).

Los suelos tratados químicamente deben airearse por una semana antes de plantar los esquejes. Las camas se preparan del ancho deseado (generalmente de 108 cm de grosor). Con una herramienta puntiaguda se marca el suelo a distancias establecidas y se plantan los esquejes (Kofranek, 1980).

El crisantemo requiere de un suelo con buen drenaje y con pH ligeramente ácido (± 6.5) (Arbos, 1992).

2.3.3 Nutrición mineral

Los requerimientos de N y K son altos para el crisantemo. El mantenimiento del suministro de N durante las primeras siete semanas es importante. Si durante este periodo se desarrolla una deficiencia moderada de este nutrimento, no se logrará recuperar la calidad de la flor aun con aplicaciones posteriores de N (Kofranek, 1980).

La absorción de N hasta la séptima semana es muy importante, en los tallos como en las hojas, ya que si existen deficiencias de este elemento se reduce enormemente la calidad de la flor, además de que se producen hojas pequeñas, verde amarillentas, tallos cortos y sistema radical más desarrollado. Después de la quinta semana el N es enviado al botón para su desarrollo. A la madurez, entre el 20 y 23% del N total de la planta se encuentra en la inflorescencia (Aparicio, 1999).

Según el Cuadro 2, durante las primeras semanas los sistemas radiculares de las plantas individuales no están expandidos por todo el suelo y hay baja eficiencia en la recuperación de N. La eficiencia aumenta con el tiempo y el mayor requerimiento de nitrógeno para todas las partes aéreas de las plantas es entre el día 70 y 80 (Kofranek, 1980).

Cuadro 2. Requerimientos de N en crisantemo cv. Albatros en periodos de 10 días en función de la edad de la planta.

Edad de la planta después de plantada (días)	Requerimientos de N para 500 tallos de crisantemo en periodos de 10 días (g)
1-10	1.0
11-20	2.5
21-30	4.0
31-40	6.0
41-50	8.5
51-60	20.0
61-70	36.0
71-80	60.0
81-90	22.0
91-100	15.0
101-110	12.0

Fuente: Kofranek, 1980.

Kofranek (1980) mostraron que la calidad de flores y plantas producidas era óptima cuando las plantas se fertilizaban temprano en el ciclo de crecimiento. No fue necesaria una fertilización adicional después de que las inflorescencias

alcanzaron un diámetro entre 1 y 1.5 cm. La fertilización tardía es un desperdicio y un exceso de N que induce hojas quebradizas en algunos cultivares.

En las hojas deberá haber un contenido adecuado de N (4.5-6%) para ser utilizado por las flores. En crisantemo cultivar Albatros, los primeros 80 días las plantas crecen rápidamente y hay grandes requerimientos de N, y durante los últimos 20 días solamente la inflorescencia crece rápidamente y los nutrimentos se transportan desde las hojas (Kofranek, 1980). La solución nutritiva puede aplicarse a intervalos semanales, empleando entre 400 y 500 mg L⁻¹ de N (Arbos, 1992).

En su gran mayoría las plantas pueden asimilar fuertes dosis de K sin que muestren síntomas de daños por exceso. Al utilizar dosis altas la única preocupación es evitar efectos nocivos y antagónicos entre nutrientes, ya que excesos de este elemento así como del ión amonio pueden acentuar la deficiencia de magnesio en el suelo. La principal función del K es mantener turgencia fisiológica coloidal en el plasma vegetal, lo cual es imprescindible en el metabolismo de la planta (Aparicio, 1999).

En cuanto al P, la mayoría de las plantas absorben este elemento en forma de ión primario ortofosfato (H₂PO₄⁻) y en menores cantidades el ión secundario ortofosfato (HPO₄⁻²), y las cantidades absorbidas son afectadas por el pH del medio que rodea a las raíces. El P influye fuertemente en la floración y fructificación de las plantas así como en el desarrollo radical y aceleración de la madurez (Rodríguez, 1982).

Los fosfatos son altamente móviles y pueden ser translocados hacia la parte superior o inferior de la planta. Las hojas jóvenes son abastecidas de P no solo por las raíces, sino también por las hojas más viejas (May y Baker, 1972; citado por Toledo, 1997).

Desde el punto de vista fisiológico, el P participa en procesos enzimáticos (transferasas, óxido-reductasas y liasas); es parte esencial de muchos compuestos glucosforados que participan en la fotosíntesis, la respiración y otros procesos metabólicos; también forma parte de los nucleótidos y de las membranas y es esencial en el metabolismo energético debido a su presencia en las moléculas de ATP, ADP, etc. (Salisbury y Ross, 1994).

El Ca es absorbido por las plantas en su forma catiónica Ca^{2+} ; este elemento se considera poco móvil en la planta, y más si es de arriba hacia abajo (Domínguez, 1989). Una de sus funciones radica en la división y crecimiento celular; asimismo apoya en la formación de pectatos de calcio de la lámina media de la célula que interviene en la absorción de nutrimentos; además forma sales con los ácidos orgánicos del interior de las células regulando la presión osmótica; interviene en la formación de lecitina, fosfolípido importante de la membrana celular y permeabilidad de membranas; actúa en la división mitótica de las células en meristemas (puntos de crecimiento) y absorción de nitratos (Rodríguez, 1982).

La aplicación de Ca en flor de corte retarda la senescencia al dar estabilidad a las membranas celulares y aumentar la tolerancia al estrés ambiental. Los síntomas de deficiencia de Ca son la reducción de tejidos jóvenes y brotes, los cuales aparecen deformes y cloróticos (Domínguez, 1989).

El Mg es considerado un nutrimento secundario; es activador de sistemas enzimáticos y la mayor parte de este elemento se encuentra en la savia; cumple funciones en el metabolismo del fosfato y en la respiración. El Mg es absorbido en forma de catión Mg^{2+} : su principal función es que forma parte de la clorofila, pigmento responsable de la fotosíntesis. Este nutrimento es móvil en la planta y es rápidamente translocado de los tejidos viejos a los nuevos. Por lo general, las partes de la planta con crecimientos nuevos contienen más altas concentraciones de Mg. La deficiencia de este nutrimento se observa primero en las hojas más viejas al perder coloración entre las nervaduras apareciendo bandas "V", además

se pueden volver quebradizas y doblarse hacia arriba, así como ser más delgadas de lo normal; las puntas y los bordes pueden tornarse rojizo-púrpura en deficiencias severas (Aparicio, 1999). Las cantidades de Mg requeridas por las plantas son normalmente menores que las de K o Ca y son similares a las cantidades requeridas de P o S (Aparicio, 1999). González (1994) indica que el equilibrio N-K debe variar según la época del ciclo 2:1 al comienzo, 3:2 a la mitad del cultivo y 2:3 en el periodo final.

Ocasionalmente aparecen alteraciones en las hojas, indicando un problema en el suelo. El análisis de tejido foliar refleja en forma más precisa el estado mineral de la hoja. Los niveles en tejidos en relación al estado mineral de la hoja se presentan en el Cuadro 3, y estos niveles son útiles como referencia para resolver problemas de deficiencia (Kofranek, 1980).

Cuadro 3. Niveles en tejidos foliares asociados con niveles adecuados o deficientes de elementos esenciales en *Crisanthemum x morifolium* “Good News”

Elemento	Intervalo adecuado	Nivel crítico	Nivel encontrado en deficiencias severas o moderadas	Parte de la planta que refleja efectivamente el estado mineral
N (%)	4.5-6.0	4.0 LS 4.5 LI ^b	1.5-3.0	HS ^e
P (%)	0.26-1.15	0.26LS 0.17 LI ^c	0.10-0.21	HS y HI
K (%)	3.5-10.0	2.75 LS 2.15 LI	0.2-2.0	HI
Ca (%)	0.5-4.6	0.40 LS 0.46 LI	0.22-0.28	HS
Mg (%)	0.14-1.5	0.11	0.034-0.064	HI
S (%)	0.3-0.75	0.25	0.07-0.19	HS
Fe (ppm)		^d	35	HS
Mn (ppm)	195-260	^d	3-4	HS y HI
B (ppm)	25-200 ^a	20	18.1-19.5	HS
Cu (ppm)	10	5	1.7-4.7	HIM u HCAI
Zn (ppm)	7.26	7	4.3-6.8	HI

^aEl intervalo adecuado se extiende por encima del nivel crítico hasta la concentración en la cual se desarrollan alteraciones tóxicas. Excepto para el B, en donde el límite superior del intervalo adecuado no está bien definido.

^bLS Límite Superior y LI Límite Inferior

^cDebido a que el P se redistribuye dentro de la planta en la floración los niveles críticos son estimaciones.

^dLos datos son inadecuados para estimar niveles críticos.

^e HS Hojas superiores, HI Hojas Inferiores, HIM Hojas Intermedias y HCAI Hojas de Crecimiento Axilar Inferior.

Fuente: Kofranek, 1980

Un indicador de fertilización adecuada es la CE del medio donde crecen los crisantemos. Los valores de CE deben oscilar entre 1.5 y 2 dS m⁻¹. Valores por debajo de 1.5 dS m⁻¹ indican fertilización insuficiente; si es superior a 2.5 dS m⁻¹ significa que cantidades excesivas de fertilizante han sido aplicadas (Arbos, 1992). Es importante analizar el suelo a intervalos regulares para detectar un exceso de sales solubles y cambios en el pH. El suelo debe tener un pH entre 5.5 y 6.5 y la CE (sales solubles) de un extracto de pasta saturado no deberá exceder los 2.5 dS m⁻¹ (Kofranek, 1980).

El análisis de hojas de crisantemo también es un buen indicador del estado nutricional del cultivo. En el Cuadro 4 se proporciona una guía de los intervalos de suficiencia nutricional para el cultivo del crisantemo.

Cuadro 4. Concentración de nutrimentos en hojas de crisantemo

Nutrimento	Bajo	Suficiente	Alto
Nitrógeno (N), %	3.80-3.90	4.00-6.00	>6.00
Fósforo (P), %	0.22-0.24	0.25-1.00	>1.00
Potasio (K), %	3.60-3.90	4.00-6.00	>6.00
Calcio (Ca), %	0.70-0.90	1.00-2.00	>2.00
Magnesio (Mg), %	0.20-0.24	0.25-1.00	>1.00
Azufre (S), %	0.20-0.24	0.25-0.70	>0.70
Hierro (Fe), ppm	40-49	50-250	>250
Cobre (Cu), ppm	4-5	6-30	>30
Zinc (Zn), ppm	18-19	20-250	>250
Manganeso (Mn), %	30-49	50-250	>250
Boro (B), 21-24	21-24	25-75	>75

Fuente: Owen, 1988, citado por Arbos (1992).

2.3.4 Crecimiento vegetativo

1) Plantas madre

Para plantas madre, se utilizan distancias de 10x13 y 13x13 cm. Se proporcionan días largos y fertilización para promover crecimiento vegetativo rápido. Se da un pinchado suave para promover desarrollo rápido de tallos; el despuntado fuerte deja pocos nudos en la planta original permite que la porción inferior del tallo se vuelva semileñosa antes de tomar los esquejes. Las yemas axilares de tallos suculentos crecen rápidamente en comparación con la de tallos leñosos (Kofranek, 1980).

Los esquejes deben cortarse con la mayor frecuencia posible para mantener la planta madre en estado juvenil. Entre la semana 10 y 15 después de plantadas, los esquejes son suficientemente grandes para cosecharse. Al tomar los esquejes, por lo menos dos hojas deben quedar en la planta madre por debajo del punto de corte del esqueje. Si quedan demasiadas hojas en cada cosecha la planta madre se vuelve grande y hay problemas en competencia por luz. Las plantas madre se mantienen en las camas por 13-21 semanas, pues por más de 13 semanas (4-5 ciclos de producción de esquejes) da como resultado formación de yemas prematuras de los esquejes formados para producción y se pueden formar yemas florales en esos esquejes aún en condiciones de día largo (Kofranek, 1980).

Una planta joven está menos apta para iniciar yemas florales que una más madura. Para mantener la planta en etapa vegetativa deben sacarse los esquejes frecuentemente aun cuando no haya demanda de los mismos. La iluminación complementaria para inhibir la iniciación floral es más crítica para plantas madre que para la producción de plantas para flor. Los esquejes con yemas prematuras son inútiles porque las plantas resultantes florecen en tallos cortos, aun pinchándolas; de hecho si se pinchan para eliminar la yema floral prematura da como resultado tallos débiles o incluso los brotes laterales pueden tener yemas

florales. Una intensidad lumínica de 110 lx de lámparas incandescentes 4 a 5 horas durante la noche en invierno y de 2 horas en verano es la adecuada (Kofranek, 1980).

2) Plantas para producción

El espaciamiento de los esquejes en las camas varía con la estación y variedad; y si las plantas tendrán despunte o se dejarán a un solo tallo. Las plantas despuntadas se espacian de 15x18 cm en verano y 18x20 o 18x22 cm en invierno; posteriormente las plantas en posición interior se podan en 2 tallos y las exteriores en 3 tallos por planta. Las plantas de un tallo se plantan a 10x15 cm para cosechar en verano y otoño y a 13x15 cm para las cosechas de invierno. Se requieren más esquejes por m² para plantas de un solo tallo, pero se compensa porque el tiempo para sacar un cultivo de un tallo es menor que para uno despuntado (Kofranek, 1980).

Las plantas para flor de corte se siembran en camas de suelo. Los esquejes se plantan en hileras a una distancia de 20 cm y las raíces se cubren con el suelo. Una vez establecida la plantación de crisantemo es necesario instalar una malla de cuadros para propiciar el crecimiento de tallos erectos (Arbos, 1992).

Los crisantemos tienen dos fases de crecimiento: la vegetativa (formación de hojas) y la de floración. En la fase de desarrollo vegetativo es recomendable someter a la planta a largos periodos de luz (mayor a 12 h) para favorecer el crecimiento de los tallos (Arbos, 1992).

Una duración del día de 14.5 horas a 15.5°C es necesario para mantener un estado vegetativo de las plantas. El Cuadro 5 muestra la necesidad del ciclo de días largos antes de los ciclos de días cortos para obtener la longitud final del tallo deseada (Kofranek, 1980).

Cuadro 5. Plantas crisantemo cultivar “Florida Marble” con diferente número de días largos antes de empezar los días cortos

	A ^a	B ^b	C ^c	D ^d	E ^e
Semanas de días largos	0	1	2	3	4
Nudos/tallo antes de inducción de DC	21	24	26	30	34
Altura final de planta (cm)	53	64	81	94	108

^aNo días largos

^b1 semana de días largos

^c2 semanas de días largos

^d3 semanas de días largos

^e4 semanas de días largos

Fuente: Kofranek, 1980

Una vez que la planta se ha establecido (14 días después de plantado el esqueje) se debe realizar el despunte o pinzado, que consiste en cortar el brote terminal de la planta joven para estimular su ramificación.

2.3.5. Floración

La floración se determina por dos factores: duración de la luz del día y temperatura. La mayoría de los cultivares comienzan a desarrollar sus botones florales cuando el día dura menos de 12 horas; también la mayor parte florece en un periodo de entre 6 y 8 semanas después de comenzado el desarrollo floral (Arbos, 1992). Bajos niveles de luz (intensidad luminosa) en latitudes norte disminuyen su calidad y propician crecimiento reducido del crisantemo cultivado en invernadero, pero este problema puede resolverse usando lámparas de 100 watts, mismas que deben ser colocadas a una distancia de 1.3 m arriba de las plantas y con espaciamiento de 1.8 m) (Salinger, 1991).

Cuando las plantas alcanzan la longitud del tallo deseada se les da tratamiento de día corto. Las luces que proporcionaron los días largos se apagan durante un periodo natural de días cortos (invierno) o las plantas se cubren con una tela oscura durante los días largos naturales (verano). La tela puede ser satín negro o bien polietileno negro. El oscurecimiento se da mejor por un mínimo de 12 horas

(7 p.m. a 7 a.m.). Un calor arriba de 30°C bajo la tela negra retarda la iniciación floral. El oscurecimiento debe aplicarse de 21 a 28 días cortos consecutivos para crisantemos estándar y 42 días para tipo racimo. Después de 14 días cortos consecutivos el capítulo de la inflorescencia está completamente formado. Las temperaturas altas del día y la noche que se presentan cerca de la madurez pueden adelantar la cosecha hasta 5 días pero disminuirá la calidad de la flor (Kofranek, 1980).

En las variedades estándar se debe realizar el desbotonado, que consiste en eliminar los botones florales secundarios que acompañan al central, con el propósito de lograr un mayor desarrollo de la flor.

La temperatura desafortunadamente puede modificar la floración. En crisantemos de flor de corte, temperaturas nocturnas extremadamente altas (un promedio de 30 °C) retardan la iniciación floral, mientras que las bajas (13 °C) al inicio de la fase de luz, hacen lo mismo con las yemas florales de 1 a 49 días, dependiendo del cultivar y de la duración de las bajas temperaturas (Kofranek, 1980).

2.3.6. Sistema de producción de crisantemo en Texcoco

Según Huerta (2003), las prácticas del itinerario técnico del cultivo de crisantemo que realizan los floricultores de la región de Texcoco se resumen en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Relación de prácticas de cultivo que conforman el itinerario técnico del cultivo de crisantemo en la región de Texcoco, Méx.

Prácticas que conforman el ITG	Primer nivel de variación de las prácticas	Segundo nivel de las variación de las prácticas	Duración en días
Adquisición del esqueje	Compra el esqueje	Lo compra fuera o dentro de la región	
Preparación de la cama	Produce el esqueje		
	Volteo de la tierra	Manual, yunta o motocultor	
	Limpieza de la cama	Limpieza manual	
	No realiza limpieza	Incorpora residuos del cultivo anterior	
	Abonado de la cama	Abono de borrego, caballo, gallinaza o combinado	1 a 3
Plantación de esquejes	No realiza abonado de la cama	Solo fertiliza	
	Nivelación de la cama		
	Fertilización de fondo	Con urea, 18-46-00, 17-17-17, 15-15-15 o combinación	
	No realiza fertilización	Riega con aguas grises o solo abona	
	Acolchado		
	No realiza acolchado		
	Riego de pre-plantación		
	No riego de pre-plantación		1
	Plantación en húmedo		
	Plantación en seco		
Pinchado (eliminar yema apical)	Riego de plantación		
	Realiza pinchado	Se inicia entre día 8 y 12	1 a 2
Fotoperiodo	No realiza pinchado		
	Continuo o interrumpido	Cada noche 7 a 10 horas	25 a 45
Riegos	Cada 2 días		
	Riegos de refresco	Cada 15 a 60 minutos	5 a 10
	Riegos de mantenimiento	Diarios a cada 2 días	15 a 20
	Riegos de desarrollo	Diarios a cada 3 días	100-130
Deshierbe	Riegos en general	Engloban los anteriores	120-150
	Deshierbe y despate	Se inicia del día 28 al 35	1 a 3
Tutoreo	No despata		
	Cuando planta tiene 15-20 cm		75-150
Fertilización	Fertirrigación	Urea, 18-46-00, 17-17-17, 15-15-15, fecha de aplicación varía	Varía
	Voleo		
	Chorrillo	Con o sin rayado, misma formulación y fecha	
Plaguicidas	Formulaciones diversas	Fecha de aplicación varía	Varía
	Formulaciones diversas	Fecha de aplicación varía	Varía
Desbotone (eliminar botones)	Desbotone, desyemado o desmacoye	Inicia día 50-70	1 a 3
Corte de flor	Inicia día 90-120	Depende mercado	1 a 20

Fuente: Huerta, 2003

2.4. Calidad de crisantemo

El valor comercial del crisantemo está directamente relacionado con el tamaño y calidad de las hojas, tallos e inflorescencias; en el proceso para producir plantas con estas características están asociadas las condiciones ambientales y nutricionales (Roude *et al.*, 1991).

El concepto de calidad para crisantemo está relacionado con aspectos externos, una vez que los aspectos internos no pueden ser controlados durante el proceso de comercialización. Entre los parámetros externos, podemos citar: la estructura (forma y tamaño de tallos y hojas); número de flores y botones; ausencia de residuos químicos, plagas, enfermedades y defectos aparentes (Noordegraaf, 1994).

Una adecuada nutrición mineral de las plantas está entre los factores para promover la calidad. Los fertilizantes deben ser aplicados correctamente para reducir los costos de producción y los daños ambientales (Malavolta *et al.*, 1997).

2.4.1. Índice de cosecha en crisantemo

Los crisantemos se cosechan, por lo general, completa o parcialmente abiertos. Sin embargo, se ha encontrado que estas flores también pueden cosecharse como botones compactos y abrir satisfactoriamente cuando se acondicionan con soluciones que inducen la apertura del botón (Reid y Dodge, 2002).

Los crisantemos estándar pueden cosecharse en el estado de desarrollo 2 (inflorescencia con diámetro de 2 pulgadas) o en el estado 3 (inflorescencia con diámetro de 3 ½ pulgadas), cuando las inflorescencias están comenzando a abrir, o bien en el estado 4 (inflorescencia con diámetro de 5 pulgadas) cuando su peso fresco es la mitad del que presentan las inflorescencias completamente desarrolladas (Reid y Dodge, 2002)

Los crisantemos cosechados en un estado más compacto que los del estado 2 tienen dificultad para abrir y cuando abren sus flores resultan de diámetro más pequeño. Los tallos deben colocarse en agua conteniendo un germicida inmediatamente después de la cosecha. Los tallos pueden sumergirse por 10 segundos a 10 minutos en una solución de nitrato de plata a 1000 mg L⁻¹ y después en agua baja en sales. Los tallos deben cortarse mediante cuchillo, tijeras o herramientas especialmente diseñadas para este propósito, al menos cuatro pulgadas (10 cm) por encima del nivel del suelo para evitar que el tallo lleve tejido leñoso. Todas las hojas a partir del tercio inferior del tallo se eliminan (Reid y Dodge, 2002).

2.4.2. Grados de calidad

Según Reid y Dodge (2002), la Sociedad de Floristas Estadounidenses (Society of American Florists) ha sugerido la clasificación en los siguientes grados de calidad para el crisantemo estándar completamente abierto (Cuadro 7).

Cuadro 7. Grados de calidad para flor de crisantemo.

Grado	Fino (Fancy)	Estándar (Standard)	Corto (Short)
Color de la Etiqueta	Azul	Roja	Verde
Diámetro Mínimo	5½"(14cm)	4¾"(12 cm)	4"(10 cm)
Longitud Mínima	30"(76 cm)	30"(76 cm)	24"(61 cm)
Flor + Tallo			

Fuente: SAF, 2002.

2.5. Aspectos postcosecha en crisantemo

Los crisantemos, tanto el estándar (un solo tallo) como los de ramillete (pompón y spider), tienen una larga vida postcosecha cuando se les maneja apropiadamente. Las dificultades en la absorción y el transporte del agua en el tallo son los problemas principales en postcosecha, lo que da lugar al amarillamiento y marchitamiento prematuro de sus hojas (Reid y Dodge, 2002)

Un alto porcentaje (70-80 %) del tiempo de duración de la flor después del corte, depende de los cuidados que se le den en postcosecha, y un bajo porcentaje (20-30%) al hecho de que haya sido o no producida por una buena planta (Patiño, 1994).

Halevy y Mayak (1979) mencionan que para flores cortadas, el nivel máximo de respiración ocurre cuando comienzan a abrir y ésta va disminuyendo conforme las flores maduran. Posteriormente, se da un incremento en la respiración en poco tiempo y finalmente disminuye; este segundo aumento es considerado como un indicador final de senescencia.

El nivel de respiración de un vegetal es el índice de sus reservas de azúcares y de otros nutrimentos; es además el índice de conservación de las flores cortadas, y es por ello que debe reducirse la respiración en el menor tiempo posible (Arboleda, 1993).

Bajos niveles de carbohidratos para mantener un adecuado ritmo respiratorio es uno de los factores principales que reducen la vida de postcosecha de las flores cortadas (Nelson, 1979).

2.5.1. Senescencia

Dos procesos metabólicos ocurren durante la senescencia de pétalos: el incremento en la respiración y la hidrólisis de los componentes celulares (Halevy y Mayak, 1979). Los factores que provocan la senescencia en flor de corte son: disminución de la absorción de agua debido al bloqueo de los tallos, pérdida de agua por mal manejo, bajo nivel de carbohidratos para mantener la respiración, la presencia de plagas y enfermedades y la exposición a etileno (Nelson, 1979).

El bloqueo vascular se observa como respuesta a una herida o daño provocado en la base del tallo, y resulta en una secreción de sustancias tóxicas de las células

dañadas o envejecidas. Dichas sustancias son taninos y enzimas peroxidasas que se acumulan y forman una masa viscosa que bloquea la base del tallo (Reid y Dodge, 2002).

La presencia de microorganismos en el agua de florero obstruye físicamente la base del tallo. Dichas bacterias producen metabolitos que taponean los vasos del xilema afectando el balance hídrico y causando marchitamiento de pétalos (Halevy y Mayak, 1979).

El taponamiento también es estimulado por una excesiva aireación de la base del tallo; este problema puede reducirse por infiltración del tallo en agua para reemplazar el aire, o también acidificando el agua a un pH de 3.5 (Figueroa, 2001).

2.5.2. Manejo postcosecha

La apertura de crisantemo estándar que es cosechado en botón se logra colocando los tallos en una solución germicida conteniendo 2 a 3% de sacarosa. Un germicida común y efectivo es el Physan-20, pero decolora la porción del tallo que queda en contacto con la solución; debido a este efecto se recomienda mantener la solución a una altura de 4-8 cm. Después que los botones han abierto, se elimina la porción dañada del tallo. El nitrato de plata a 25 mg L^{-1} y ácido cítrico a 75 mg L^{-1} es más efectivo pero más caro que el Physan-20. Sin embargo, el nitrato de plata es absorbido por el tallo y su actividad germicida perdura durante toda la vida postcosecha de la flor. El citrato de hidroxiquinoleína (HQC) a 200 mg L^{-1} puede también usarse como germicida (Reid y Dodge, 2002).

El amarillamiento de la hoja puede prevenirse por inmersión en una solución de citoquinina 6-bencil adenina. Este tratamiento no se usa todavía comercialmente (Reid y Dodge, 2002).

Los crisantemos se pueden almacenar en recipientes con agua o en seco (en cajas normalmente de cartón) por 3 a 4 semanas a -0.5°C . El almacenamiento a 2 o 3°C no debe exceder de 2 semanas. El amarillamiento de las hojas puede ocurrir a 5°C en la oscuridad pero es menos probable que ocurra a 1°C (Reid y Dodge, 2002).

La rehidratación apropiada es esencial para una vida postcosecha adecuada de los crisantemos que han sido almacenados o transportados largas distancias. Se deben sacar los ramos de crisantemos de las cajas, recortar los tallos eliminando 2.5 cm y colocarlos en agua a 40°C conteniendo 0.1% de "Tween 20" (emulsificante) y 75 mg L^{-1} de ácido cítrico. Esta solución restablece la turgencia en un intervalo de 2 horas si el cuarto está frío y la iluminación es tenue. Después que los tallos se han rehidratado, se transfieren a una solución conteniendo 100 ppm de Phosan y se colocan en un frigorífico. Se puede utilizar una solución conteniendo 5 a 10 mg L^{-1} de hipoclorito de sodio (blanqueador) en lugar de Phosan. Las soluciones conteniendo estos compuestos clorados deben cambiarse cada 2-3 días (Reid y Dodge, 2002).

El azúcar no es necesario como parte de la "solución de florero" pues no beneficia la apertura de los crisantemos (Reid y Dodge, 2002).

III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

3.1 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la solución nutritiva de Steiner a diferentes concentraciones (en suelo y fertirriego), sobre la calidad y vida de florero de crisantemo (*Dendranthema grandiflora* Tzveleu) variedad Snow Eleonora.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar el punto de corte adecuado en inflorescencias de crisantemo para asegurar una buena apertura y vida de florero.
2. Correlacionar el contenido de azúcares en hojas con la apertura de la inflorescencia de crisantemo.
3. Evaluar el efecto de la solución comercial “Crystal” en la apertura y vida de florero de crisantemo.
4. Estimar las ventajas que en calidad de flor representa el uso de la solución nutritiva de Steiner, en comparación con la forma de producción local de crisantemo.

3.2 HIPÓTESIS

HIPÓTESIS GENERAL

1. La concentración de la solución de Steiner influye en la calidad y vida de florero de crisantemo.

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

1. Existe un punto de corte óptimo en el cual se asegura la apertura de la inflorescencia de crisantemo y una buena vida de florero.
2. Las reservas de azúcares en hojas influyen en la apertura de las inflorescencias de crisantemo.
3. La solución comercial “Crystal” no tiene efecto en la apertura de las inflorescencias de crisantemo.
4. El cultivo de crisantemo con la solución nutritiva de Steiner permite obtener flor de mejor calidad en relación con la forma de producción local de crisantemo.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el invernadero del Sr. Miguel Pablo Carrillo Corona, ubicado en Santa María Nativitas, Texcoco, Estado de México; del 1 de Enero al 31 de Julio de 2008.

4.1 Material vegetativo.

El material vegetativo consistió en esquejes enraizados de crisantemo (*Dendranthema grandiflora*, Tzeleu) variedad Snow Eleonora de aproximadamente 10 cm de longitud. Algunas características sobresalientes de esta variedad se detallan en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Características varietales del material vegetativo empleado en esta investigación.

Variedad	Tipo	Forma de inflorescencia	Color
Snow Eleonora	Cremon	Anémona	Blanco

Fuente: Elaboración propia a partir de consulta revisión bibliográfica.

El enraizamiento de los esquejes fue realizado en tezontle rojo (roca volcánica) con granulometría de partículas de 2 a 10 mm, y se utilizó sin ningún tratamiento previo. Los esquejes se obtuvieron de plantas madre seleccionadas; y se empleó una mezcla de los productos comerciales Radix-1500[®] y Raizone[®] para inducir formación de raíces. El riego se aplicó diariamente, de forma manual, a través de una bomba y un rociador a baja presión. El período de enraizamiento fue de 20 días, y se proporcionó iluminación nocturna con lámparas incandescentes de 100 watts, de 21:00 a 6:00 h, para mantenerlos en estado vegetativo.

4.2 Diseño, estructura y condiciones del invernadero.

El invernadero fue de tipo semicircular con orientación Norte-Sur. Posee ventilación natural periférica con operación manual. Se realizó la instalación de un sistema de riego por goteo con cintilla, adaptado para producción de crisantemo, con 3 camas de 30 m de largo por 1 m de ancho y cableado para proporcionar iluminación nocturna con lámparas incandescentes de 100 watts, a una altura de 1 m y una separación 1.3 m.

4.3 Sistema de fertirrigación

Se establecieron 3 camas de siembra en suelo directo; cada cama con una longitud de 20 m de largo por 1 m de ancho. Antes del trasplante de los esquejes, como estudio de diagnóstico preliminar, se realizó un análisis de suelo, así como la desinfección del mismo con el producto comercial Lucafum (ingrediente activo: Metam Sodio). Los riegos se suministraron diariamente a las 17:00 h. El sistema de fertirriego fue por goteo con cintilla (con abertura cada 10 cm), y operado con bomba de $\frac{1}{4}$ hp (Figura 1).



Figura 1. Establecimiento de riego por goteo con cintilla

4.3.1. Suelo

El suelo fue analizado en el Laboratorio de Nutrición de Cultivos “Salvador Alcalde Blanco”; se tomaron 2 muestras, cada una formada por 12 submuestras colectadas con barreno y obtenidas de las 3 camas de siembra a una profundidad

de 30 cm. El análisis de la muestra de suelo se presenta en el apartado de resultados de este documento. Así como la interpretación de sus resultados.

4.3.2. Solución nutritiva.

4.3.2.1. Preparación.

La solución empleada en el experimento, fue la Solución Universal de Steiner (1968) a un pH de 6.5 (Cuadro 9). Dicha solución fue diluida de acuerdo a los tratamientos empleados. La formulación original tiene un potencial osmótico de - 0.072 MPa.

Cuadro 9. Composición química de la Solución Nutritiva Universal de Steiner (1968), en meq L⁻¹, para un pH de 6.5±0.1.

K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻
7.0	9.0	4.0	12.0	1.0	7.0

La concentración de los micronutrientes empleados se muestra en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Solución concentrada de micronutrientes para elaborar la solución nutritiva.

Sal	mg L ⁻¹	g L ⁻¹
H ₃ BO ₃	0.5	2.8
MnSO ₄ ·4H ₂ O	0.7	2.2
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.09	0.4
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.02	0.08
Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0.04	0.1

De esta solución concentrada se utilizó 1 mL por cada litro de solución nutritiva.

El Fe se suministró en forma quelatada Fe-EDTA, preparado de acuerdo con la metodología descrita por Steiner y van Widen (1970).

En el Cuadro 11, se anotan las fuentes de macronutrientes que fueron empleados, así como las cantidades de fertilizantes para preparar las soluciones concentradas, de las cuales se elaboraron las soluciones nutritivas.

Cuadro 11. Preparación de soluciones concentradas mezcladas para elaborar soluciones nutritivas.

Tanque	Fertilizantes	meq L ⁻¹	N ^a	PE ^b	g/L	Pureza (%)	g L ⁻¹	ml L ⁻¹
A	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	9	1	118	118	95	124.21	9
	KNO ₃	3	0.33	101	33.3	95	35.05	
B	K ₂ SO ₄	3	0.75	87	65.3	95	68.75	4
	MgSO ₄ ·7H ₂ O	4		123	123	90	136.67	
	KH ₂ PO ₄	1		136	34	95	35.79	

^aN:Normalidad; ^bPE: Peso Equivalente.

Se prepararon 10 L de solución concentrada; en un tanque de 20 L (tanque A) se colocaron los nitratos, y en otro (tanque B) los sulfatos.

Tanto las soluciones concentradas como las soluciones nutritivas del experimento, se prepararon con agua de pozo profundo, la cual se analizó en el laboratorio y los resultados se muestran en el siguiente apartado de este documento.

4.3.2.2. Manejo de la solución nutritiva.

El pH del agua se ajustó a 5.5 con H₂SO₄ 1N antes de la incorporación de los macro y micronutrientes. Se empleó un medidor portátil de pH. También midió la conductividad eléctrica (en dS m⁻¹). Una vez incorporados los fertilizantes, se midió nuevamente el pH para verificar el valor de 6.5.

Diariamente se suministraron 250 L de solución nutritiva por cada cama de cultivo. Por lo tanto cada cama tuvo un tanque de abastecimiento con su respectivo sistema de riego con cintilla. Los tanques utilizados fueron de 1000 L.

4.4. Desarrollo experimental.

4.4.1. Establecimiento y conducción del cultivo.

Una vez preparadas las camas de cultivo, se procedió a la plantación. Se colocaron los esquejes cada 10 cm entre plantas y entre hileras (100 esquejes por m²). Se suministró un riego diario por las tardes (entre las 16:00 y 17:00 h) de acuerdo a los diferentes tratamientos. Durante las 6 semanas posteriores a la plantación, se proporcionó iluminación nocturna de 21:00 p.m. a 6:00 h con focos de luz incandescente de 100 watts, a una altura de 1 m y separados cada 1.3 m. Después de estas 6 semanas, se aplicaron condiciones de noche larga hasta el final del experimento, para favorecer la inducción y desarrollo floral.

A 2 semanas después del trasplante, se “pincharon” (despuntaron) los esquejes para estimular la ramificación (en la variedad Snow Eleonora se producen de 2 a 3 tallos por planta). A las 12 semanas se eliminan los botones florales secundarios (desbotone) que acompañan al central, con el propósito de lograr un mayor desarrollo floral.

El sistema de soporte para las plantas consistió en tutores cuadrados de 10x10 cm confeccionados con alambre galvanizado e hilo.

4.4.2. Diseño experimental y tratamientos.

En la presente investigación se estudió la solución nutritiva universal de Steiner a las concentraciones de 12.5 %, 25 y 37.5 % de la concentración original.

Por lo tanto, se evaluaron tres tratamientos, cada uno aplicado a una cama de cultivo; como tratamiento testigo se empleó el manejo tradicional del productor, (Cuadro 12).

Cuadro 12. Manejo tradicional del cultivo de crisantemo variedad Snow Eleonora

Práctica	Descripción	Semanas después del trasplante
Iluminación	Focos de 100 watts	Desde trasplante hasta 6 ^a semana
Despunte	Eliminación de botón terminal	2 ^a
Preventivo de trips	Tamarón, Foley y adherente Aciquim	2 ^a
Fertilización foliar	Bayfolan, Biogreen y Bioestim	2 ^a , cada semana hasta 10 ^a semana
Preventivo contra Hongos	Fungicim, Q.2000.VI y De Antra (benomilo)	5 ^a
Preventivo de roya	Q.2000.VI, Flyn y Rally	7 ^a
Desbotone	Eliminación de botones secundarios	12 ^a
Preventivo de botritis	Benlate y Rovran	14 ^a
Cosecha		16 ^a

Los tratamientos aplicados y el manejo tradicional del productor únicamente difieren en el manejo de la nutrición del cultivo, pues las prácticas preventivas de plagas y enfermedades así como las labores del cultivo (vg. despunte, desbotone) fueron las mismas. De esta forma, la única diferencia del testigo con los tratamientos es que en estos últimos se aplicaron las soluciones nutritivas diluidas, y el productor aplicó fertilización foliar (Cuadro 12).

Durante la etapa reproductiva, en las 2 semanas posteriores al desbotone, se suspendió la aplicación de los tratamientos, y únicamente se proporcionaron los riegos con agua corriente (ver análisis de agua del Cuadro 15, en el apartado de resultados).

El Cuadro 13 muestra la composición de las soluciones nutritivas (en meq L⁻¹), empleadas en este experimento. Para esto, se consideran las soluciones concentradas del Cuadro 11, en las cuales se calculó la cantidad en mL para preparar la solución nutritiva universal de Steiner al 100%.

Cuadro 13. Composición de las soluciones nutritivas (en meq L⁻¹) calculadas a partir de soluciones concentradas

Tratamiento	Solución concentrada	Steiner 100 % mL L ⁻¹	Steiner diluida (%)	mL 250 L ⁻¹ de solución nutritiva
T1	A (nitratos)	9	12.5	281.25
	B (sulfatos)	4		125
T2	A (nitratos)	9	25	562.5
	B (sulfatos)	4		250
T3	A (nitratos)	9	37.5	843.75
	B (sulfatos)	4		375

Se empleó un diseño experimental completamente al azar. De cada tratamiento se tuvieron 5 repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por una planta en cada repetición. Con los datos obtenidos se realizó el análisis de varianza y pruebas de comparación de medias (Tukey, $\alpha=0.05$).

4.4.3. Variables respuesta.

De la solución nutritiva:

- pH.
- Conductividad eléctrica (dS m⁻¹).

Las determinaciones de pH y conductividad eléctrica se hicieron diariamente, durante la preparación de las soluciones nutritivas. Al inicio, teniendo 250 L de agua en cada tanque de 1000 L, se ajustó el pH a 5.5 con H₂SO₄ 1N, posteriormente se incorporaron las cantidades de macronutrientes (nitratos y sulfatos) señaladas en el Cuadro 16 y de micronutrientes (Cuadro 12).

La conductividad eléctrica resultante de las soluciones nutritivas aplicadas a cada uno de los tratamientos se resume en el Cuadro 14. Las variaciones se deben a la diferencia en la cantidad de sales, y a que se manejaron soluciones concentradas a partir de las cuales se prepararon las soluciones nutritivas diluidas.

Cuadro 14. Conductividad eléctrica resultante de las soluciones nutritivas aplicadas a los tratamientos.

Tratamiento	Steiner diluida (%)	CE (dS m ⁻¹)
1	12.5	0.42-0.46
2	25	0.66-0.72
3	37.5	0.92-0.98

El pH después de agregar los macro y micronutrientes aumentó y se ajustó con H₂SO₄ 0.1N a 6.5.

Es importante señalar que durante la preparación de las soluciones nutritivas de cada uno de los tratamientos no se consideraron las sales presentes en el agua, ya que se encontraron en cantidades muy pequeñas, y en una relación de cationes Ca²⁺:Mg²⁺ que no presenta problemas de antagonismo entre ellos. Además, las cantidades requeridas de cationes y aniones en las soluciones diluidas son tan pequeñas, que dificulta la realización de los balances entre cationes y aniones; de hecho las sales presentes en el agua satisfacen las de los tratamientos en algunos cationes y aniones (vg. Ca²⁺ y Mg²⁺ en solución Steiner al 12.5%).

De la planta:

- Altura de planta (cm). A partir del suelo hasta el ápice de la planta. Se midió cada 2 semanas.
- Cantidad de clorofila (unidades SPAD). Se midió con el detector de clorofila Minolta SPAD-502, en 4 edades de la planta (4, 8, 12 y 14 semanas después del transplante). Se tomaron 3 lecturas SPAD por cada hoja, y 5 hojas completamente maduras (4 hojas a partir del ápice) por planta; en total se realizaron 5 repeticiones (5 plantas) por cada tratamiento.
- Concentración de nutrientes en hojas. A los 15 días después de la aparición del botón floral, se tomaron hojas recientemente maduras de cada uno de los tratamientos y el testigo, para realizar el análisis químico foliar.

Las hojas se secaron en estufa con circulación de aire forzado a 70°C durante 48 horas. Posteriormente se molieron en un molino de cuchillas, de acero inoxidable. Las determinaciones nutrimentales fueron: N-total, por micro-Kjeldahl; el P, K, Ca, Mg, Fe, Mn y Zn en un equipo de espectrofotometría de emisión atómica, de inducción con plasma acoplado ICP-AES VARIAN™ Liberty II (Alcántar y Sandoval, 1999).

- Peso de biomasa fresca de la planta completa: hojas, tallo, inflorescencia y raíz (en g). Se evaluó con una balanza semianalítica marca Ohaus, al momento de la cosecha (16 semanas después del trasplante); se cortaron 5 plantas completas en cada uno de los tratamientos (incluyendo el testigo).
- Calidad. Se evaluó al momento de la cosecha. Los parámetros de calidad fueron: número de hojas, longitud y diámetro de tallo (cm) e inflorescencia (cm). Se utilizó un metro de madera y un vernier. Se cosechó 1 tallo floral por cada planta completa; se buscó que los 5 tallos florales por cada tratamiento estuvieran en un punto de corte óptimo (inflorescencia parcialmente abierta).

Vida de florero:

Para evaluar la vida de florero, se tomaron en cuenta las siguientes características de los tallos: turgencia de flores (tubulares y radiales), turgencia de hojas, torcimiento del tallo, presencia de plagas y enfermedades, Botrytis y senescencia. Puntos de corte. Se establecieron 5 puntos de corte de acuerdo al tamaño de la inflorescencia (en mm), con 5 repeticiones cada uno.

- Concentración de azúcares en hojas (mg g^{-1}). Se evaluó al momento de la cosecha, en los 5 puntos de corte, por el método espectrofotométrico de antrona (Witham *et al.*, 1971). Las lecturas se llevaron a cabo en el Spectronic 20. Se tomaron 5 hojas maduras (a partir del ápice de la planta).

- Vida de florero en días. Se evaluó en los 5 puntos de corte, en floreros conteniendo agua y solución comercial Crystal Clear™ (ácido cítrico, biocida y azúcares), fabricado por Floralife®. En cada florero se colocaron 5 tallos, conteniendo 250 mL de agua corriente (la misma que se utilizó para la preparación de las soluciones nutritivas).
- Pérdida de peso (g). Se evaluó con una balanza marca Ohaus, diariamente en los 5 puntos de corte, durante la vida de florero.
- Diámetro de inflorescencia (en mm). Se midió con un vernier durante la vida de florero de los tallos.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1 Análisis de agua y suelo.

El Cuadro 15 muestra el resultado del análisis de agua de pozo profundo.

Cuadro 15. Análisis del agua de pozo profundo utilizada para preparar las soluciones nutritivas

Muestra	pH	CE	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ²⁺	K ⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻
		dS m ⁻¹					meq L ⁻¹			
M1	6.8	0.18	1.70	0.68	0.50	0.54	0	2.47	0.38	0.14
M2	6.9	0.18	1.37	0.34	0.53	0.54	0	2.47	0.44	0.14
Promedio	6.85	0.18	1.53	0.51	0.515	0.54	0	2.47	0.41	0.14

Según Cadahia (1998), los valores normales para aguas de riego son: pH entre 6-8.5, conductividad eléctrica de 0-3 dS m⁻¹, Ca²⁺ entre 0-20 meq L⁻¹, Mg²⁺ de 0-5 meq L⁻¹, Na⁺ de 0-40 meq L⁻¹, HCO₃⁻ de 0-10 meq L⁻¹, Cl⁻ de 0-30 meq L⁻¹ y SO₄⁻ entre 0-20 meq L⁻¹. Al comparar dichos valores con los obtenidos en el análisis de agua, se concluye que el agua de riego utilizada para la preparación de las soluciones nutritivas es de buena calidad.

Como una guía de control en la calidad de agua, la concentración de cationes debe ser aproximadamente igual a la suma de aniones. La suma de cationes en el análisis es de 3.42 meq L⁻¹, y la de aniones es de 3.05 meq L⁻¹. Un pH mayor de 8 se asocia con altas cantidades de bicarbonatos (HCO₃⁻), sin embargo en el análisis de agua se obtuvo en promedio un pH de 6.85.

El Cuadro 16 muestra el análisis de suelo en donde se estableció el experimento.

Cuadro 16. Análisis de suelo del lugar en donde se estableció el experimento

Muestra	pH	CE	m.o.	Nt	P	K	Na	Mg	Ca
		dS m ⁻¹	%	%	mg kg ⁻¹		cmol kg ⁻¹		
1	6.5	0.69	4.6	0.18	440	4.5	0.99	10.4	18.6
2	6.6	0.50	5.0	0.19	469	4.3	0.99	10.6	20.6
Promedio	6.55	0.59	4.8	0.18	454	4.4	0.99	10.5	19.6

La CE del suelo indica la cantidad de sales presentes. Los iones generalmente asociados con salinidad son Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, H⁺ (cationes) y NO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻, H₂PO₄⁻ y OH⁻ (aniones).

De acuerdo a la Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1998), los valores de CE menores de 0.8 dS m⁻¹ son aceptables para el crecimiento de los cultivos en general. El valor promedio de las muestras de suelo en estudio fue de 0.595 dS m⁻¹, lo que indica un suelo no salino.

Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1998), el pH del suelo es una medida de la acidez o alcalinidad y afecta la disponibilidad de nutrimentos, la actividad de microorganismos y la solubilidad de minerales del suelo. La medición del pH en realidad significa medir la actividad del ión H⁺ en la solución del suelo. En el análisis de suelo se obtuvo un promedio de 6.55, que corresponde a ligeramente ácido; los valores de pH entre 6.0 y 7.5 son óptimos para el crecimiento de la mayoría de los cultivos.

En relación al P, se obtuvieron en promedio 454 ppm en el análisis de suelo, el cual representa un valor extremadamente alto; de acuerdo con Castellanos *et al.* (2000), citado por Etchevers y Padilla (2007), una concentración de fósforo mayor a 61 ppm (Bray-1) se considera como muy alto, aunque debe considerarse el procedimiento empleado en el laboratorio de análisis de suelo así como el tipo de cultivo, lo cual influye en la interpretación.

Como se observa en el Cuadro 17, el suelo utilizado presenta valores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+ intercambiables clasificados como altos.

Cuadro 17. Interpretación tentativa de las bases de intercambio de los suelos.

Categoría	meq/100 g suelo			
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+
Alta	+ 10	+ 3.0	0.6-1.3	+ 0.6
Intermedia	5-10	1.3	0.3-0.6	0.3-0.6
Baja	2-5	0.5-1.3	0.2-0.3	0.3
Muy baja	2	0.5	0.2	

Fuente: Etchevers y Padilla (2007).

5.2. Altura de planta

La variable altura se midió a diferentes edades de la planta (Cuadro 18). Los resultados son el promedio de 30 repeticiones por tratamiento (incluyendo el testigo).

Cuadro 18. Altura de plantas (cm) durante el crecimiento de crisantemo¹ variedad Snow Eleonora

TRATAMIENTO	SDT (Semanas después del trasplante)							
	2	4	6	8	10	12	14	16
12.5%	13.0a	18.0b	24.1b	58.5b	73.6a	102.3a	119.1a	124.1a
25%	13.3a	20.0a	25.8ab	61.9a	75.7a	104.7a	119.5a	123.3a
37.5%	13.3a	20.7a	26.2a	62.2a	74.6a	102.7a	119.4a	123.8a
Testigo	13.2a	16.2c	19.6c	42.5c	54.3b	77.1b	88.6b	91.4b
DMS	0.498	0.856	1.918	2.366	3.098	3.661	4.093	4.265

¹Cada dato es el promedio de 30 repeticiones.

Valores seguidos de letras iguales en cada columna indican que los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas ($\alpha=0.05$).

La dinámica de crecimiento se puede apreciar con detalle en la Figura 2, en donde es evidente que el testigo tuvo una menor altura de planta en relación a los tratamientos (27 % menos que las plantas en donde se aplicaron soluciones diluidas). Entre los tratamientos en los que se aplicó solución Steiner diluida, se observa que durante las primeras 10 semanas después del trasplante, en el

tratamiento 12.5% se presentaron las plantas más altas, sin embargo, en las semanas posteriores se igualó a la de los tratamientos 25 y 37.5%.

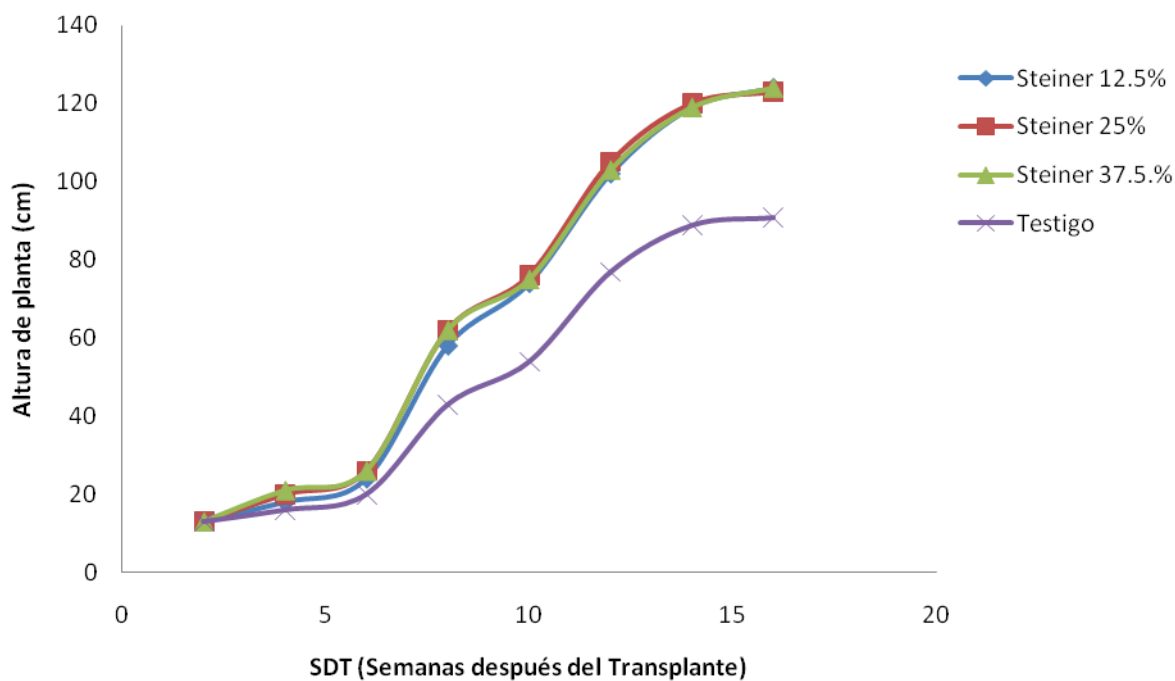


Figura 2. Efecto de los tratamientos en altura de planta

Analizando los resultados del cuadro anterior se observa que en las primeras 2 SDT los tratamientos produjeron efectos iguales en altura de planta, sin embargo a partir de la semana 4 después del trasplante todos los tratamientos tuvieron efectos diferentes, y los mejores fueron el de 25 y 37% de solución diluida Steiner. De la semana 6 a la 8 los tratamientos de 25 y 37.5% seguían siendo los mejores, pero de la semana 10 a la 16 el tratamiento de 12.5% igualó a dichos tratamientos. En resumen, el tratamiento testigo (fertilización foliar) fue el que produjo una altura de planta menor en relación a los tratamientos con soluciones Steiner diluidas.

5.3 Mediciones SPAD.

El medidor de clorofila SPAD 502 estima el contenido de clorofila en las hojas, sin destruir el tejido. El valor de las mediciones se calcula con base en la cantidad de luz transmitida por la hoja a dos longitudes de onda, en las cuales la absorbancia de la luz (que es inversamente proporcional a la reflectancia) es diferente; la luz emitida por el aparato corresponde a la luz roja (650 nm de longitud de onda) e infrarroja (940 nm de longitud de onda). Esta pasa a través de la hoja, llega a un receptor, convirtiendo la luz transmitida en una señal eléctrica. La señal es llevada a un amplificador y de ahí se convierte en una señal digital, la cual es usada por un microprocesador para calcular el valor SPAD (adimensional), que corresponde al contenido relativo de clorofila (Villar, 2007).

Hay una relación directa entre la lectura SPAD y el contenido de N en la planta, ya que este último es necesario para la síntesis de clorofila y, por lo tanto, determina el nivel de verdor en las hojas y la eficiencia de los procesos fotosintéticos que se realizan en ellas.

El Cuadro 19 muestra las lecturas SPAD durante el crecimiento de crisantemo variedad Snow Eleonora.

Cuadro 19. Lecturas SPAD¹ durante el crecimiento de crisantemo variedad Snow Eleonora

TRATAMIENTO	SDT (Semanas después del trasplante)			
	4	8	12	14
12.5 %	56.08bc	57.48bc	54.80c	58.80b
25 %	58.12ab	58.90ab	59.02b	60.20b
37.5 %	59.48a	60.40a	62.20a	64.14a
Testigo	55.36c	55.62c	50.20d	55.84c
DMS	2.509	2.529	3.051	2.165

¹Cada dato es el promedio de 5 repeticiones.

Valores seguidos de letras iguales en cada columna indican que los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas ($\alpha=0.05$).

Analizando la información anterior, observamos que a las 4 semanas después del trasplante (SDT) los tratamientos 25% y 37.5% de Steiner diluida tuvieron efectos iguales sobre las lecturas SPAD en hojas, y que la solución 12.5% y el testigo (fertilización foliar) también tienen efectos iguales; sin embargo entre 37.5% y el testigo presentaron efectos diferentes, al igual que con 25%. En la Figura 3 se presenta la coloración de las hojas en los 3 tratamientos, y aunque aparentemente no hay diferencias, el análisis estadístico de las lecturas del medidor SPAD refleja que sí existieron.

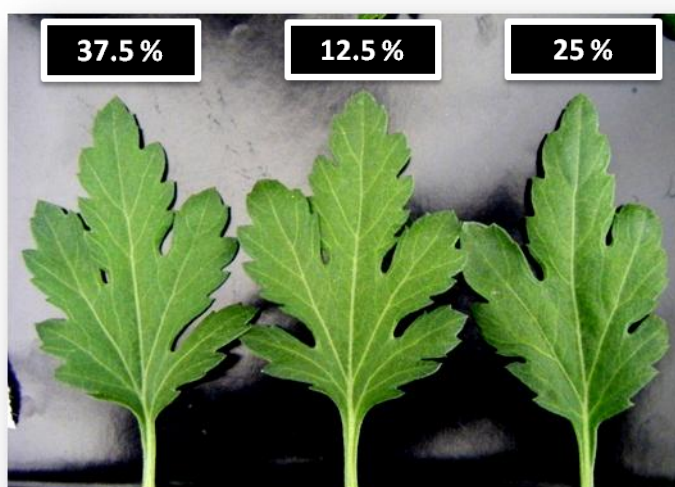


Figura 3. Coloración de hojas en crisantemo variedad Snow Eleonora a las 4 semanas después del trasplante.

A las 8 SDT, se presentó una situación similar a la anterior, pues de acuerdo al análisis estadístico los tratamientos 37.5 y 25% tuvieron efectos iguales sobre el contenido de clorofila.

A la semana 12 y 14 los tratamientos produjeron efectos diferentes en la coloración de hojas. La Figura 4 muestra la coloración de las hojas a las 12 (izquierda) y 14 (derecha) semanas después del trasplante, en los tratamientos a 12.5, 25 y 37.5 % de solución Steiner diluida.

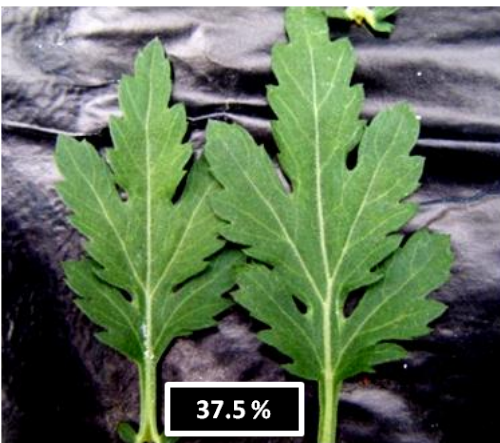
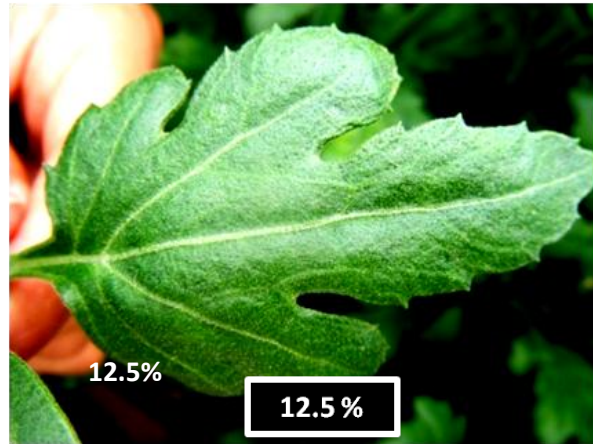


Figura 4. Coloración de hojas en crisantemo variedad Snow Eleonora a las 12 y 14 semanas después del trasplante.

Es importante señalar que a la semana 14 se observó un mayor grosor de las hojas, así como mayor turgencia; al doblar en 90° las hojas de los tratamientos 25 y 37.5%, éstas se tornaron quebradizas, lo cual indica un exceso de fertilización con N, de hecho la coloración de las mismas fue diferente al tratamiento a 12.5%, ya que el color verde era demasiado oscuro.

Según Arbos (1992), el crisantemo requiere altas concentraciones de N durante las primeras 7 semanas de crecimiento, ya que si durante ese periodo existe una deficiencia de éste no se obtendrán flores de calidad; aún con aplicaciones posteriores del elemento, no se logrará recuperar la calidad de la flor.

Un exceso de N puede inducir la formación de hojas quebradizas en algunos cultivares. No obstante, en floración se recomienda una concentración de este elemento de 4.5 a 6.0% en las hojas ya que se utilizará en la formación de la inflorescencia. Durante los primeros 80 días después del trasplante las plantas crecen rápidamente razón por la cual se requieren significativas cantidades de N, a diferencia de los últimos 20 días, en los cuales sólo se desarrolla la inflorescencia y los nutrimentos se transportan a este órgano a partir de las hojas. Parece ser que en floración la planta deja de absorber nutrimentos del suelo y transloca los elementos que hasta ese momento se han almacenado en las hojas (Arbos, 1992).

La fertilización nitrogenada se suspendió a partir de la semana 14, sin embargo en los tratamientos a 25 y 37.5% sería recomendable suspenderla 15 días antes (en la semana 12 después del trasplante) pues el exceso de fertilización nitrogenada podría afectar la vida de florero y representa un gasto innecesario de fertilizantes para el productor. Más adelante se presentan las evaluaciones de la calidad comercial (diámetro de tallos e inflorescencias), así como la concentración nutrimental en hojas. En altura no hubo diferencia estadística entre tratamientos, excepto para el testigo, el que tuvo la menor, seguramente por la falta de N en las

primeras semanas de crecimiento, debido a que las lecturas SPAD fueron menores en relación a los demás tratamientos y por lo tanto el contenido de clorofila también fue menor (Cuadro 19).

5.4 Concentración nutrimental.

El Cuadro 20 muestra los resultados del análisis de tejido vegetal en hojas recientemente maduras (15 días después de la aparición del botón floral) de crisantemo variedad Snow Eleonora:

Cuadro 20. Concentración nutrimental en hojas recientemente maduras¹ de crisantemo variedad Snow Eleonora

TRATAMIE NTO	%					mg kg ⁻¹					
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Na
12.5%	3.26b	0.37a	3.73a	0.92a	0.50a	265.7a	5.81a	47.5a	48.7a	328.1a	416.2a
25%	3.46a	0.35ab	3.68a	0.86a	0.41a	284.9a	5.37ab	34.1ab	58.8a	307.5ab	342.7a
37.5%	3.29b	0.26b	2.77b	0.79a	0.37a	235.2a	2.11bc	31.2b	41.6a	243.6b	400.1a
Testigo	3.29b	<0.01c	<0.01c	<0.01b	<0.01b	0.97b	0.05c	0.07c	0.03b	3.21c	1.95b
DMS	0.42	0.089	0.88	0.27	0.14	200.3	3.33	14.5	32.5	70.5	147.7
Suficiente ²	4-6	0.25-1	4-6	1-2	0.25-1	50- 250	6-30	20- 250	50- 250	25-75	

¹Cada dato es el promedio de 5 repeticiones.

²índice de suficiencia según Mill y Jones (1996).

Valores seguidos de letras iguales en cada columna indican que los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas ($\alpha=0.05$).

En 7 de los 11 nutrimentos analizados, la mayor concentración fue registrada en hojas del tratamiento a 12.5%, la excepción fueron N, Fe y Mn, en donde la solución de Steiner al 25% se tuvo la mayor concentración nutrimental.

En cuanto al N, el tratamiento diluido a 25% tuvo la mayor concentración, aunque los valores fueron bajos en relación al 4-6% que reportan Mills y Jones (1996) como óptimo para crisantemo. Estadísticamente los demás tratamientos produjeron efectos diferentes sobre el contenido de N. Esto es congruente con el Cuadro 22, relativo a las lecturas SPAD, en donde el tratamiento a 25% originó los valores más altos, así como la coloración más verde en las hojas.

Sin embargo, aunque se realizó el muestro de hojas recientemente maduras, Gutiérrez *et al.* (2003) recomiendan para crisantemo el muestreo de hojas a los 56 días después del transplante (30 hojas, la cuarta hoja del ápice hacia abajo) ya que es a partir de este periodo cuando el cultivo estabiliza su crecimiento. Esta es la posible razón por la cual el tratamiento de 37.5% de solución de Steiner diluida (el de mayor concentración) no tuvo la mayor concentración de nutrimentos en hojas. En este trabajo de investigación el muestreo se realizó a los 90 días después del transplante (12 semanas). Seguramente también influyó el transporte de carbohidratos hacia el botón floral durante la etapa reproductiva.

No obstante, el tratamiento de 37.5% presentó la mayor apertura de inflorescencias, así como desarrollo de flores tubulares y mayor peso de biomasa fresca (considerando el diámetro de los tallos y grosor de las hojas), como se reporta más adelante.

Sería recomendable complementar este trabajo de investigación aplicando concentraciones más altas de la solución universal de Steiner en suelo, porque en este trabajo de investigación la solución Steiner diluida al 37.5% indujo la formación de hojas quebradizas, teniendo una concentración en hojas de 3.29% al momento de la formación del botón; sin embargo en floración se recomienda una concentración de este elemento de 4.5 a 6.0 % (Arbos, 1992).

El testigo, en general, tuvo una concentración nutrimental demasiado baja, excepto para N. Aunque la coloración de las hojas fue muy similar a los demás tratamientos, el desarrollo de la planta se afectó severamente al presentar el menor peso de biomasa fresca y necesitar de solución preservativa para tener mejor apertura floral. Esto demuestra que la fertilización foliar sólo debe utilizarse como un complemento a la fertilización del suelo y no como sustituto de ésta, ya que las plantas, en general, satisfacen sus requerimientos nutrimentales, de

elementos en solución, a través de sus raíces y las hojas sólo pueden absorber cantidades relativamente pequeñas de estos.

5.5 Peso de biomasa fresca

Cada planta completa produjo 3 tallos florales. El desarrollo radical no fue el mismo en cada uno de los tratamientos. Como se puede apreciar en la Figura 5, 12.5% tuvo menor desarrollo radical en comparación con 25%, y a su vez con 37.5%.



Figura 5. Tamaño de raíz en crisantemo variedad Snow Eleonora

Las Figuras 6 y 7 presentan el peso de biomasa fresca (g) de la raíz, tallo, follaje e inflorescencia y planta completa de crisantemo. La raíz presentó un menor peso de biomasa fresca para el testigo y el tratamiento con solución de Steiner al 12.5%; el tallo ganó mayor peso en el tratamiento a 37.5% de Steiner diluida, mientras que para el follaje y las inflorescencias se obtuvo mayor peso de biomasa fresca en los tratamientos a 12.5% y 37.5%. No obstante el peso de biomasa fresca de la planta completa en soluciones nutritivas de Steiner al 12.5 y 25% fue muy similar.

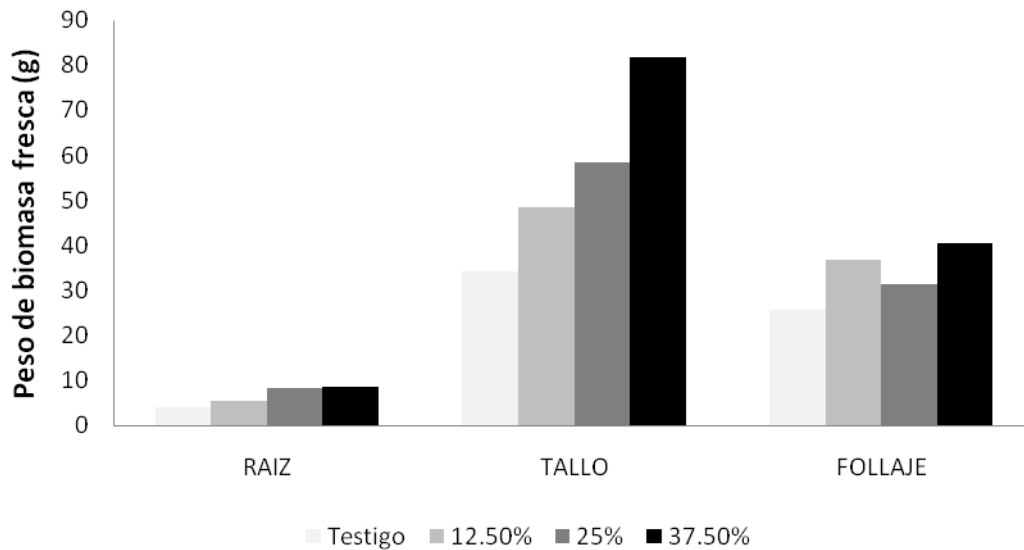


Figura 6. Peso de biomasa fresca (g) para raíz, tallo y follaje en crisantemo variedad Snow Eleonora

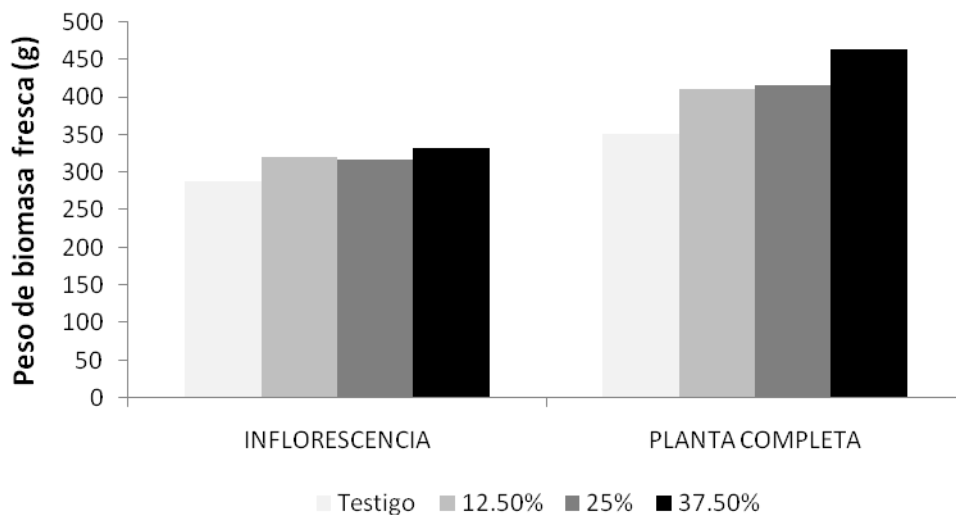


Figura 7. Peso de biomasa fresca (g) para inflorescencia y planta completa de crisantemo variedad Snow Eleonora

En la Figura 8 se observan los tamaños de inflorescencias en una planta completa (3 inflorescencias por planta) de cada uno de los tratamientos (-12.5, 25 y 37.5%). Es evidente los tratamientos 12.5 y 37.5% produjeron inflorescencias más grandes

y con mayor peso de biomasa fresca. En relación al follaje, se observó una coloración similar en todos los tratamientos; sin embargo, las hojas en el tratamiento a 37.5% de solución Steiner tuvieron un mayor tamaño que las de 12.5%. Resulta interesante mencionar que como se tomaron plantas completas (cada una con 3 tallos florales), únicamente se consideró que una de las inflorescencias tuviera uniformidad con las de las demás plantas. Por esta razón se observa que en todos los tratamientos se tiene una inflorescencia no completamente abierta, y que las dos inflorescencias restantes están completamente abiertas.

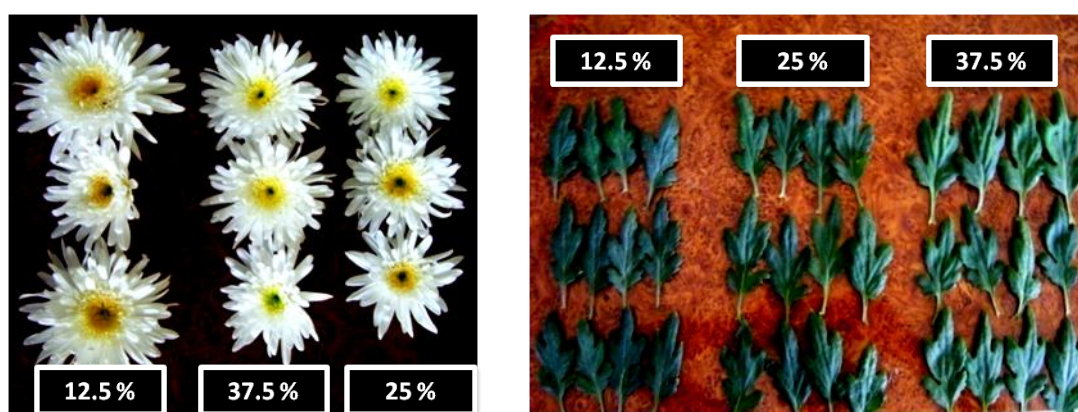


Figura 8. Tamaño de inflorescencias y follaje en crisantemo variedad Snow Eleonora

Finalmente, el Cuadro 21 muestra el peso de biomasa fresca de crisantemo variedad Snow Eleonora.

Cuadro 21. Peso de biomasa fresca de plantas de crisantemo¹ variedad Snow Eleonora durante la cosecha

Tratamiento	Peso de biomasa fresca (g)				
	Raíz	Tallo	Hojas	Inflorescencias	Planta completa
12.5%	5.52b	48.4c	36.66ab	320.66ab	411.24b
25%	8.14a	58.42b	31.26bc	317.78b	415.60b
37.5%	8.66a	81.6a	40.46a	333.3a	464.12a
Testigo	3.94c	34.18d	25.56c	287.6c	351.28c
DMS	0.939	7.96	6.036	13.123	19.607

¹Cada dato es el promedio de 5 repeticiones.

Valores seguidos de letras iguales en cada columna indican que los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas ($\alpha=0.05$).

Para la raíz, los tratamientos 25 y 37.5% produjeron efectos iguales en peso de biomasa fresca, y el mejor tratamiento fue el de 37.5%; para tallo todos los tratamientos originaron efectos diferentes, siendo el mejor el de 37.5%; para hojas e inflorescencias los tratamientos 37.5 y 12.5% produjeron efectos iguales en peso fresco, siendo mejor el de 37.5%; y para la planta completa los tratamientos 12.5% y 25% tuvieron efectos iguales sobre el peso de biomasa fresca, siendo mejor el de 25%.

En resumen, el tratamiento consistente en solución nutritiva de Steiner al 37.5% fue el mejor con el mayor efecto sobre peso de biomasa fresca de los tallos florales, el sistema radical, las hojas y las inflorescencias que fueron de mayor tamaño.

5.6 Calidad comercial

La calidad comercial en crisantemo está directamente relacionada con el tamaño y calidad de las hojas, tallos e inflorescencias (Roude *et al.*, 1991). Los aspectos externos como la estructura (forma y tamaño de tallos y hojas), número de flores y botones, ausencia de residuos químicos, plagas y enfermedades y defectos aparentes, son parámetros externos que forman parte del concepto de calidad en crisantemo (Noordegraaf, 1994).

Según Reid y Dodge (2002), el punto óptimo de corte corresponde cuando las inflorescencias se encuentran con un diámetro entre 6 y 12 cm. No obstante, para ver la influencia nutricional en la calidad de la flor, los tallos se cosecharon cuando las inflorescencias estaban parcialmente abiertas, esto es, cuando las flores radiales tenían un ángulo de 120° (Figura 9).



Figura 9. Punto de corte para determinar la calidad comercial en crisantemo variedad Snow Eleonora.

La razón de utilizar tallos florales en un punto óptimo de corte es porque generalmente los productores realizan la cosecha de esta forma; es decir, en una planta completa (con 3 tallos florales) un tallo floral puede estar listo para cosecharse, pero los 2 restantes no.

El Cuadro 22 muestra los atributos de calidad en crisantemo variedad Eleonora.

Cuadro 22. Atributos de calidad comercial de crisantemo¹ variedad Snow Eleonora.

Tratamiento	Hojas		Tallo		Inflorescencia
	Número	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Diámetro (cm)	
12.5%	5.6a	119.0a	0.492c	11.32ab	
25%	4.2b	118.0a	0.558b	10.90b	
37.5%	5.2a	121.0a	0.638a	11.66a	
Testigo	6.0a	92.20b	0.426d	10.06c	
DMS	0.99	5.664	0.0616	0.437	

¹Cada dato es el promedio de 5 repeticiones.

Valores seguidos de letras iguales en cada columna indican que los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas ($\alpha=0.05$).

Los tratamientos con solución Steiner a las concentraciones de 12.5, 37.5 % y el testigo, produjeron efectos similares en el número de hojas, y el de 25% tuvo

efectos diferentes respecto a estos. Tomando como referencia estos resultados, se recomendaría el tratamiento testigo, ya que produce mayor número de hojas. Sin embargo, resulta interesante considerar las características físicas de las hojas, pues si bien el tratamiento de 37.5% produjo menor número de hojas, el grosor y el tamaño de las mismas fue mayor que las del resto de los tratamientos. Con anterioridad se mencionó que las hojas del tratamiento a 37.5% alcanzaron mayor peso de biomasa fresca en relación a los demás.

En relación a la longitud del tallo, los tratamientos con soluciones Steiner diluidas produjeron efectos iguales, pero siempre mayores que el testigo (fertilización foliar). Aunque se podrían recomendar los tres tratamientos de Steiner diluidas, el de 37.5% fue el mejor al originar mayor longitud del tallo.

Es evidente que el tratamiento de 37.5% originó el mayor diámetro de tallo, y que respecto a este valor todos los tratamientos fueron diferentes. Sin duda el menos recomendable fue el testigo, al producir tallos muy delgados.

Respecto al diámetro de la inflorescencia, los tratamientos de solución diluida a 37.5 y 12.5% tuvieron efectos iguales, y se recomendaría la de 37.5% porque produce mayor tamaño de inflorescencias, aunque estadísticamente no es significativa.

Es interesante señalar que el tratamiento a 25% de solución Steiner produjo tallos gruesos; sin embargo el tamaño de inflorescencia es más pequeño que para el tratamiento de 12.5%. Una posible explicación a esto fue que el tratamiento de 12.5% de Steiner diluida tuvo mayor número de hojas y peso de biomasa fresca del follaje, lo cual podría garantizar un mayor tamaño de la inflorescencia. Recordemos que en la floración la planta deja de absorber los nutrimentos del suelo y transloca los elementos que hasta ese momentos se han almacenado en las hojas (Arbos, 1992).

Refiriéndonos al Cuadro 7 de la revisión de literatura de este documento, relativo a los grados de calidad en crisantemo estándar que hace la Sociedad Americana de Floristas (SAF, 2002), podemos concluir que el crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechado parcialmente abierto y para el tratamiento de Steiner diluida al 37.5%, tiene un grado de calidad estándar. No obstante, la clasificación está hecha para crisantemo estándar completamente abierto, por lo que como veremos más adelante, en el estudio sobre puntos de corte y vida de florero, las inflorescencias completamente abiertas alcanzaron diámetros de 12.0 cm.

Otro aspecto importante a considerar en la vida de postcosecha, y que contribuye a la calidad tanto del botón como de la vara floral, corresponde al color. Las clorofilas constituyen el pigmento fundamental de las hojas verdes. Los responsables del color violeta son las antocianinas, las cuales se encuentran en solución en las vacuolas. Sin embargo, los colores observados son muy dependientes del pH de la savia de la flor (Wills *et al.*, 1999).

Cuadro 23. Grado de calidad para crisantemo variedad Snow Eleonora cosechado parcialmente abierto

Grado	Fino	Estándar	Corto
Diámetro mínimo	14 cm	12 cm	10 cm
Longitud mínima flor + tallo	76 cm	76 cm	61 cm
CRISANTEMO SNOW ELEONORA	NO CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE

Respecto a la altura, si bien se alcanzaron en promedio longitudes de 1.20 m (consideradas hasta la base de la inflorescencia), excepto para el testigo (Cuadro 23), cuando se cosechan los tallos florales se eliminan las hojas basales, que regularmente están secas. No obstante sí se cumple con la calidad especificada para el grado estándar, e incluso fino.

El estado de completa apertura del botón floral sería para el caso de las flores un indicador de la madurez comercial, la cual en sí es difícil determinar, ya que corresponden a atributos subjetivos y específicos, dependientes de los gustos de

los consumidores y del segmento al cual va dirigido el producto. En términos generales, el tamaño y la forma del botón o la vara floral corresponden a un índice importante de la madurez comercial en los productos ornamentales (Wills *et al.*, 1999).

Como conclusión, se obtuvieron tallos florales de crisantemo de buena calidad comercial, con un grado estándar, considerando que algunas inflorescencias completamente abiertas de los tratamientos con soluciones nutritivas a una concentración de 12.5 y 37.5% sobrepasaron los 12 cm de diámetro.

5.7. Vida de florero y apertura floral.

5.7.1. Elección de puntos de corte.

Según Reid y Dodge (2002), los crisantemos estándar se pueden cosechar en un estado de desarrollo 2 (cuando la inflorescencia tiene un diámetro de 5 cm) o en el estado 3 (cuando la inflorescencia tiene un diámetro de 9 cm), que es cuando las inflorescencia comienzan a abrir, o bien en el estado 4 (inflorescencias con diámetro de 12 cm) cuando el peso fresco de las inflorescencias es la mitad del de las inflorescencias completamente desarrolladas. Los crisantemos que se cosechan en estado más compacto que los del estado 2 tienen dificultad para abrir y cuando las flores abren tienen un diámetro pequeño. Considerando lo anterior, se eligieron 5 puntos de corte, según se muestra en la Figura 10.

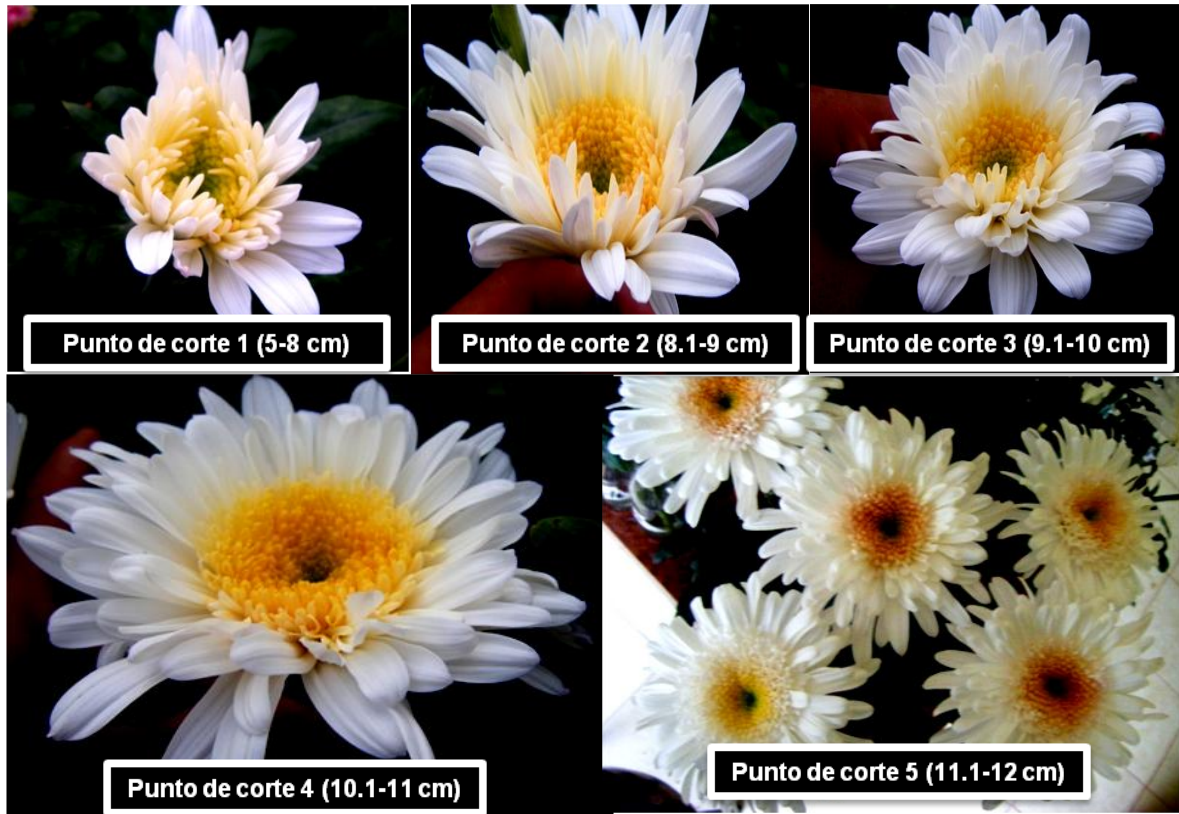


Figura 10. Fotografías que muestran los 5 puntos de corte (cm) para evaluar vida de florero.

5.7.2. Vida de florero

Dos procesos metabólicos ocurren durante la senescencia de pétalos: el incremento en la respiración y la hidrólisis de componentes celulares (Halevy y Mayak, 1979). Los factores que provocan la senescencia de la flor de corte son: disminución de la absorción de agua debido al bloqueo de los tallos, pérdida de agua por mal manejo, bajo nivel de carbohidratos para mantener la respiración, presencia de plagas y enfermedades y la exposición al etileno (Nelson, 1979). De acuerdo con Reid y Dodge (2002), el azúcar no es necesario como parte de la “solución de florero” pues no beneficia la apertura de los crisantemos.

La Figura 11 muestra la vida de florero en días para crisantemo.

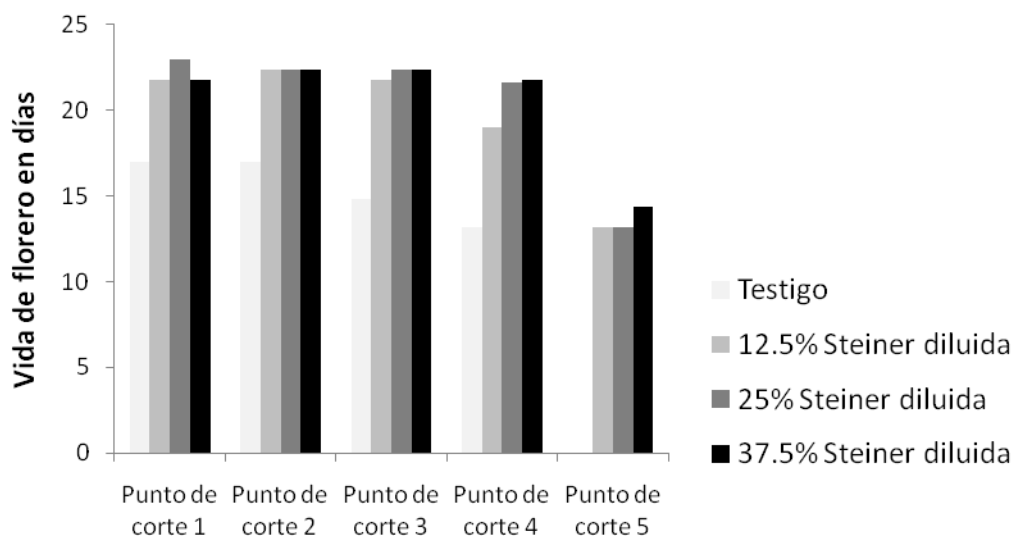


Figura 11. Vida de florero en días en crisantemo variedad Snow Eleonora

Las flores cosechadas cuando el diámetro de inflorescencia fue de 11.1 y 12 cm (punto de corte 5), tuvieron una menor vida de florero (13 días para la solución de Steiner al 12.5 y 25% y 14 días para 37.5%).

Para el punto de corte 4 (tamaño de inflorescencia de 10.1 a 11 cm) los tratamientos que tuvieron mayor concentración de la solución Steiner (25 y 37.5%) tuvieron la mayor vida de florero (21 días), y la menor vida de florero fue para el testigo.

En el punto de corte 3, 2 y 1 el testigo tuvo la menor vida de florero, y los tratamientos con solución de Steiner independientemente de su concentración tuvieron una vida de florero más larga (21-22 días).

En los puntos de corte 1, 2 y 3 los tallos florales tuvieron una larga vida de florero; sin embargo, es importante analizar el tamaño de inflorescencia.

El Cuadro 24 muestra el análisis estadístico de la vida de florero en los 5 puntos de corte para crisantemo.

Cuadro 24. Vida de florero en días¹ para diferentes puntos de corte en crisantemo variedad Snow Eleonora

Tratamiento	Puntos de corte (cm)				
	1 (5.0-8.0)	2 (8.1-9.0)	3 (9.1-10.0)	4 (10.1-11.0)	5 (11.1-12.0)
12.5%	21.8a	22.4a	21.8a	19.0a	13.2a
25%	23.0a	22.4a	22.4a	21.6a	13.2a
37.5%	21.8a	22.4a	22.4a	21.8a	14.4a
Testigo	17.0b	17.0b	14.8b	13.2b	*
DMS	2.10	2.10	2.31	4.36	3.26

¹Cada dato es el promedio de 5 repeticiones.

Valores seguidos de letras iguales en cada columna indican que los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas ($\alpha=0.05$).

*Las inflorescencias no alcanzaron el diámetro especificado.

Para todos los puntos de corte los tratamientos con solución Steiner diluida (12.5, 25 y 37.5%) produjeron efectos similares sobre la vida de florero; mientras que, en los puntos de corte 2, 3, 4 y 5 el tratamiento a 37.5% fue el mejor, y para el punto de corte 1 el de 25%. En todos los puntos de corte el testigo tuvo la menor vida de florero.

No obstante que los puntos de corte 1, 2 y 3 tuvieron una larga vida de florero, es importante señalar el tamaño de las inflorescencias, lo que se discutirá más adelante.

En esta parte del estudio también se utilizó la solución comercial Crystal para los mismos puntos de corte y con 5 repeticiones. La Figura 12 muestra la vida de florero con solución preservativa Crystal.

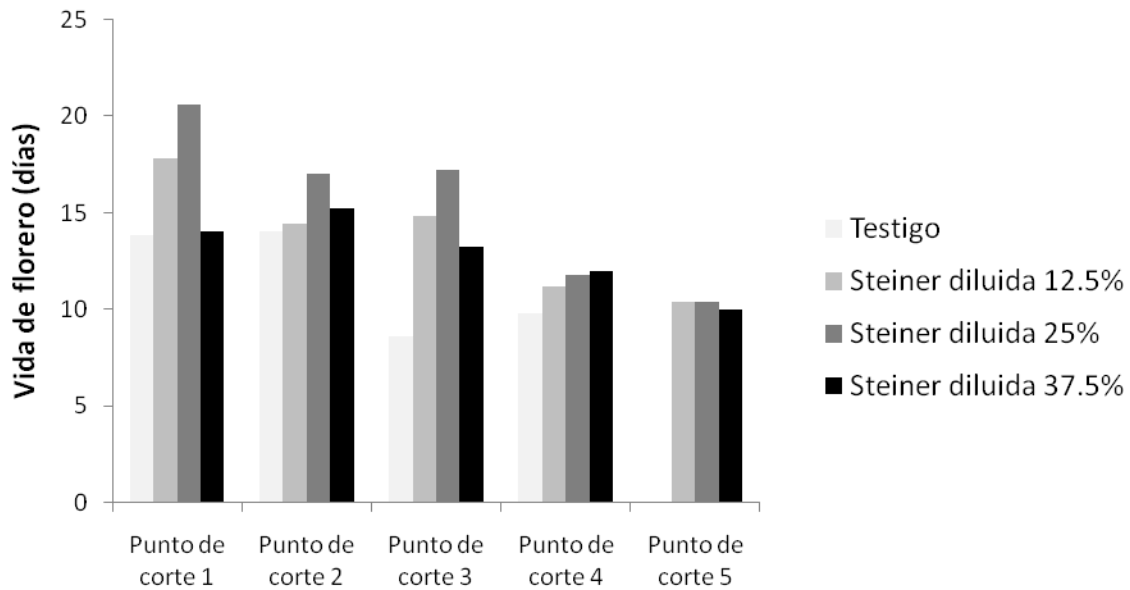


Figura 12. Vida de florero con solución preservativa en crisantemo variedad Snow Eleonora

Como observamos en la Figura 12, para el punto de corte 1 la vida de florero fue mayor para los tratamientos de solución Steiner a 12.5 y 25%. No hubo efecto positivo sobre la vida de florero con solución nutritiva de Steiner al 12.5%. Para el punto de corte 2, la solución Steiner diluida al 12.5% presentó una vida de florero mayor y los demás tratamientos fueron similares. En el punto de corte 3, las soluciones nutritivas al 12.5 y 25% presentaron mayor vida de florero. Para el punto de corte 4 los tratamientos de solución Steiner diluida (12.5, 25 y 37.5%) no presentaron diferencias y para el punto de corte 5, tampoco hubo diferencias entre tratamientos con solución Steiner diluida.

La solución comercial Crystal Clear™ contiene ácido cítrico (concentración no especificada por Floralife®), biocida y azúcares. El ácido cítrico en solución de 0.3 mgL⁻¹, aportado en postcosecha, baja el pH, con lo cual disminuye la presencia de flora microbiana en el agua utilizada para conservar las flores. La adición ácido cítrico en postcosecha en varas de Lisianthus no aumentaron el número de flores

abiertas, el diámetro y peso del botón, ni disminuyeron el número de flores senescentes (Loyola y Guzmán, 2009).

Es importante señalar que no hubo un efecto positivo en cuanto a alargar la vida de florero con el uso de la solución preservativa, más bien disminuyó, en relación al uso de agua corriente. De hecho en los puntos de corte 1 y 2, en donde la solución preservativa debió tener mayor efecto en aumentar la vida de florero, ésta disminuyó.

Es importante destacar el tamaño de la inflorescencia en los 5 puntos de corte, situación que se analizará más adelante.

El Cuadro 25 muestra el análisis estadístico de la vida de florero utilizando la solución preservativa Crystal.

Cuadro 25. Vida de florero con solución preservativa Crystal en crisantemo variedad Snow Eleonora.

Tratamiento	Puntos de corte (cm)				
	1 (5.0-8.0)	2 (8.1-9.0)	3 (9.1-10.0)	4 (10.1-11.0)	5 (11.1-12.0)
12.5%	17.8ab	14.4a	14.8ab	11.20ab	10.4a
25%	20.6a	17.0a	17.2a	11.80a	10.4a
37.5%	14.0b	15.2a	13.2b	12.00a	10.0a
Testigo	13.8b	14.0a	8.60c	9.80b	*
DMS	4.21	4.05	3.61	1.83	

¹Cada dato es el promedio de 5 repeticiones.

Valores seguidos de letras iguales en cada columna indican que los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas ($\alpha=0.05$).

*Las inflorescencias no alcanzaron el diámetro especificado.

Para el punto de corte 1, los tratamientos 12.5 y 25% produjeron efectos iguales, siendo mejor el de 25% al alargar la vida de florero. Para el punto de corte 2 todos los tratamientos originaron efectos iguales y el mejor fue el de 25%. Para el punto de corte 3, se observaron efectos similares de los tratamientos 12.5 y 25% en vida de florero, siendo mejor este último. Para el punto de corte 4, los 3 tratamientos con solución de Steiner produjeron efectos iguales, y el mejor tratamiento fue el de

37.5%. Por último, para el punto de corte 5, los 3 tratamientos de Steiner diluida tuvieron efectos iguales.

Comparando los resultados obtenidos con solución preservativa (Cuadro 24) respecto a los de agua corriente (Cuadro 25), no hubo un efecto positivo de la solución preservativa en alargar la vida de florero, al contrario, los tallos florales senescieron más rápidamente.

5.7.2.1. Tamaño de inflorescencias.

1. Punto de corte 1 (50-80 mm).

La Figura 13 ilustra el diámetro de las inflorescencias para los tallos florales colocados en agua corriente, y la Figura 14 para los tallos en la solución preservativa (Crystal).

Los resultados corresponden al promedio de 5 repeticiones por cada tratamiento.

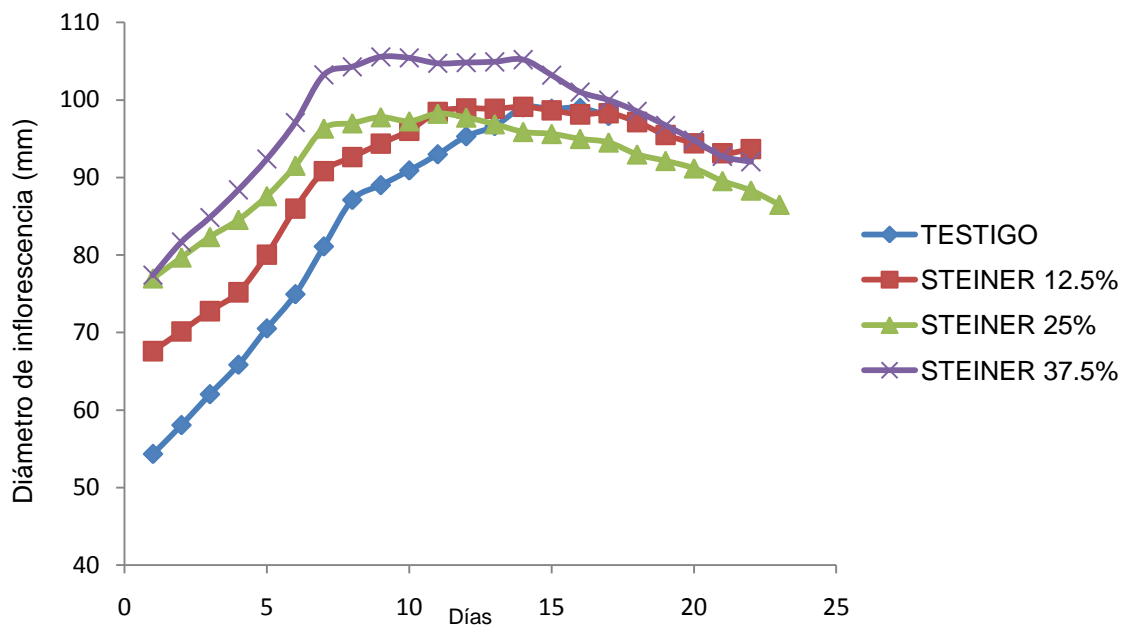


Figura 13. Diámetro de inflorescencias para el punto de corte 1 (50-80 mm) durante la vida de florero con agua corriente

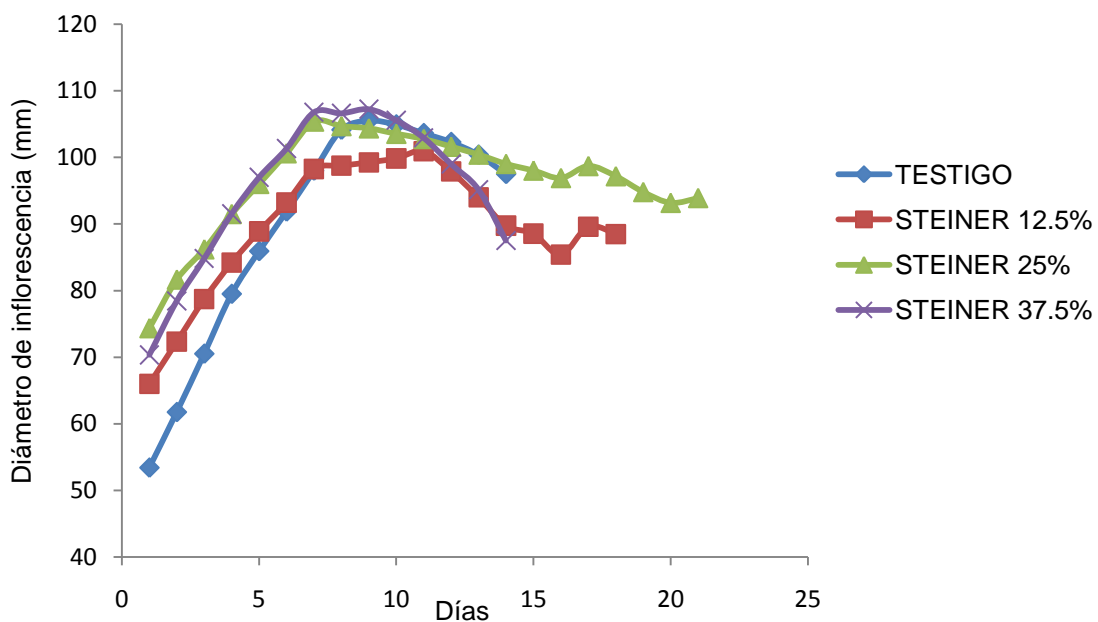


Figura 14. Diámetro de inflorescencias para el punto de corte 1 (50-80 mm) durante la vida de florero con solución preservativa

El Cuadro 26 resume la vida de florero y el tamaño de las inflorescencias utilizando agua y solución preservativa durante la vida de florero de crisantemo.

Cuadro 26. Vida de florero y tamaño máximo de inflorescencia para crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechado en punto de corte 1 (50-80 mm), utilizando agua corriente y solución preservativa Crystal

Tratamiento	Vida de florero (días)		Tamaño de inflorescencia (mm) ¹	
	Agua	Crystal	Agua	Crystal
Testigo	17	14	99	106
12.5%	22	18	99	101
25%	23	21	99	105
37.5%	22	14	106	107

¹Cada dato corresponde al promedio de 5 repeticiones. El tamaño de inflorescencia corresponde al máximo alcanzado durante la vida de florero, y no siempre fue en el mismo día para cada tratamiento (ver Figuras 14 y 15).

Las Figuras 13 y 14 muestran que el tamaño máximo de inflorescencia fue registrado en el tratamiento consistente en solución nutritiva de Steiner al 37.5%. La solución preservativa tuvo un efecto positivo al aumentar el diámetro de inflorescencias; el mayor efecto se observa los tratamientos testigo y 25%, al aumentar el diámetro de las inflorescencias en 7 y 6 mm, respectivamente. La solución preservativa disminuyó la vida de florero en los tallos florales (hasta 8 días menos para el tratamiento 37.5% de solución de Steiner).

No obstante el efecto de disminuir la vida de florero, la apariencia de las inflorescencias fue mejor en los tallos con solución preservativa Crystal (Figura 15). Esto se observó en todos los tratamientos.



Figura 15. Fotografías de la apariencia de los tallos florales con agua corriente y con solución preservativa para el punto de corte 1.

2. Punto de corte 2 (81-90 mm).

La Figura 16 ilustra el diámetro de las inflorescencias para los tallos florales colocados en agua corriente, y la Figura 17 en la solución preservativa (Crystal). Los resultados corresponden al promedio de 5 repeticiones por cada tratamiento.

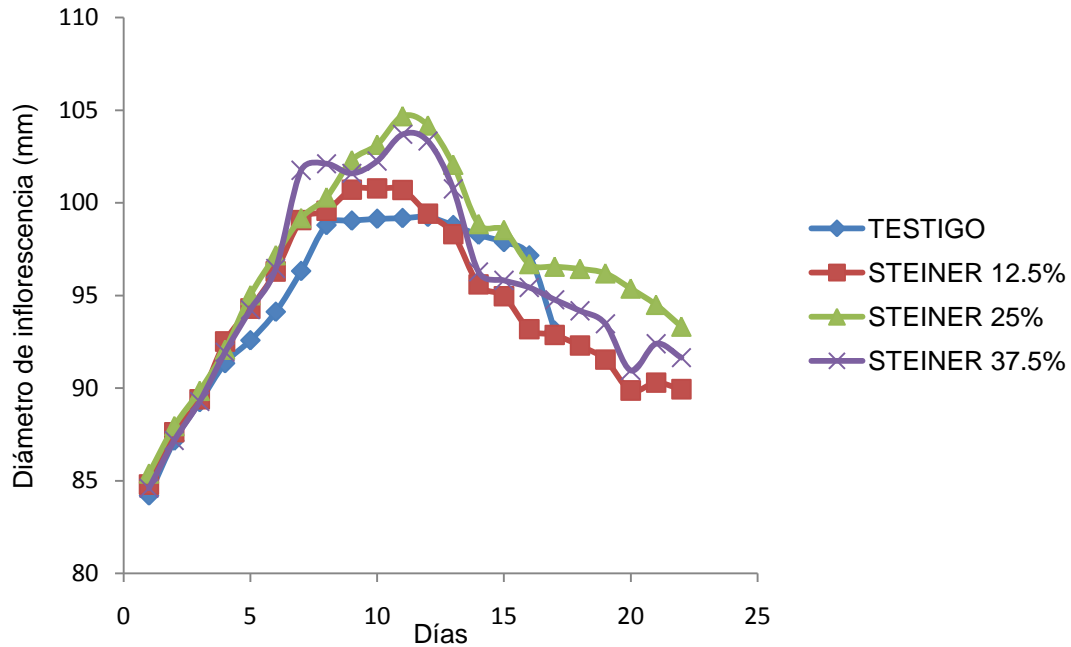


Figura 16. Diámetro de inflorescencias para el punto de corte 2 (81-90 mm) durante la vida de florero con agua corriente

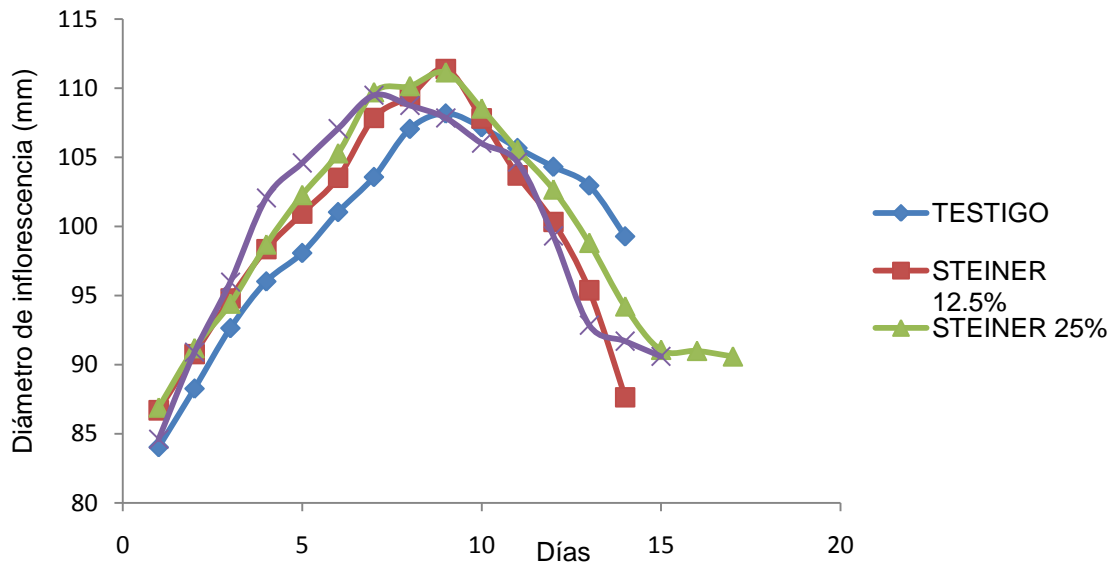


Figura 17. Diámetro de inflorescencias para el punto de corte 2 (81-90 mm) durante la vida de florero con solución preservativa

El Cuadro 27 resume la vida de florero y el tamaño de las inflorescencias utilizando agua y solución preservativa de crisantemo.

Cuadro 27. Vida de florero y tamaño máximo de inflorescencia para crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechado en punto de corte 2 (81-90 mm), utilizando agua corriente y solución preservativa

Tratamiento	Vida de florero (días)		Tamaño de inflorescencia (mm) ¹	
	Agua	Crystal	Agua	Crystal
Testigo	17	14	99	109
12.5%	22	14	101	111
25%	22	17	105	111
37.5%	22	15	104	108

¹Cada dato corresponde al promedio de 5 repeticiones. El tamaño de inflorescencia corresponde al máximo alcanzado durante la vida de florero, y no siempre fue en el mismo día para cada tratamiento (ver Figura 17 y 18).

Las Figuras 16 y 17 muestran que el tamaño máximo de inflorescencia se tuvo con solución Steiner diluida al 25%. Los tallos colocados en agua y en los tratamientos con soluciones a las concentraciones 25 y 37.5% tuvieron el mayor tamaño de inflorescencia; sin embargo, cuando se utilizó la solución preservativa, los tratamientos 12.5 y 25% fueron en los que se registró el mayor diámetro.

La solución preservativa aumentó el diámetro de las inflorescencias hasta en 10 mm, para los tratamientos testigo y 12.5%. En 25 y 37.5% aumentó el diámetro en 6 y 4 mm, respectivamente. La solución preservativa disminuyó la vida de florero en los tallos florales hasta en 8 y 7 días menos de vida de florero para los tratamientos 12.5 y 37.5% de solución Steiner, respectivamente. No obstante el efecto de disminuir la vida de florero de los tallos florales, la apariencia de las inflorescencias fue mejor en los tallos con solución preservativa. Éstos tuvieron las flores liguladas más desarrolladas, aunque las flores radiales senescieron rápidamente, lo cual se observó en todos los tratamientos.

3. Punto de corte 3 (91-100 mm).

La Figura 18 ilustra el diámetro de las inflorescencias para los tallos florales colocados en agua corriente, y la Figura 19 para los colocados en la solución

preservativa (Crystal). Los resultados corresponden al promedio de 5 repeticiones por cada tratamiento.

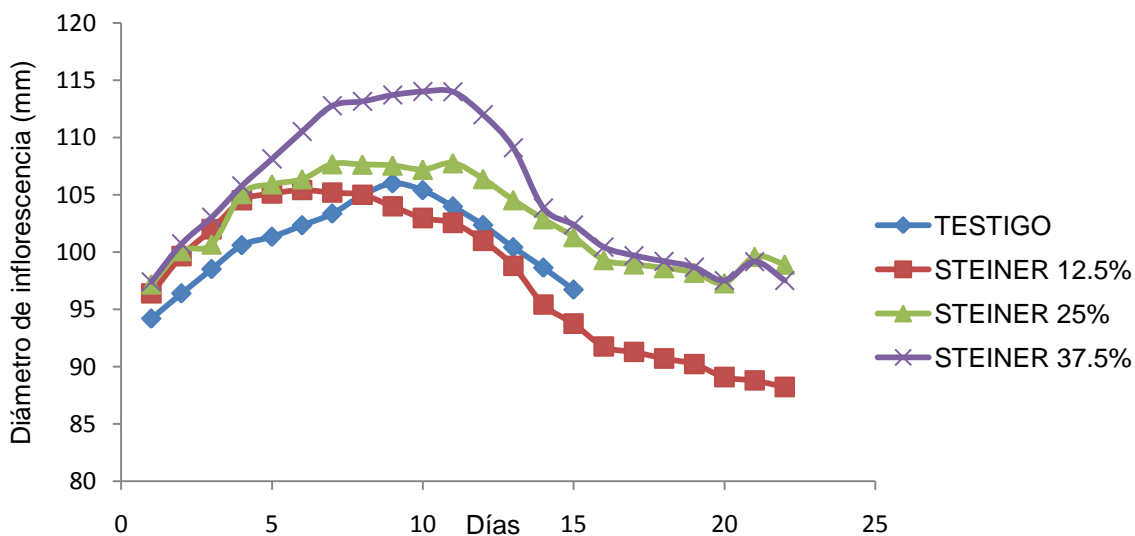


Figura 18. Diámetro de inflorescencias para el punto de corte 3 (91-100 mm) durante la vida de florero con agua corriente

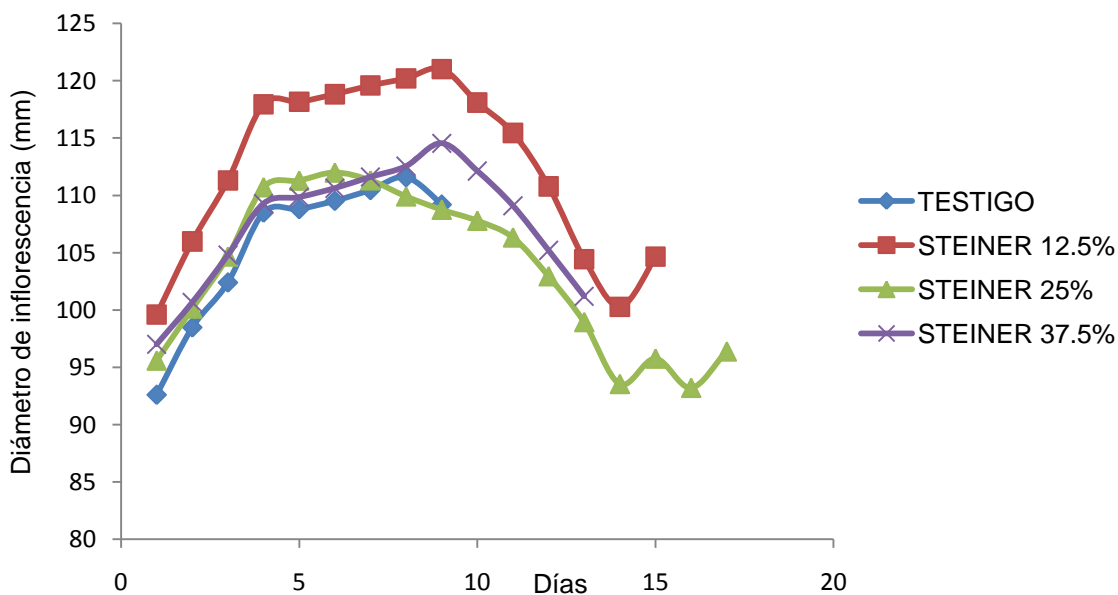


Figura 19. Diámetro de inflorescencias para el punto de corte 3 (91-100 mm) durante la vida de florero con agua solución preservativa

El Cuadro 28 resume la vida de florero y el tamaño de las inflorescencias utilizando agua y solución preservativa de crisantemo.

Cuadro 28. Vida de florero y tamaño máximo de inflorescencia para crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechado en punto de corte 3 (91-100 mm), utilizando agua corriente y solución preservativa

Tratamiento	Vida de florero (días)		Tamaño de inflorescencia (mm) ¹	
	Agua	Crystal	Agua	Crystal
Testigo	15	9	106	112
12.5%	22	15	105	121
25%	22	17	108	112
37.5%	22	13	114	115

¹Cada dato corresponde al promedio de 5 repeticiones. El tamaño de inflorescencia corresponde al máximo alcanzado durante la vida de florero, y no siempre fue en el mismo día para cada tratamiento (ver Figura 19 y 20).

En los tallos colocados en agua, 37.5% tuvo el mayor tamaño de inflorescencia; sin embargo, cuando se utilizó la solución preservativa en tallos producidos usando la solución nutritiva de Steiner a 12.5% se registró el mayor diámetro.

La solución preservativa presentó mayores diámetros de las inflorescencias hasta en 16 mm, para el tratamiento de 12.5%; en el tratamiento testigo tan solo aumentó 6 mm; en ambos casos en comparación con aquellas en vida de florero con agua corriente. En los tratamientos 25 y 37.5% aumentó el diámetro en 4 y 1 mm, respectivamente. La solución preservativa disminuyó la vida de florero en los tallos florales en 9 y 7 días para los tratamientos con solución Steiner diluida al 37.5 y 12.5%, respectivamente.

No obstante el efecto de disminuir la vida de florero de los tallos florales, la calidad de las inflorescencias fue mejor en los tallos con solución preservativa (Figura 20). Estos tuvieron las flores liguladas más desarrolladas, aunque las flores radiales senescieron rápidamente. Este comportamiento se observó en todos los tratamientos.



Figura 20. Fotografías de apariencia de inflorescencias con agua corriente (izquierda) y con solución preservativa (derecha) para el punto de corte 3.

4. Punto de corte 4.

La Figura 21 ilustra el diámetro de las inflorescencias para los tallos florales colocados en agua corriente, y la Figura 22 para los colocados en la solución preservativa (Crystal).

Los resultados corresponden al promedio de 5 repeticiones por cada tratamiento.

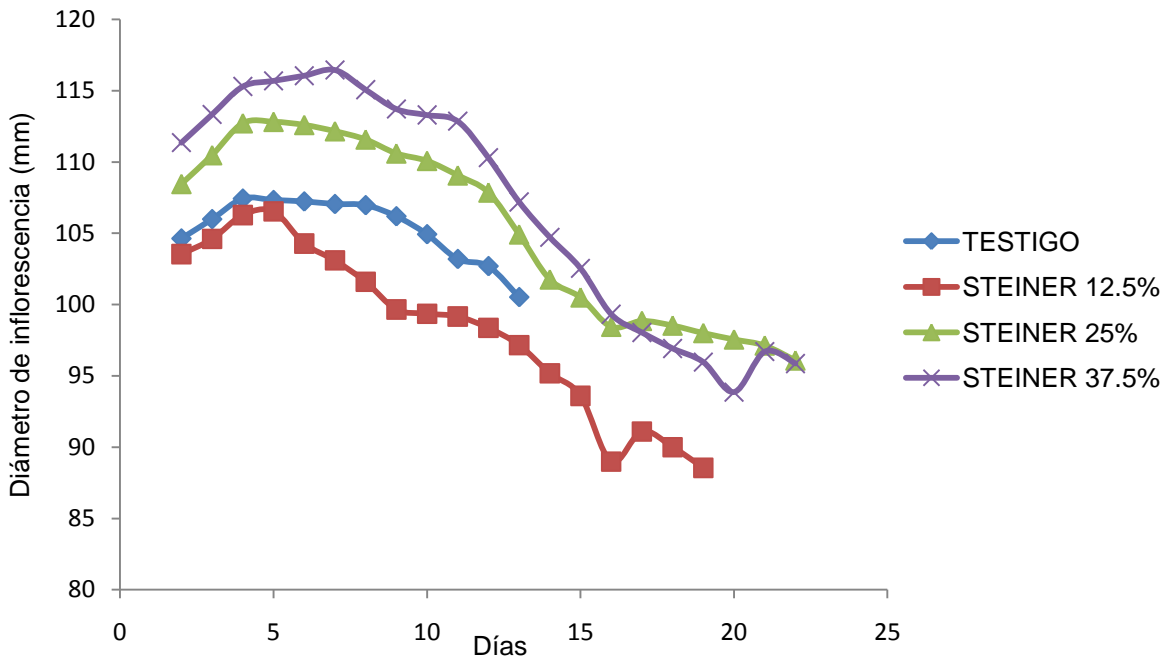


Figura 21. Diámetro de inflorescencias para el punto de corte 4 (101-110 mm) durante la vida de florero con agua corriente

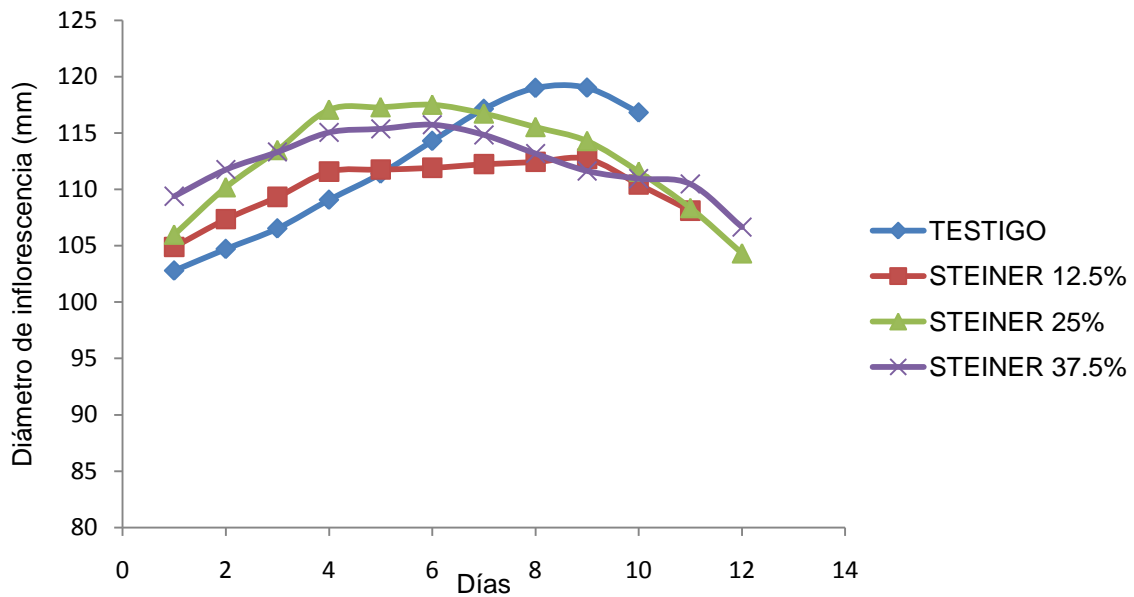


Figura 22. Diámetro de inflorescencias para el punto de corte 4 (101-110 mm) durante la vida de florero con solución preservativa

El Cuadro 29 resume la vida de florero y el tamaño de las inflorescencias utilizando agua y solución preservativa de crisantemo.

Cuadro 29. Vida de florero y tamaño máximo de inflorescencia para crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechado en punto de corte 4 (101-110 mm), utilizando agua corriente y solución preservativa

Tratamiento	Vida de florero (días)		Tamaño de inflorescencia (mm) ¹	
	Agua	Crystal	Agua	Crystal
Testigo	13	10	107	119
12.5%	19	11	107	113
25%	22	12	113	118
37.5%	22	12	117	116

¹Cada dato corresponde al promedio de 5 repeticiones. El tamaño de inflorescencia corresponde al máximo alcanzado durante la vida de florero, y no siempre fue en el mismo día para cada tratamiento (ver Figura 22 y 23).

En los tallos colocados en agua, 37.5% tuvo el mayor tamaño de inflorescencia; sin embargo, cuando se utilizó la solución preservativa en los tallos considerados testigo se registró el mayor diámetro. La solución preservativa aumentó el diámetro de las inflorescencias hasta en 12 mm, para el tratamiento testigo en comparación con aquellas que estuvieron en agua; en el tratamiento 12.5% tan solo aumentó 6 mm. En el tratamiento a 25% de concentración de la solución nutritiva de Steiner aumentó el diámetro en 5 mm, y en 37.5% disminuyó en 1 mm. La solución preservativa disminuyó la vida de florero en los tallos florales en 10 días en los tratamientos 37.5 y 25%.

No obstante el efecto de disminuir la vida de florero de los tallos florales, la calidad de las inflorescencias fue mayor en los tallos con ésta, en los tallos de tratamientos testigo y 12.5% (Figura 23). Estos tuvieron las flores liguladas más desarrolladas, aunque las flores radiales senescieron rápidamente.



Figura 23. Fotografías de apariencia de inflorescencias con agua corriente (izquierda) y con solución preservativa (derecha) para el punto de corte 4.

5. Punto de corte 5.

La Figura 24 muestra el diámetro de las inflorescencias para los tallos florales colocados en agua corriente, y la Figura 25 para los colocados en la solución preservativa (Crystal).

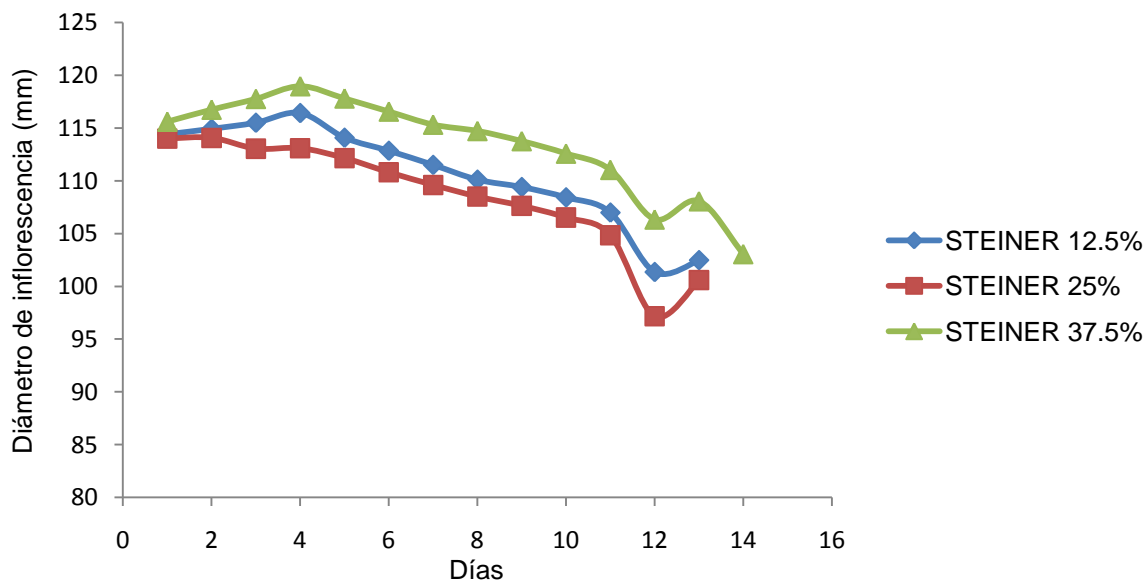


Figura 24. Diámetro de inflorescencias para el punto de corte 5 (111-120 mm) durante la vida de florero con agua corriente

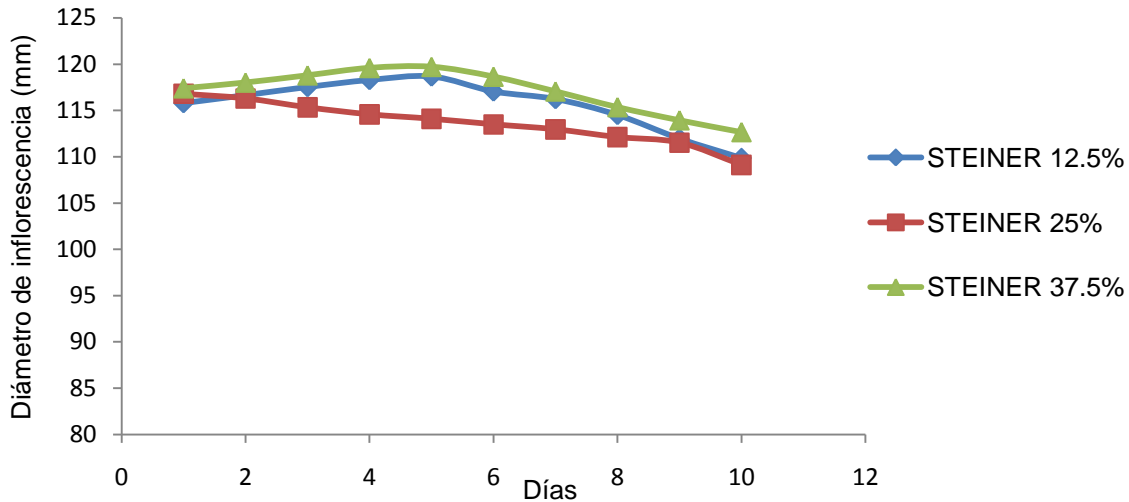


Figura 25. Diámetro de inflorescencias para el punto de corte 5 (111-120 mm) durante la vida de florero con solución preservativa

El Cuadro 30 resume la vida de florero y el tamaño de las inflorescencias utilizando agua y solución preservativa de crisantemo.

Cuadro 30. Vida de florero y tamaño máximo de inflorescencia para crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechado en punto de corte 5 (111-120 mm), utilizando agua corriente y solución preservativa

Tratamiento	Vida de florero (días)		Tamaño de inflorescencia (mm) ¹	
	Agua	Crystal	Agua	Crystal
12.5%	13	10	116	119
25%	13	10	114	117
37.5%	14	10	119	120

¹Cada dato corresponde al promedio de 5 repeticiones. El tamaño de inflorescencia corresponde al máximo alcanzado durante la vida de florero, y no siempre fue en el mismo día para cada tratamiento (ver Figura 25 y 26).

Los tallos colocados en agua y solución preservativa, para el tratamiento con solución nutritiva de Steiner al 37.5% tuvieron el mayor tamaño de inflorescencia. La solución preservativa aumentó el diámetro de las inflorescencias hasta en 3 mm, para los tratamientos de solución Steiner al 12.5 y 25%; en el tratamiento 37.5% tan solo aumentó 1 mm.

La solución preservativa Crystal disminuyó la vida de florero en los tallos florales; hasta 4 días en el tratamiento 37.5% y 3 días para los tratamientos 12.5 y 25%.

La calidad de las inflorescencias fue la misma en los tallos con solución preservativa y con agua. Las flores liguladas tuvieron el mismo desarrollo, y las flores radiales senescieron rápidamente.

El empleo de la solución preservativa Crystal en la vida de florero incrementó el diámetro de la inflorescencia en comparación con el uso de agua corriente, independientemente del tratamiento aplicado. Esto se debe a que los azúcares proporcionados con la solución preservativa Chrysal aceleraron y aumentaron la apertura de las inflorescencias.

El control que el ácido cítrico ejerce sobre los microorganismos presentes en el agua, utilizada para el almacenamiento de las varas de *Lisianthus*, está dado por la reducción de pH en dicho medio y con esto afectaría directamente a las bacterias que estuvieran presentes en ella, puesto que los cambios bruscos en el pH del medio circundante en el que se desarrollan los microorganismos pueden resultar letales para ellos, debido a que afectan su membrana plasmática, causando cambios en la homeostasis celular (Loyola y Guzmán, 2009).

Chahín *et al.* (2002) señalan que los microorganismos que se desarrollan en agua utilizada para el almacenamiento impedirían el paso de la misma a través del xilema, debido a que se forma un tapón mucoso, el cual provoca la oclusión de los vasos conductores. Al respecto, Huber (1994) señaló que también se genera una oclusión de los vasos conductores, debido a sustancias gomosas, pectinas o carbohidratos provenientes de la rotura de las paredes celulares. Se señala además que los fenoles producto de la degradación de proteínas reaccionan con otros compuestos formando sustancias leñosas de carácter insoluble, como la

lignina, siendo todos estos compuestos los que contribuirían a obstruir los haces conductores.

En la floración únicamente se translocan los elementos almacenados en hojas (Arbos, 1992), y la sacarosa se transporta también de las hojas a los pétalos (Yamada *et al.*, 2006).

Si bien los tallos cosechados en puntos de corte 1, 2 y 3 tuvieron una buena apertura, la apariencia de las flores tubulares no fue la misma que con los puntos de corte 3, 4 y 5. Por lo tanto si se quiere una vida de florero larga, se pueden cosechar las inflorescencias en punto de corte 1, 2 y 3. Por otro lado se requiere de inflorescencias vistosas con flores tubulares desarrolladas, es recomendable cosechar en puntos de corte 4 y 5. Esto cuando los tallos se colocan en agua.

Loyola y Guzmán (2009) encontraron que la adición de 3 mL de ácido cítrico en 1 L de agua en postcosecha para varas de *Lisianthus* disminuyó el diámetro de los botones florales, mientras que 0,5 mL de ácido cítrico lo aumentó.

Ahora bien, si utilizamos la solución preservativa Crystal, se recomienda cosechar en puntos de corte 3, 4 y 5, pues las flores tubulares tienen un excelente desarrollo (inclusive mayor que cuando los tallos se colocan únicamente en agua para los mismos puntos de corte). En este caso sacrificaremos la vida de florero por la belleza de la apertura floral.

Sin duda el tratamiento a 37.5% presenta el mayor diámetro de inflorescencias para los puntos de corte 3, 4 y 5, en tallos colocados en agua, lo cual significa que la buena nutrición de estas plantas no necesita de la solución comercial Crystal.

Han (2003) señala a la sacarosa como el más abundante fotosintato proveniente del carbono, la cual es fuente fundamental para el desarrollo de los pétalos en

flores; por otra parte, Huang y Chen (2002) señalan que la aplicación de citoquinina exógena retrasaría el fenómeno de la senescencia ayudando al traslado de solutos desde las partes más viejas de la planta hacia los tejidos en formación.

Al respecto, Huber (1994) indica que existe un movimiento del azúcar en la planta provocado por la transpiración, lo cual lleva a una acumulación de carbohidratos en los tallos y hojas, para luego ser trasladados a los pétalos vía floema. Durante la transferencia de azúcar, desde el xilema al floema, ocurre una inversión catalizada por la enzima invertasa, la cual transforma la sacarosa en glucosa y fructosa. Una vez alcanzado el floema, los azúcares reducidos son utilizados para el metabolismo o bien, reconvertidos en sacarosa, la cual puede ser traslocada hacia otras áreas.

5.7.2.2. Pérdida de peso de tallos florales.

Durante la evaluación de la vida de florero en los tallos florales, se determinó su peso en fresco para los 5 puntos de corte. Los resultados están ordenados de acuerdo al punto de corte, utilizando agua corriente y solución preservativa.

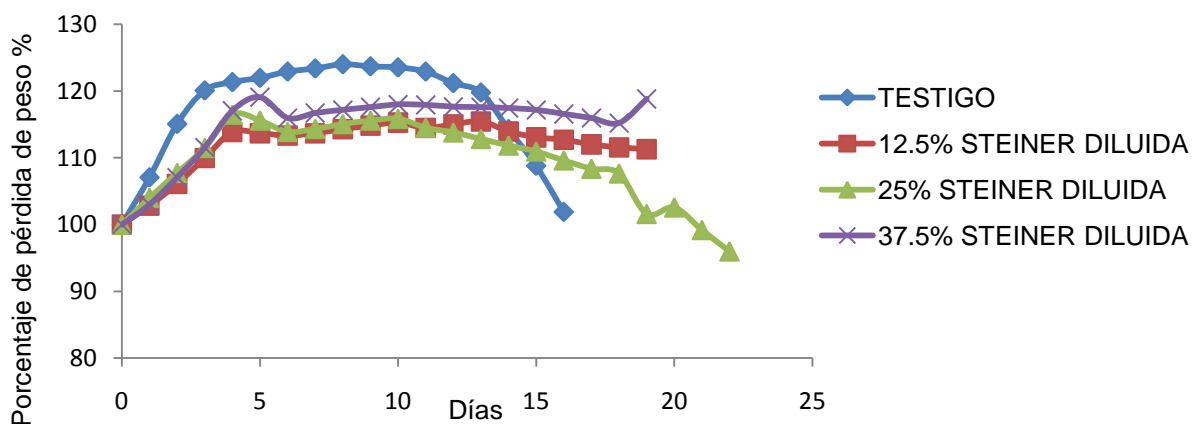


Figura 26. Porcentaje de pérdida de peso de tallos florales de crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechados en punto de corte 1 (50-80 mm) y colocados en agua

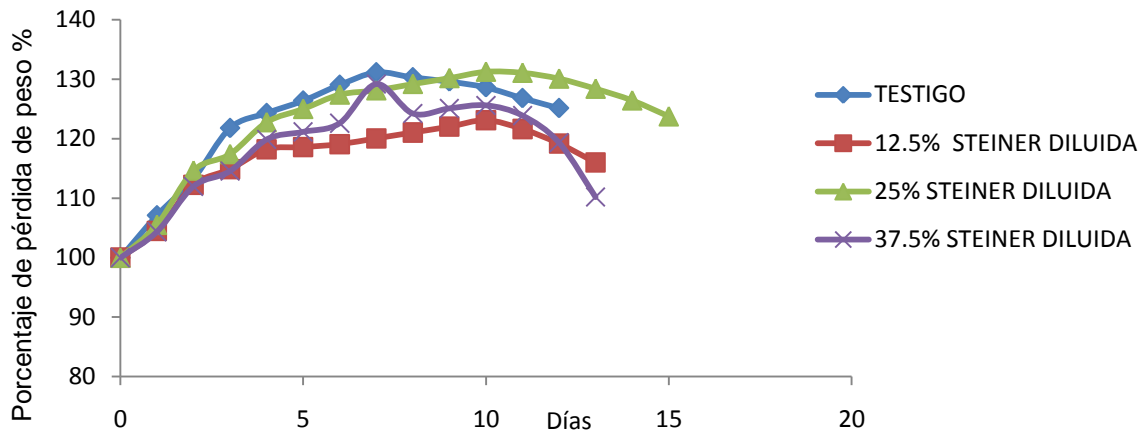


Figura 27. Porcentaje de pérdida de peso de tallos florales de crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechados en punto de corte 1 (50-80 mm), y colocados en solución preservativa

Para los tallos colocados en agua, la tendencia en la pérdida de peso fue similar para todos los tratamientos, excepto para el testigo, que absorbió y perdió agua rápidamente, por lo que su vida de florero fue corta (ver Cuadro 26 sobre vida de florero en tallos colocados en agua). Para los tallos en solución preservativa, el tratamiento de 25% y el testigo ganaron más peso, lo que justifica la mayor apertura de inflorescencias en relación a los que se colocaron en agua (ver Cuadro 26 sobre vida de florero en tallos colocados en solución preservativa). Los tallos en solución preservativa ganaron más peso que los que fueron colocados en agua.

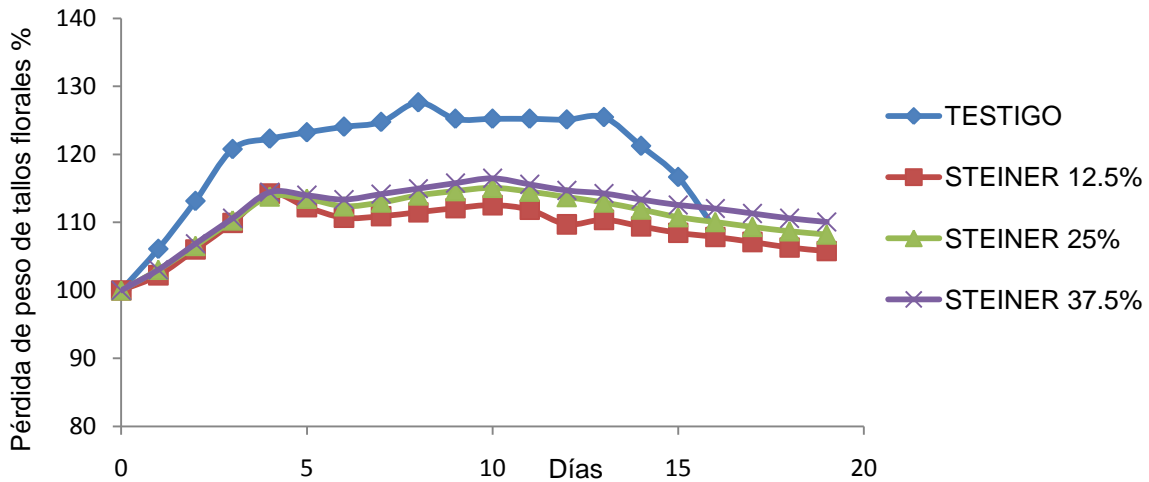


Figura 28. Porcentaje de pérdida de peso de tallos florales de crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechados en punto de corte 2 (81-90 mm), y colocados en agua

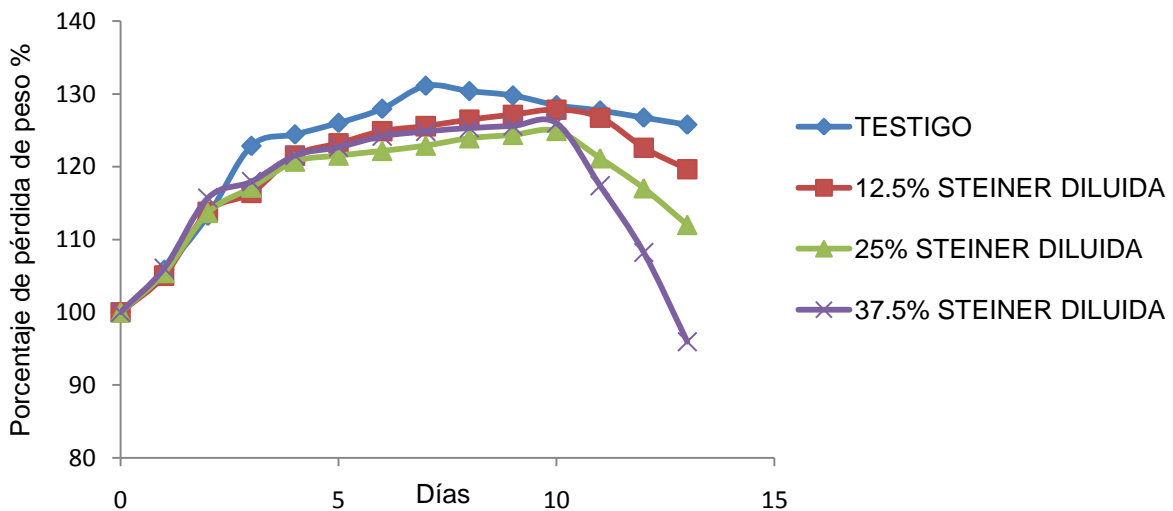


Figura 29. Porcentaje de pérdida de peso de tallos florales de crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechados en punto de corte 2 (81-90 mm), y colocados en solución preservativa

La tendencia fue la misma para los tallos en agua en los tratamientos con solución Steiner independientemente de su concentración, por lo tanto su vida de florero fue la misma, como se observa en el Cuadro 27. Aunque el testigo absorbió más agua que los demás tratamientos, su vida de florero fue corta (Cuadro 27). Los

tallos en solución preservativa ganaron más peso que los colocados en agua, lo que se reflejó en el aumento de la apertura (Cuadro 27).

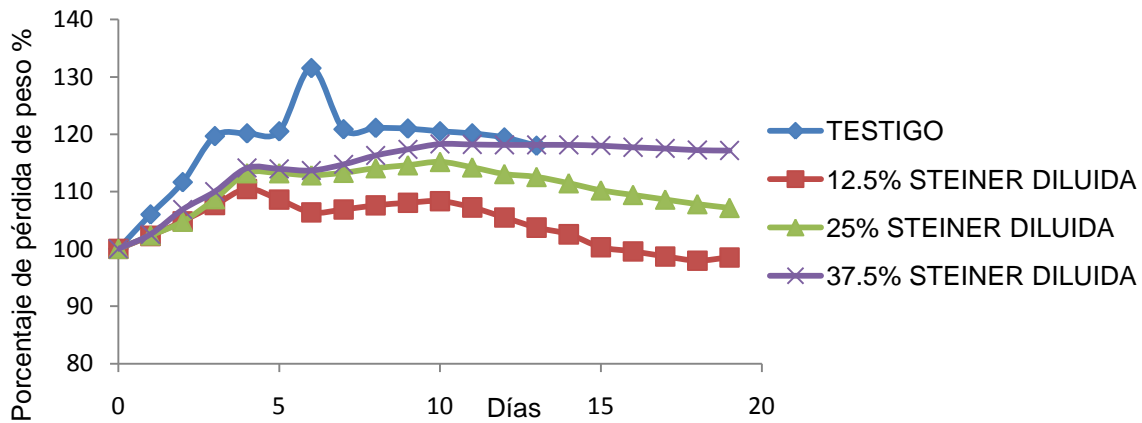


Figura 30. Porcentaje de pérdida de peso en tallo florales de crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechados en punto de corte 3 (91-100 mm), y colocados en agua

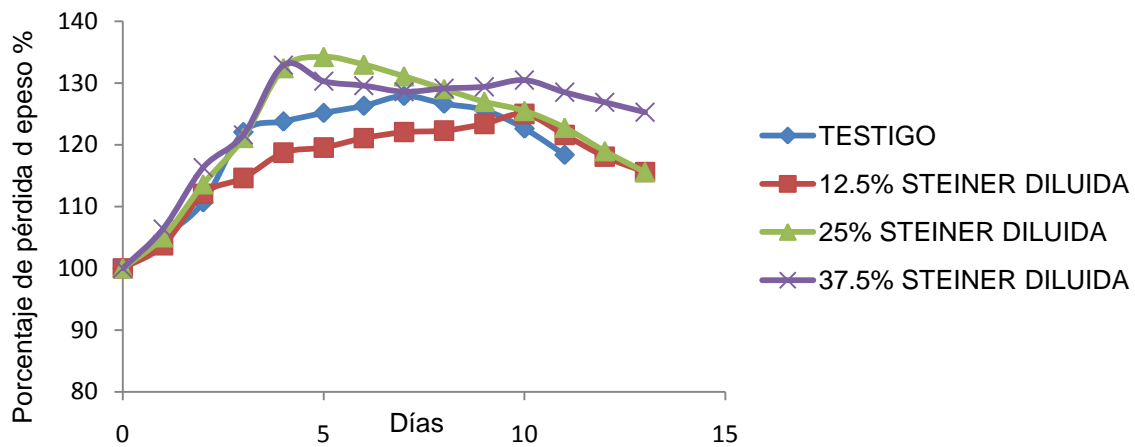


Figura 31. Porcentaje de pérdida de peso en tallo florales de crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechados en punto de corte 3 (91-100 mm), y colocados en solución preservativa

Para los tallos colocados en agua, 37.5% ganó más peso, siguiendo en ese orden 25% y 12.5%, no obstante todos tuvieron la misma vida en florero (Cuadro 28). El testigo absorbió más agua que los demás tratamientos, pero su vida de florero fue

corta. La solución preservativa tuvo efecto positivo al aumentar el tamaño de inflorescencia y la ganancia de peso, pero disminuyó la vida de florero.

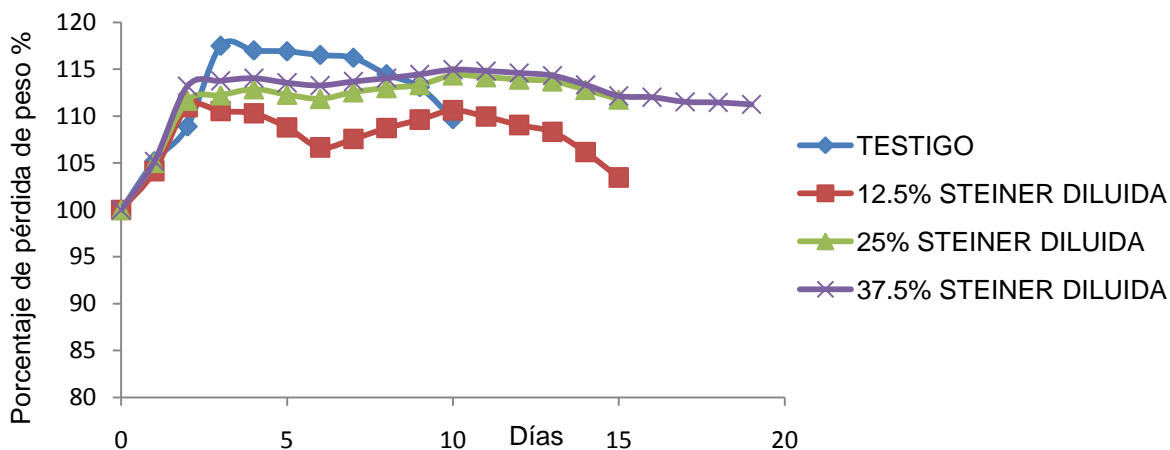


Figura 32. Porcentaje de pérdida de peso en tallo florales de crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechados en punto de corte 4 (101-110 mm), y colocados en agua

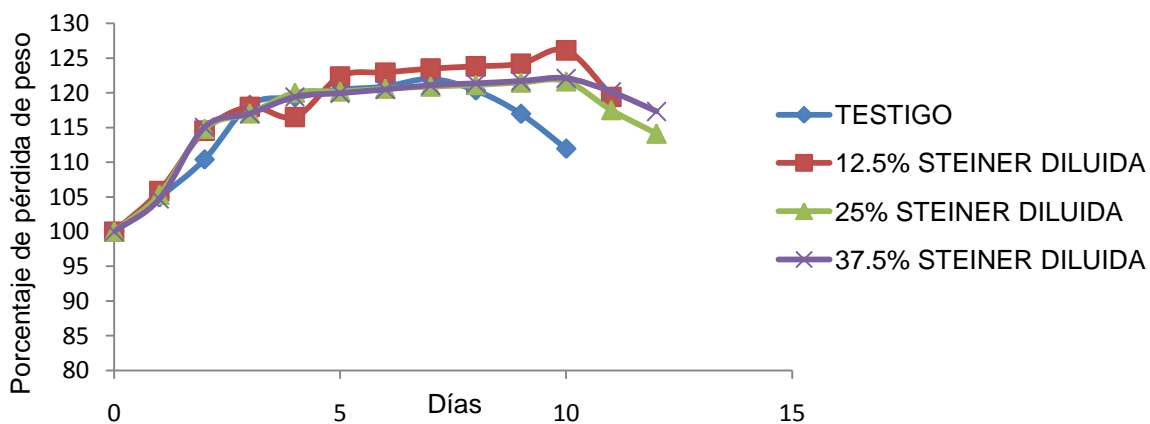


Figura 33. Porcentaje de pérdida de peso en tallos florales de crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechados en punto de corte 4 (101-110 mm), y colocados en solución preservativa

La Figura 33 muestra que los tallos colocados en agua, para los tratamientos 25 y 37.5% de Steiner, ganaron más peso que 12.5%, por lo que su vida de florero fue más larga (Cuadro 29). Aunque el testigo absorbió más agua que los demás, su vida de florero fue corta al perder peso rápidamente.

Para los tallos colocados en solución preservativa (Figura 29), la tendencia fue la misma en todos los tratamientos, y los tallos ganaron más peso en relación a los que fueron colocados en agua; la apertura fue mayor.

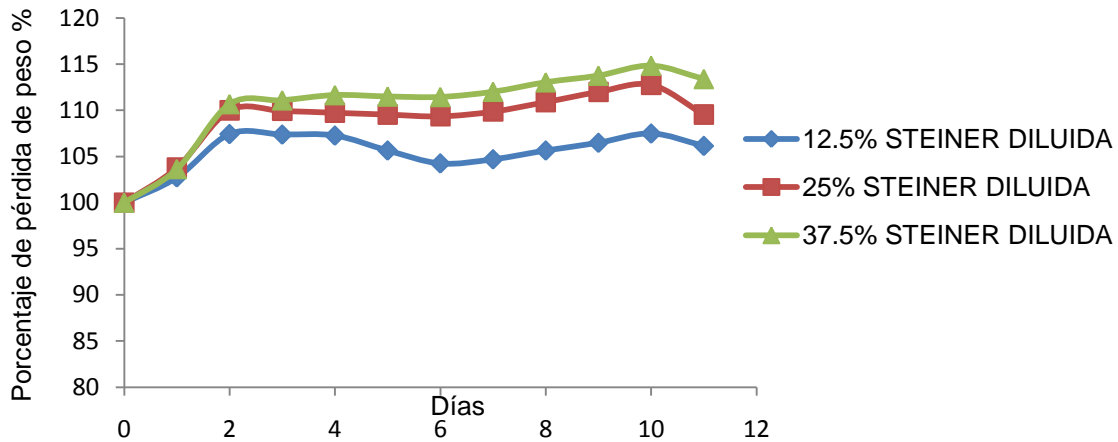


Figura 34. Porcentaje de pérdida de peso de tallos florales de crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechados en punto de corte 5 (111-120 mm), y colocados en agua

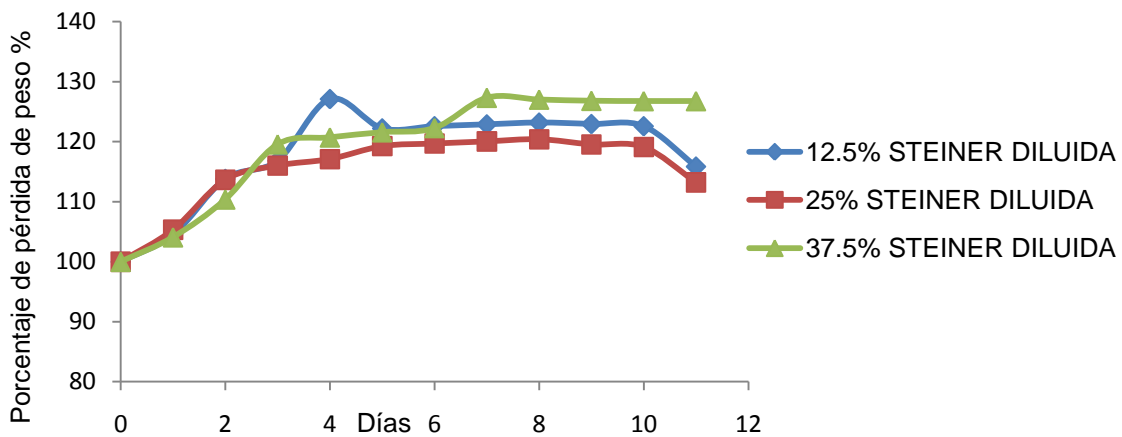


Figura 35. Porcentaje de pérdida de peso de tallos florales de crisantemo variedad Snow Eleonora, cosechados en punto de corte 5 (111-120 mm) y colocados en solución preservativa

De acuerdo a la Figura 35, los tallos colocados en agua siguieron la misma tendencia en ganancia y pérdida de peso; 37.5% ganó más peso, y tuvo una vida de florero más larga (Cuadro 30).

La Figura 36 ilustra una tendencia similar en ganancia y pérdida de peso; la ganancia en peso fue mayor en los tallos colocados en solución preservativa en relación a los que estuvieron en agua, lo cual justifica su mayor apertura (Cuadro 30).

Loyola y Guzmán (2009) encontraron que hubo diferencias entre plantas de *Lisianthus* tratadas con 0.3 y 0.5 mL de ácido cítrico en 1 L de agua en postcosecha, presentando pesos de botones iguales. El ácido cítrico aplicado en postcosecha mejoró la absorción de agua y por tanto aumentó el peso del botón, respecto a varas de *Lisianthus* colocadas en agua.

En general, la solución preservativa tuvo un efecto positivo en la ganancia de peso de los tallos florales para todos los tratamientos y puntos de corte, aumentando la apertura floral. No obstante la vida de florero se acortó.

Huber (1994), trabajando con gladiolos, reporta que las flores una vez cortadas y puestas en agua inicialmente aumentaron su peso y luego éste decreció; lo anterior se debería a que el corte de la vara desde la planta se realizó en seco, lo que ocasionó un déficit de agua en las células de las plantas a nivel de tallo, y por consiguiente disminuyó el potencial hídrico en los tejidos, creando un efecto de capilaridad, lo que una vez ubicadas las varas en el florero favorecería la absorción de agua. Sin embargo, al aumentar el contenido de agua en los tejidos, al inicio de la vida en florero, el potencial disminuye y por tanto el gradiente de presión es menor, por lo que el consumo de agua de la vara va decreciendo. No obstante, las flores de corte suelen proveerse de agua durante parte o todo el período posproducción (Wills *et al.*, 1999).

Para los tallos colocados en agua, los que absorbieron la mayor cantidad tuvieron una vida en florero más larga.

Resulta interesante que en todos los tratamientos no hubo pérdida de peso, ya que éste mostró una tendencia creciente.

La turgencia es el parámetro de frescura más relevante en flores de corte, esta corresponde al resultado del balance entre el agua absorbida y la pérdida de la misma. La flor se ve impedida para absorber agua por la oclusión de vasos conductores, lo cual se debería a sustancias gomosas, pectinas o carbohidratos en su naturaleza, provenientes de la rotura de paredes celulares y a la presencia de microorganismos en el agua (Huber, 1994).

Chain *et al.* (2002) señalan que el pH del agua es un factor importante, recomendándose valores entre 3 y 4, dado que esto mejora el control microbiano y junto con esto se favorece el ascenso del agua por el xilema.

En resumen, si bien los tallos colocados en solución preservativa ganaron más peso, la vida de florero se redujo; y los tallos colocados en agua ganaron menos peso, seguramente por la obstrucción vascular.

Chahín *et al.* (2002) indican que el tiempo más apropiado para realizar esta labor es temprano por la mañana, ya que las plantas se encuentran totalmente turgentes, siendo el contenido de agua en las flores el factor de mayor relevancia en la vida de postcosecha. Debido al fenómeno de marchitamiento del material, puede resultar una disminución de la longevidad de la flor, por lo que se recomienda además regar antes de la cosecha para permitir una mejor hidratación de las flores y, aunque para el presente trabajo se realizó dicha labor, la hora de cosecha (16:00 h) provocó un efecto negativo, ya que la tasa respiratoria del material vegetal, a la hora que se realizó el corte de las varas, debe haber sido alta, provocando un estrés en las mismas.

Otro factor importante a considerar es que las flores cortadas constituyen órganos inmaduros, que tienen una alta relación superficie/volumen, por lo que su actividad

metabólica es alta y pierden muy rápidamente agua. Por este motivo es recomendable almacenar las flores de corte a la temperatura más baja y a la humedad relativa más alta que puedan tolerar (Chahín *et al.*, 2002). En el presente trabajo se buscó llevar a cabo los experimentos según la situación propia de los agricultores florícolas de la región, quienes no cuentan con bodegas acondicionadas para brindar la temperatura y humedad relativa recomendadas por la literatura y propicias para crisantemo.

5.7.2.3 Concentración de azúcares.

El crecimiento de los pétalos es el resultado del alargamiento celular, y requiere la importación de sustratos para generar energía, síntesis de pared celular y ajuste osmótico (Ho y Nichols, 1974).

Se conoce poco acerca de la deficiencia de carbohidratos y el metabolismo de los azúcares durante la apertura floral, que resulta de la expansión de las células de los pétalos. Se cree que la acumulación de azúcares en los pétalos es un mecanismo que reduce el potencial de agua en los pétalos, y promueve el flujo de agua para el alargamiento celular y la apertura floral (Ho y Nichols, 1977). La adición de sacarosa a las flores de corte incrementa los niveles de glucosa y fructosa, pero tiene poco efecto sobre el contenido de sacarosa en los pétalos; esto significa que ésta se transloca de otros órganos hacia los pétalos, pero hidrolizada a glucosa y fructosa (Kaltaler y Steponkus, 1974).

Considerando las hojas como fuente de azúcares para la apertura floral, se determinó la cantidad de éstos al momento de la cosecha en los 5 puntos de corte que se describieron con anterioridad.

El Cuadro 31 muestra la concentración de azúcares en hojas de crisantemo variedad Snow Eleonora cosechado en 5 puntos de corte diferentes.

Cuadro 31. Concentración de azúcares (mg/g)¹ en hojas de crisantemo variedad Snow Eleonora.

Tratamiento	Punto de corte (mm) ²				
	1 (50-80)	2 (81-90)	3 (91-100)	4 (101-110)	5 (110-120)
12.5%	0.193a	0.167ab	0.243a	0.197a	0.137a
25%	0.200a	0.113b	0.137b	0.190a	0.150b
37.5%	0.243a	0.197a	0.213ab	0.263a	0.240b
Testigo	0.197a	0.213a	0.257a	0.207a	NA ³
DMS	0.059	0.054	0.077	0.076	0.053

²Indica el tamaño de la inflorescencia al momento de la cosecha

¹Cada dato es el promedio de 3 repeticiones.

³No hubo inflorescencias que alcanzaran este tamaño (diámetro de 11.1-12 cm).

Valores seguidos de letras iguales en cada columna indican que los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas ($\alpha=0.05$).

La Figura 36 muestra una representación más sencilla de los valores obtenidos anteriormente.

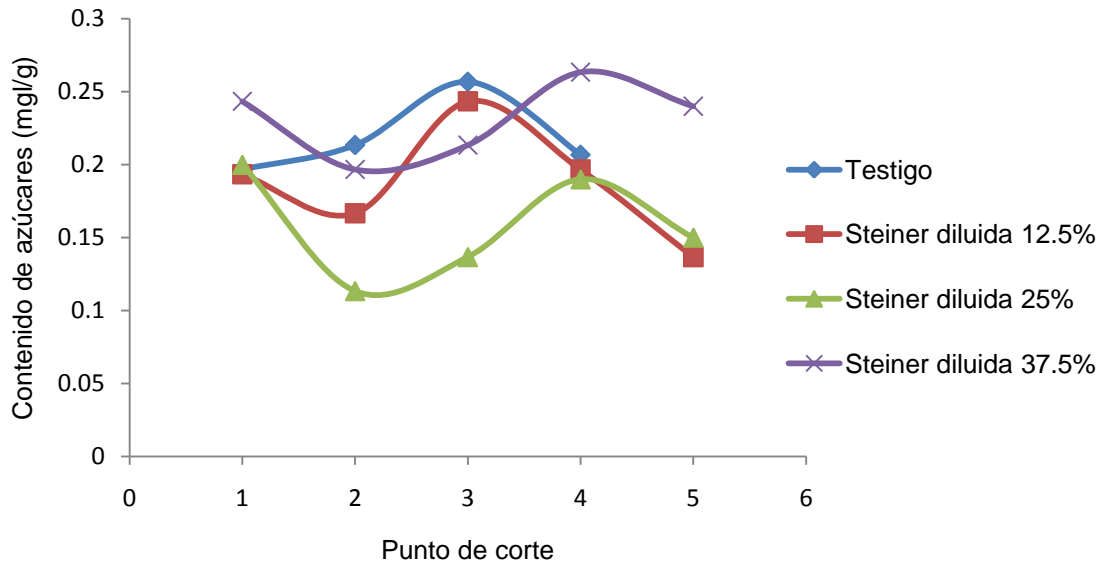


Figura 36. Concentración de azúcares en hojas de crisantemo variedad Snow Eleonora

En el punto de corte 1 (inflorescencia de 5-8 cm) se tuvo una concentración de azúcares muy similar para los tratamientos testigo, 12.5 y 25%. Para 37.5% fue mayor la cantidad de azúcares, por lo que las inflorescencias de crisantemo tuvieron mayor apertura.

Para los puntos de corte 2 y 3, se encontró una mayor cantidad de azúcares en el testigo; sin embargo, el peso de biomasa fresca de la planta completa fue menor que en los demás tratamientos, lo cual podría justificar que la apertura sea menor (como se muestra en los cuadros 21 y 22 sobre peso de biomasa fresca y calidad comercial).

Chahín *et al.* (2002) señalan al respecto que almidones y diferentes formas de azúcares almacenados en tallos, hojas y pétalos proveen la energía necesaria para que la flor complete su desarrollo.

En los puntos de corte 4 y 5 se ve que el tratamiento a 37.5% tuvo la mayor concentración de azúcares en hojas, y así también el mayor diámetro de inflorescencias, según se vio en el punto anterior sobre calidad comercial.

Es de destacar la misma tendencia de disminución y aumento en el contenido de azúcares (en el punto de corte 3) para los tratamientos testigo y en el de la solución Steiner a 12.5%, en donde el suministro de nutrimentos fue menor. Y los tratamientos de 25 y 37.5% presentaron también la misma tendencia de disminución en el contenido de azúcares y un aumento en el punto de corte 4. Lo anterior sugiere que un punto óptimo de cosecha para el testigo y el tratamiento a 12.5% sería en el punto de corte 3, ya que al tener mayor cantidad de azúcares las hojas, se garantizaría la apertura floral. Y para los otros 2 tratamientos (25% y 37.5%) el punto de corte 3 parecería ser el mejor.

El azúcar retarda la senescencia, mejora el balance hídrico y el potencial osmótico, además provee de un sustrato disponible para la respiración, es decir, aporta energía a los tejidos de los pétalos. Lo anterior mantiene un alto peso fresco en el tallo, induciendo al cierre de los estomas en hojas, y con esto reduce la pérdida de agua. Además, el azúcar ayuda a mantener la integridad, estructura y función de las membranas (Halevy y Mayak, 1981).

Las enzimas que metabolizan la sacarosa (translocada de hojas a pétalos) son principalmente las invertasas (β -fructosidasa), que están presentes en altas cantidades en la vacuola y pared celular (en forma insoluble). El papel de las invertasas es convertir la sacarosa en hexosas, y después translocarlas del floema al apoplasto (Rotsch y González, 2004), para ser tomadas por los pétalos.

La sacarosa se transloca de las hojas a los pétalos, pero metabolizada por la invertasas. Las hexosas acumuladas en la vacuola, se usan para reducir potencial de agua en los pétalos y promover el flujo de agua (Yamada *et al.*, 2006).

VI. CONCLUSIONES

La solución nutritiva Steiner diluida al 37.5% produjo las flores de mejor calidad comercial, con diámetro de inflorescencia superior a 120 mm y tallos de longitud superior a 76 cm. Para los tratamientos 12.5% y 25% el grado de calidad fue inferior, pues los diámetros de inflorescencia fueron menores de 120 mm (116 y 114 mm, respectivamente); el testigo tuvo el menor diámetro (107 mm). El tratamiento consistente en solución Steiner al 37.5% tuvo el mayor diámetro de tallo, apariencia y tamaño de hojas. La vida de florero fue la misma para los tratamientos con solución Steiner diluida (22 días); el testigo presentó la vida de florero más corta (13 días). De acuerdo con lo anterior, la Hipótesis 1 que enuncia: “La concentración de la solución Steiner influye en la calidad y vida de florero de crisantemo” **SE ACEPTA PARCIALMENTE**, pues en el caso de la vida de florero, no hubo efecto de la concentración de la solución Steiner entre tratamientos en la vida de florero, pero todos fueron mayores que el testigo.

Los puntos de corte 1 (50-80 mm), 2 (81-90 mm) y 3 (91-100 mm) aseguran una buena apertura floral, para todos los tratamientos, sin embargo el desarrollo de las flores tubulares es casi nulo. La vida de florero fue estadísticamente igual (22 días), excepto para el testigo (17 días). Con puntos de corte 4 (101-110 mm) y 5 (111-120 mm) se obtuvieron inflorescencias con las flores tubulares desarrolladas, lo que mejora la apariencia; excepto el testigo, que no tuvo inflorescencias en punto de corte 5. La vida de florero para el punto de corte 4 fue larga (22 días), excepto para el testigo (13 días); los tallos cosechados en punto de corte 5 tuvieron una vida de florero corta 13 días. La Hipótesis 2 que enuncia: “Existe un punto de corte óptimo en el cual se asegura la apertura de las inflorescencias de crisantemo y una buena vida de florero” **SE ACEPTA PARCIALMENTE**, pues hay dos puntos de corte óptimos que aseguran una buena apertura (4 y 5), pero uno de ellos (5) no asegura una buena vida de florero. En cambio los puntos de corte 1, 2 y 3 aseguran una buena vida de florero pero una mala apertura.

El tratamiento de solución Steiner a 37.5%, originó la mayor concentración de azúcares en hojas así como el mayor peso de biomasa fresca del follaje; esto justifica el mayor tamaño de inflorescencias. La apertura de las inflorescencias del testigo fue menor que en los tratamientos con soluciones Steiner a distintas concentraciones; si bien el contenido de azúcares del testigo en relación a los tratamientos de Steiner diluida no presentó diferencia estadística para puntos de corte 1 y 4, el peso de biomasa fresca del follaje fue menor, y por lo tanto el diámetro de las inflorescencias también fue menor. La Hipótesis 3 que enuncia: “Las reservas de azúcares en hojas influyen en la apertura de las inflorescencias de crisantemo” **SE ACEPTA**.

La solución preservativa Crystal tuvo un efecto positivo en el tamaño de las inflorescencias para todos los tratamientos; el mayor efecto se presentó en el testigo y 12.5% de Steiner diluida, al aumentar considerablemente el diámetro (hasta en 16 mm para el punto de corte 3). Para todos los tratamientos el uso de la solución preservativa disminuyó la vida de florero, sobretodo en el del tratamiento con solución Steiner al 37.5% (hasta en 10 días para el punto de corte 4). De acuerdo con estas conclusiones, la Hipótesis 4 que enuncia: “La solución comercial Crystal no tiene efecto en la apertura de las inflorescencias de crisantemo variedad Snow Eleonora” **SE RECHAZA**, pues la solución comercial aumentó la apertura de las inflorescencias, el desarrollo de las flores tubulares y disminuyó la vida de florero.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Alcántar G., G. y Sandoval V., M. 1999. Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Publicación Especial Núm. 10. SMCS. Chapingo, México. 150 p.

Alcántar, E. G. y Trejo-Téllez L. I. 2007. Diagnóstico de la Fertilidad del Suelo. *En: Nutrición de Cultivos*. Mundi Prensa México, Colegio de Postgraduados, México.

Aparicio, V. M. 1999. Comercialización de crisantemo estándar en San Pablo Ixayoc, Texcoco, Edo. De México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Arboleda, P. J. 1993. Principios Fundamentales de la Postcosecha de Flores. *In: Tercer Seminario Técnico de Floricultura*. EXPOFLOR. Estado de México, México.

Arbos, L. A. 1992. El crisantemo: cultivo, multiplicación y enfermedades. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 170 p.

Baca, C. G. A. y Alcalde, S. B. 1983. Efecto de la solución nutritiva, la frecuencia de los riegos, el sustrato y la densidad de siembra en cultivos hidropónicos al aire libre de pepino, melón y jitomate. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

Cadahia L. C. 1998. Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales. Mundi-Prensa.

Chahín, M., Montesinos, A y Verdugo, G. 2002. Manejo de postcosecha de flores. Boletín INIA N° 82. Temuco, Chile.

De Kreij, C. and van den Berg, T.H.J.M. 1990. Nutrient uptake, production and quality of *Rosa hybrid* L. in rockwool as affected by electrical conductivity on the nutrient solution. In: Plant Nutrition Physiology and applications . M. L. Van Beusichem. 519-523.

De Rijck, G. and Schrevens, E. 1998. Cationic Speciation in Nutrient Solutions as a Function of pH. *Journal of Plant Nutrition* 21 (5). 861-870.

Domínguez, V. A. 1989. Tratado de fertilización. Segunda Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 51 p.

Epstein, E. 1972. Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives. J. Wiley and sons, Inc.

Figuroa, C. I. E. 2001. Cambios fisiológicos en postcosecha de dos cultivares de rosa con diferente duración en florero. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

García, V. R. 2001. Estudio preliminar de manejo integrado del crisantemo (*Dendranthema grandiflora* Tzelev.) cv. Polaris en Villa Guerrero, Estado de México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

Gislerod, R. H. and Selmer-Olsen, A. R. 1980. The responses of chrysanthemum to variations in salt concentration when grown in re-circulated nutrient solution. *Acta Horticulturae* 98: 201-209.

González, G. 1994. La aplicación de fertilizantes foliares potásicos, AG_3 , y su relación con las bajas temperaturas en crisantemo en el municipio de Texcoco. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Graves, C. J. 1986. A summary of work on solution heating and intermittent solution circulation for tomatoes in nutrient film culture. *Acta Horticulturae* 178: 79-84.

Gutiérrez, G. S., M. E. Álvarez S., G. Alcántar G., R. Maldonado T., P. Sánchez G., H. Vaquera H., S. Ruíz J., y S. Robledo E. 2002. Interacciones nutrimentales de N, P y K en el crecimiento y calidad de crisantemo en condiciones de hidroponía. XXXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Torreón, Coah., México.

Halevy, A. H. y Mayak, S. 1979. Senescencia y fisiología postcosecha en flor de corte. *Horticulturae Reviews*. 3: 59-143.

Halevy, A. and Mayak, S. 1981. Senescence and postharvest physiology of cut flowers II. *Horticultural Reviews* 1 (5): 204-236.

Han, S. 2003. Role of sugar in the vase solution on postharvest flower and leaf quality of oriental lily "stargazer". *HortScience* 38 (3): 412-416

Huang, K. and Chen, W. 2002. Bencil Adenina and sucrose increase vase life of cut *Eustoma* flowers. *HortScience* 37 (3): 547-549

Ho, L. C. and Nichols, R. 1977. Translocation of ^{14}C -sucrose in relation to changes in carbohydrate content in rose corollas cut and different stages of development. *Ann. Bot.* 41: 227-242.

Huber, C. 1994. Estudio de tratamientos de conservación de postcosecha de flores de gladiolo (*Gladiolus hybridus*). Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 121 p.

Huerta, P. R. 2003. Diagnóstico agroecológico del cultivo de crisantemo en Texcoco, México, y propuestas de manejo para el control de plagas. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

INSTRUCT, 1998. Estudio de autodiagnóstico comunitario de la Cuenca del Río Texcoco. Chapingo, México. (No publicado).

Kaltaler, R. E. L. and Steponkus, P. L., 1974. Uptake and metabolism of sucrose in cut roses. J. Am. Soc. Hort. Sci. 99: 490-493.

Kofranek, M. A. 1980. Cut Chrysanthemums. In: Introduction to Floriculture. R. A. Larson. Academic Press. 3-45.

Kramer, L. L. and Peterson, J. C. 1990. Influences of water pH, alkalinity and acid additions on growth and nutrient relationships in *Chrysanthemum morifolium* "Bright Golden Anne". J. of Plant Nutrition. 13: 169-186.

Lara, H. A. 1998. Soluciones nutritivas para cuatro etapas fenológicas de jitomate. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México.

Loyola, L. N. y Guzmán, C. S. 2009. Evaluación en postcosecha de Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) c.v. Heidi, destinado como flor de corte al mercado local. Departamento de Ciencias Agrarias. Universidad Católica de Maule, Chile. IDESIA, 27 (2): 61-70.

Malavolta, E., Viitil, G. C. e Oliveira, S. A. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 319 p.

Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Institute of Plant Nutrition. University of Hohemheim. Federal Republic of Germany. Academic Press Inc. 674 p.

Mastalerz, J. 1977. The greenhouse environment. Chapter 6. Growing Media. John Wiley and Sons. New York, USA.

Mills, H. A. and B. Jones. 1996. Plant Analysis Handbook II. Micro-Macro Publishing, Inc. Georgia, U.S.A.

Morgan, J. V., Moustafa, E. T. and Tan, A. 1980. Factors affecting the growing-on stages of lettuce and chrysanthemum in nutrient solution culture. Acta Horticulturae 98: 253-261.

Morgan, J. V. and Moustafa, A. T. 1986. Cutting fuel costs with root zone warning. Grower 106: 35-45.

Moustafa, A. T. and Morgan, J. V. 1984. The effect of root zone warming and air temperature on dry matter accumulation, nutrient uptake and nutrient composition of spray chrysanthemum in NFT. Proc. Of the 6th Int. Cong. On Soilless Culture. ISOSC. 401-419.

Nelson, P. V. 1979. Greenhouse Operation and Management. Prentice Hall Company, Inc. 518 p.

Nichols, A. M., Fisher K.J., Morgan L. S. and Simmon A. 1994. Osmotic stress, yield and quality of hidroponics tomatoes. Acta Horticulturae. 361: 302-310.

Nissen, P. 1986. Nutrient uptake by plants: Effect of external ion concentration. Acta Horticulturae 178: 21-28.

Nobel, P. S. 1983. Biophysical plant physiology and ecology. W.H. New York.

Noordegraaf, C. U. 1994. Production and marketing of high quality plants. Acta Horticulturae 353: 134-148.

Patiño, A. M. E. 1994. Efecto de diferentes soluciones preservativas usando altas concentraciones de sacarosa y cicocel en Ave de Paraíso (*Strelitzia reginae* Banks). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Penningsfeld, F. y P. Kurzmann. 1975. Cultivos hidropónicos y en turba. Versión española. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

Reid, S. M. and Dodge, L. 2002. Postharvest Quality in Chrysanthemum. In: Postharvest Technology Research Information Center. Department of Environmental Horticulture. University of California, Davis, CA. 2002.

Resh, H. M. 1987. Cultivos hidropónicos. Edición Española. Artes Gráficas Palermo. España. 318 p.

Rodríguez, S. F. 1982. Fertilizantes, Nutrición Vegetal. AGT Editor. S. A. México.

Rotsch, T. and González, M. C., 2004. Function and regulation of plant invertases: sweet sensations. Trends Plant Sci. 9, 606-613.

Roude, N., Nell, T. A. and Barret, V. E. 1991. Nitrogen source and concentration growing medium and cultivar affect longevity of potted chrysanthemums. HortScience, Alexandria. 26: 49-52.

Rutland, R. B. 1972. Salt induced water stress as a determinant of flower quality and longevity in chrysanthemum cuttings. Gartenbauwissenschaft 47: 182-188.

SAF, 2002. Postharvest Quality in Chrysanthemum. In: Postharvest Technology Research Information Center. Department of Environmental Horticulture. University of California, Davis, CA. Consulta electrónica: <http://www.safnow.org/>.

Salinger, J. P. 1991. Producción comercial de flores. Editorial Acribia S. A. Zaragoza, España. 371 p.

Salisbury, F. B y Ross, C. W. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica. México. 759 p.

Schwarz, M. 1975. Guide to commercial hidroponics. Israel Universities Press. Jerusalem, Israel. 136 p.

Selmer-Olsen, R. A. and Gislerod, H. R. 1981. Effect of root temperature on nutrient uptake by the chrysanthemum. Acta Horticulturae 126: 427-433.

Sonneveld, C. and Voogt, W. 1990. Response of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) to an unequal distribution of nutrients in the root environment. In: Plant Nutrition physiology and applications. M. L. van Beusichem. Kluwer Acad. Pub. 509-514.

Soto, A. R. y Armando, G. F. 2006. El Estado de México confirma su liderazgo en floricultura. En: Información, Planeación, Programación y Evaluación de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México. Consulta electrónica: <http://www.edomexico.gob.mx>

Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. Plant and Soil 15: 134-154.

Steiner, A. A. 1966. The influence of the chemical composition of a nutrient solution on the production of tomato plants. Plant and Soil 24: 454-466.

Steiner, A. A. 1968. Soilless culture. Proceedings of the 6th colloquium of the International Potash Institute. Florence, Italy. International Potash Institute. Berne, Switzerland. 324-341.

Steiner, A. A. 1973 The selective capacity of tomato plants for ions in a nutrient solution. Proceedings of the 3th International Congress on Soilless Culture. IWOSC. Sassari, Italy. 43-54.

Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. *In*: Proceedings of the 6th International Congress on Soilless Culture. ISOSC. Wageningen, Netherlands. 633-649.

Steiner, A. A. and van Widen H. 1970. Recipe for ferric salts of ethylenediaminetetraacetic acid. *Plant Physiology* 46: 862-863.

Toledo, R. O. 1997. Efecto de diferentes concentraciones de fósforo en plantas de *Lilium* c.v. Eurovisión manejadas en hidroponía y sustrato comercial. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

USDA. 1998. Guía para la Evaluación y Calidad del Suelo. Traducción al español por Lutens, A y Salazar, J. C. Instituto de Suelos, Argentina. 85 p.

Van Os, E. A. 1986. Technical and economical consequences and mechanization aspects of soilless growing systems. *Acta Horticulturae* 178: 85-86.

Villar Z. D. y Ortega B. R., 2007. Bases teóricas y su aplicación para la fertilización nitrogenada en cultivos. Centro de Agricultura de Precisión, Departamento de Ciencias Vegetales. Universidad de Colombia.

Williams, K. A. and Nelson P. V. 1992. Growth of chrysanthemum at low, relatively steady nutrient levels in a commercial style substrate. *HortScience* 27: 877-880.

Wills, R., McGlasson, B., B., Graha,, D. and Joyce, D. 1999. Introducción a la fisiología y manejo postcosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. 2ª edición. Editorial Acribia.

Witham F.H., D.F. Blaydes, and R.M. Devlin. 1971. Experiments in plant physiology. Van Nostrand Reinhold Company, New York. 245 p.

Yamada, K., Ito, M., Oyama, T., Nakada M., Maesaka, M. and Yamaki S., 2006. Analysis of sucrose metabolism during petal growth of cut roses. In: *Postharvest Biology and Technology* 43. 174-177.