

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

**NUTRICIÓN MINERAL Y CALIDAD
POSCOSECHA EN CRISANTEMO**

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

POR:

OSVALDO PÉREZ GARCÍA



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



Chapingo, México, marzo de 2004.

Instituto de Horticultura

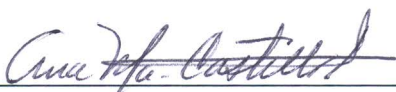
NUTRICIÓN MINERAL Y CALIDAD POSCOSECHA EN CRISANTEMO

Tesis realizada por **Oswaldo Pérez García**, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA


DRA. MARÍA TERESA COLINAS LEÓN

Directora


DRA. ANA MARÍA CASTILLO GONZÁLEZ

Asesora


DRA. MARÍA EDNA ÁLVAREZ SÁNCHEZ

Asesora

Chapingo, México, marzo de 2004.

Esta investigación fue parte del proyecto **“NUTRICIÓN Y PRODUCCIÓN DE ESPECIES ORNAMENTALES EN CONDICIONES DE FERTIRRIGACIÓN”** (Clave: 35341-B), financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT), bajo la responsabilidad de la Dra. María Edna Álvarez Sánchez y la colaboración de la Dra. María Teresa Colinas León.



DRA. MARÍA EDNA ÁLVAREZ SÁNCHEZ



DRA. MARÍA TERESA COLINAS LEÓN

Dedicado a:

A mi **Señor y Salvador JESUCRISTO**, en quien están escondidos todos
los tesoros de la sabiduría y el conocimiento (*Colosenses 2.3*)

A mis padres y hermanos.

A mis tíos y primos que me han apoyado.

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** mi razón de ser, mi consuelo, fortaleza y estandarte.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para realizar mis estudios de Maestría y haber financiado esta investigación que formó parte del proyecto: "Nutrición y Producción de Especies Ornamentales en Condiciones de Fertirrigación" (Clave: 35341-B), bajo la responsabilidad de la Dra. María Edna Álvarez Sánchez y la colaboración de la Dra. María Teresa Colinas León.

A la Universidad Autónoma Chapingo, en especial al Departamento de Fitotecnia.

Al comité asesor por su disposición en guiarme en el desarrollo del presente trabajo:

Dra. María Teresa Colinas León.

Por sus enseñanzas, su confianza, su sencillez como profesora y su trato afable como directora.

Dra. Ana María Castillo González.

Gracias por sus enseñanzas, su calidad como maestra, su asesoría y apoyo brindado en la revisión de este trabajo.

Dra. María Edna Álvarez Sánchez.

Mi más sincero agradecimiento por su dedicación y paciencia en guiarme para desarrollar y concluir este trabajo. También por permitirme ser parte de su proyecto de investigación, lo cual fue crucial para mi formación.

A los profesores del Posgrado en Horticultura.

A mis compañeros y amigos de la Maestría, generación 2002-2003.

Al personal del Laboratorio de Usos Múltiples del Departamento de Fitotecnia.

DATOS BIOGRÁFICOS DEL AUTOR

Osvaldo Pérez García nació en la Ciudad de Puebla, México. En 1999, obtuvo el Título de Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia, en la Universidad Autónoma Chapingo.

De septiembre de 1999 a septiembre de 2001, laboró en el Centro de Investigación y Capacitación en Producción Hortícola bajo Invernadero, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Ha participado como instructor de prácticas en el Curso Teórico-Práctico de “Cultivos Hidropónicos para Técnicos y Productores” que imparte el grupo Agribot de la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo.

De enero de 2002 a diciembre de 2003 realizó estudios de Maestría en Ciencias en Horticultura en el Instituto de Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo.

NUTRICIÓN MINERAL Y CALIDAD POSCOSECHA EN CRISANTEMO

MINERAL NUTRITION AND POSTHARVEST QUALITY IN CHRYSANTHEMUMS

Osvaldo Pérez-García¹, María Teresa Colinas León², Ana María Castillo-González³ y María Edna Álvarez-Sánchez³

RESUMEN

Se evaluaron los efectos de relaciones iónicas $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$ y $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$, en porcentaje, sobre el contenido de carbohidratos y calidad poscosecha en crisantemo 'Eleonora'. Los tratamientos (T) de $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$ fueron: 35:45:20 (T1), 20:55:25 (T2), 60:25:15 (T3), 10:60:30 (T4), 40:50:10 (T6) y el T5 correspondió a la aplicación del T1 (semanas 1 a 4), T3 (semanas 5 a 10) y T4 (semanas 11 a 14). Los tratamientos (S) de $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$ fueron: 60:5:35 (S1), 60:10:60 (S2), 40:9:40 (S3), 60:5:25 (S4), 85.7:14.3 (relación $NO_3^- : NH_4^+$; S5) y el S6 correspondió a la aplicación del S1 (semanas 1 a 4), S2 (semanas 6 a 10) y S3 (semanas 11 a 14). El experimento fue conducido en sistema hidropónico bajo invernadero; cada tratamiento consistió de cuatro repeticiones distribuidas al azar. Se evaluaron variables morfológicas y fisiológicas del tallo, hoja y flor. El T4 (nivel bajo de K^+ y alto de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$) generó el diámetro mayor de tallo, favoreció el contenido de azúcares totales en hojas y la vida poscosecha de la flor. El T6 (nivel medio de K^+ , alto de Ca^{2+} y bajo de Mg^{2+}) produjo el contenido más alto de azúcares reductores en flores, incrementó la vida poscosecha y disminuyó la producción de CO_2 y etileno. El tratamiento S6 incrementó el contenido de azúcares totales en hojas; la relación 85.7:14.3 de $NO_3^- : NH_4^+$ (S5) produjo el contenido más alto de azúcares totales y reductores en flores, y aumentó la vida poscosecha. Las tasas más bajas de producción de CO_2 y etileno se obtuvieron con los niveles más altos de $H_2PO_4^-$ y K^+ (S2). Por lo tanto, un suministro medio de K^+ , alto de Ca^{2+} y bajo de Mg^{2+} (40:50:10) favorece el contenido de azúcares reductores en flores, disminuye la producción de CO_2 y etileno y favorece la vida poscosecha; asimismo, la relación 85.7:14.3 de $NO_3^- : NH_4^+$ incrementa el contenido de azúcares totales y reductores en flores y favorece la vida poscosecha.

Palabras clave: *Dendranthema x grandiflorum*, relaciones iónicas, azúcares totales, azúcares reductores, almidón, respiración, etileno.

ABSTRACT

The effects of $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$ and $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$ ionic relations, in percentage, on the content of carbohydrates and postharvest quality of 'Eleonora' chrysanthemums flowers were evaluated. The treatments (T) of $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$ were: 35:45:20 (T1), 20:55:25 (T2), 60:25:15 (T3), 10:60:30 (T4), 40:50:10 (T6) and T5 corresponded to the application of T1 (weeks 1 to 4), T3 (weeks 5 to 10) and T4 (weeks 11 to 14). The $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$ treatments (S) were: 60:5:35 (S1), 60:10:60 (S2), 40:9:40 (S3), 60:5:25 (S4), 85.7:14.3 ($NO_3^- : NH_4^+$ ratio; S5) and S6 corresponded to the application of S1 (weeks 1 to 4), S2 (weeks 6 to 10) and S3 (weeks 11 to 14). The experiment was carried out in hydroponics under greenhouse; each treatment consisted of four randomly distributed replications. Morphological and physiological variables of the stem, leaf and flower were evaluated. T4 (low level of K^+ and high of $Ca^{2+} + Mg^{2+}$) produced the largest stem diameter, and favored both the total sugars content in leaves and postharvest life. T6 (medium level of K^+ , high of Ca^{2+} and low of Mg^{2+}) caused the largest content of reducing sugars in flowers, an increase in postharvest life, and a decrease in CO_2 and ethylene production. S6 treatment increased the total sugar content in leaves; $NO_3^- : NH_4^+$ ratio of 85.7:14.3 (S5) generated both the highest total and reducing sugar contents in flowers, and favored postharvest life. The lowest rates of production of CO_2 and ethylene were obtained with the highest levels of $H_2PO_4^-$ and K^+ (S2). Therefore, a medium supply of K^+ , high Ca^{2+} and low Mg^{2+} (40:50:10) favors the reducing sugars content in flowers, decreases CO_2 and ethylene production, and favors postharvest; likewise, $NO_3^- : NH_4^+$ ratio of 85.7:14.3 increases both the total and reducing sugar contents in flowers and favors postharvest life.

Key words: *Dendranthema x grandiflorum*, ionic ratios, total sugars, reducing sugars, starch, respiration, ethylene.

¹Tesista.

²Director.

³Asesor.

CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Factores pre cosecha que afectan la calidad de las flores.....	4
2.1.1. Luz.....	4
2.1.2. Temperatura.....	5
2.1.3. Nutrición.....	5
2.1.4. Enfermedades y plagas.....	7
2.2. Factores pos cosecha que afectan la calidad de las flores.....	8
2.2.1. Transpiración.....	8
2.2.2. Respiración.....	9
2.2.3. Etileno.....	10
2.2.4. Manejo.....	10
2.3. Los azúcares en las plantas.....	11
2.4. Los elementos minerales en el metabolismo de carbohidratos.....	13
2.5. Importancia de la calidad en flores de corte.....	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1. Ubicación.....	17
3.2. Material vegetal y tratamientos.....	17

3.3. Conducción del experimento y diseño experimental.....	18
3.4. Variables evaluadas.....	19
3.4.1. Diámetro del tallo y del capítulo.....	19
3.4.2. Azúcares totales, azúcares reductores y almidón.....	19
3.4.3. Producción de CO ₂ y etileno.....	19
3.5. Análisis estadístico.....	20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
4.1. Diámetro de tallo y capítulo.....	23
4.2. Azúcares totales.....	25
4.3. Azúcares reductores.....	41
4.4. Almidón.....	46
4.5. Producción de CO ₂ y etileno.....	48
5. CONCLUSIONES.....	60
Efecto de las relaciones K ⁺ :Ca ²⁺ :Mg ²⁺	60
Efecto de las relaciones NO ₃ ⁻ :H ₂ PO ₄ ⁻ :K ⁺	61
6. LITERATURA CITADA.....	62
7. ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Tratamientos con diferentes relaciones $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$, en porcentaje.....	17
Cuadro 2. Tratamientos con diferentes relaciones $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$, en porcentaje.....	18
Cuadro 3. Efecto de las relaciones $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$, sobre variables morfológicas y fisiológicas en crisantemo 'Eleonora'.....	21
Cuadro 4. Efecto de las relaciones $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$, sobre variables morfológicas y fisiológicas en crisantemo 'Eleonora'.....	21
Cuadro 5. Efecto de las relaciones $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$, sobre la tasa de producción de CO_2 y etileno en tallos florales de crisantemo 'Eleonora', en el día de corte (Fecha 1) y a los 5 (Fecha 2) y 10 días después (Fecha 3) del corte.....	22
Cuadro 6. Efecto de las relaciones $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$, sobre la tasa de producción de CO_2 y etileno en tallos florales de crisantemo 'Eleonora', en el día de corte (Fecha 1) y a los 5 (Fecha 2) y 10 días (Fecha 3) después del corte.....	22
Cuadro 7. Vida poscosecha de flores de crisantemo 'Eleonora' en función de diferentes relaciones porcentuales de $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$	30
Cuadro 8. Vida poscosecha de flores de crisantemo 'Eleonora' en función de diferentes relaciones porcentuales de $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$	41
Cuadro 9. Correlación entre la tasa de producción de CO_2 y etileno en flores de crisantemo 'Eleonora', en función de diferentes relaciones porcentuales $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$, en el día de corte (Fecha 1) y a los 5 (Fecha 2) y 10 días (Fecha 3) después del corte.....	52
Cuadro 10. Correlación entre la tasa de producción de CO_2 y etileno en flores de crisantemo 'Eleonora', en función de diferentes relaciones porcentuales $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$, en el día de corte (Fecha 1) y a los 5 (Fecha 2) y 10 días (Fecha 3) después del corte.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diámetro del tallo en flor de crisantemo 'Eleonora' en función de diferentes relaciones porcentuales de $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$	23
Figura 2. Diámetro del tallo en flor de crisantemo 'Eleonora' en función de diferentes relaciones porcentuales de $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$	23
Figura 3. Diámetro del capítulo en crisantemo 'Eleonora' en función de diferentes relaciones porcentuales de $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$	24
Figura 4. Diámetro del capítulo en crisantemo 'Eleonora' en función de diferentes relaciones porcentuales de $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$	24
Figura 5. Azúcares totales en hojas de crisantemo 'Eleonora' en el momento de corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$	26
Figura 6. Azúcares totales en flores de crisantemo 'Eleonora' en el momento de corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$	26
Figura 7. Relación entre la acumulación de Ca, a los 115 DDT, y la concentración de azúcares totales en flores de crisantemo 'Eleonora' en función de diferentes relaciones porcentuales de $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$	31
Figura 8. Relación entre la acumulación de Zn, a los 115 DDT, y la concentración de azúcares totales en flores de crisantemo 'Eleonora' en función de diferentes relaciones porcentuales de $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$	31
Figura 9. Azúcares totales en hojas de crisantemo 'Eleonora' en el momento de corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$	32
Figura 10. Azúcares totales en flores de crisantemo 'Eleonora' en el momento de corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$	32
Figura 11. Relación entre la acumulación de P en tallo y hojas, a los 118 DDT, y la concentración de azúcares totales en hojas de crisantemo 'Eleonora', en función de diferentes relaciones porcentuales de $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$	36
Figura 12. Relación entre la acumulación de Mg en tallo y hojas a los 118 DDT y la concentración de azúcares totales en hojas de crisantemo 'Eleonora', en función de diferentes relaciones porcentuales de $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$	36
Figura 13. Azúcares reductores en hojas de crisantemo 'Eleonora' en el momento de corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$	42
Figura 14. Azúcares reductores en flores de crisantemo 'Eleonora' en el momento de corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$	42

Figura 15.	Azúcares reductores en hojas de crisantemo 'Eleonora' en el momento de corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{K}^+$...	44
Figura 16.	Azúcares reductores en flores de crisantemo 'Eleonora' en el momento de corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{K}^+$...	44
Figura 17.	Contenido de almidón en hojas (a) y flores (b) de crisantemo 'Eleonora' en el momento de corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$	46
Figura 18.	Contenido de almidón en hojas (a) y flores (b) crisantemo 'Eleonora' en el momento de corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{K}^+$	46
Figura 19.	Tasa de respiración de tallos florales de crisantemo 'Eleonora' en función de diferentes relaciones porcentuales de $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$, en el día del corte (Fecha 1) y a los 5 (Fecha 2) y 10 días (Fecha 3) después del corte.....	49
Figura 20.	Tasa de producción de etileno de tallos florales de crisantemo 'Eleonora' en función de diferentes relaciones porcentuales de $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$, en el día del corte (Fecha 1) y a los 5 (Fecha 2) y 10 días (Fecha 3) después del corte.....	49
Figura 21.	Relación entre la concentración de azúcares reductores en flores y la tasa de respiración de tallos florales de crisantemo 'Eleonora' a los 5 días después del corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$	51
Figura 22.	Relación entre la concentración de almidón en flores y la tasa de producción de etileno de tallos florales de crisantemo 'Eleonora' a los 10 días después del corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$	51
Figura 23.	Tasa de respiración de tallos florales de crisantemo 'Eleonora' en función de diferentes relaciones porcentuales de $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{K}^+$, en el día del corte (Fecha 1) y a los 5 (Fecha 2) y 10 días (Fecha 3) después del corte.....	53
Figura 24.	Tasa de producción de etileno de tallos florales de crisantemo 'Eleonora' en función de diferentes relaciones porcentuales de $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{K}^+$, en el día del corte (Fecha 1) y a los 5 (Fecha 2) y 10 días (Fecha 3) después del corte.....	53
Figura 25.	Relación entre la concentración de almidón en flores y la tasa de respiración de tallos florales de crisantemo 'Eleonora' a los 5 días después del corte, en función de diferentes relaciones porcentuales $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{K}^+$	54

1. INTRODUCCIÓN

La floricultura es una actividad que se ha desarrollado en México debido a la rentabilidad económica alta y por las condiciones ecológicas propicias que existen para el cultivo de flores. En el Estado de México se cultivan ornamentales en 4,945 ha, principalmente en la delegación regional de Coatepec Harinas, que representan alrededor del 25 % de la superficie total dedicada a la floricultura nacional. El crisantemo (*Dendranthema x grandiflorum*) es una de las principales especies por su superficie cultivada y la demanda alta de esta flor durante todo el año. En el año 2002, fueron cultivadas 2,220.5 ha de crisantemo en el Estado de México (SIAP, 2003).

Un aspecto importante en las flores de corte es el concepto de calidad comercial que está basada en el contexto de los atributos característicos de cada especie (forma, color, tamaño, fragancia, etc.) y la vida poscosecha que es un factor fundamental. La apariencia, calidad y duración de las flores son el resultado de la expresión genética de la especie, del ambiente en que se desarrolló, del manejo agronómico, del punto de corte y del manejo poscosecha. Todos los tipos de crisantemos, en general, tienen una vida poscosecha larga si el manejo es adecuado. Los problemas principales después del corte son los asociados con la absorción y el transporte de agua en el tallo lo que puede causar amarillamiento y marchitamiento prematuro de las hojas.

La nutrición mineral es uno de los factores más importantes para el desarrollo exitoso de una flor (Nowak y Rudnicki, 1990), que se verá reflejado en la calidad comercial: su belleza, su vida útil en florero, sin defectos, sin daños por plagas o enfermedades y su

aceptación por el consumidor. Un indicador relacionado con la nutrición es el contenido de carbohidratos en el tallo. Las reservas finales de azúcares, después del corte, en hojas y flores resultan de las condiciones ambientales, de la absorción nutrimental y del metabolismo de la planta durante la etapa de producción; los niveles de azúcares son la base para la vida poscosecha ya que su concentración está correlacionada con algunos de los procesos fisiológicos, previos a la senescencia.

En México, es escasa la información sobre esquemas de fertilización o nutrición para flores de corte y lo que hay son recomendaciones generadas en otros países, por lo cual es necesario desarrollar investigación enfocada a la nutrición y su relación con aspectos poscosecha.

El presente trabajo es parte de un proyecto enfocado a la investigación en nutrición en ornamentales, complementa las investigaciones realizadas en el cultivo de crisantemo por Gil (2003) quien evaluó el efecto de las relaciones potasio calcio y magnesio sobre el crecimiento y abastecimiento nutrimental de la planta y por Gutiérrez (2003) quien evaluó el efecto de las relaciones nitrógeno fósforo y potasio sobre el crecimiento de la planta y calidad de la flor.

Lo reportado por los autores antes mencionados se relacionó con el efecto de las relaciones iónicas $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$ y $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$ sobre el contenido de carbohidratos en hojas y flores, la actividad respiratoria así como la producción de etileno en flores de crisantemo 'Eleonora'.

Objetivos

Evaluar el efecto de las relaciones iónicas $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$ y $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$ sobre la concentración de azúcares totales, reductores y almidón en hojas y flores de crisantemo 'Eleonora'.

Relacionar el contenido de azúcares, la actividad respiratoria y la producción de etileno en flores de crisantemo 'Eleonora' en la etapa poscosecha.

Hipótesis

Alguna de las combinaciones nutrimentales estudiadas genera una relación sinérgica entre los iones Ca^{2+} y K^+ que favorece el contenido de azúcares en hojas y flores de crisantemo 'Eleonora'.

La interacción entre los iones $H_2PO_4^-$ y K^+ y la relación $NO_3^- : NH_4^+$ pueden afectar la concentración de carbohidratos en hojas y flores y la vida poscosecha de flores de crisantemo 'Eleonora'.

La concentración alta de azúcares en flores de crisantemo 'Eleonora' disminuye tanto la actividad respiratoria como la producción de etileno y a su vez favorece la vida poscosecha.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Factores precosecha que afectan la calidad de las flores

El crecimiento de una planta depende de varios factores que van desde la regulación genética hasta los factores ambientales. Para una especie vegetal y en un ambiente determinado, los factores más importantes que influyen sobre el crecimiento son luz, temperatura, agua, CO₂ y los nutrientes. El crecimiento final de una flor depende de los azúcares que son importados de las hojas fuente. Si la luz, temperatura, agua, nutrientes y otros factores se aportan a un nivel óptimo, los carbohidratos y otras reservas tendrán un nivel máximo y se esperaría una vida poscosecha larga de la flor.

2.1.1. Luz

La intensidad de la luz influye directamente sobre la eficiencia de la fotosíntesis, lo que determina el contenido de carbohidratos en las flores. Las flores contienen cantidades relativamente altas de azúcares, especialmente de transporte. Esta es una de las razones por la cual la sacarosa en soluciones preservadoras prolonga la vida poscosecha de las flores. Muchos cultivares de crisantemo tienden a crecer más rápidamente en intensidades altas de luz, especialmente bajo condiciones óptimas de temperatura (Salunkhe *et al.*, 1990). La vida en florero de claveles y crisantemos, cultivados en condiciones de alta intensidad de luz es más larga que los cultivados en intensidades bajas. La respuesta de los crisantemos a la luz depende del cultivar, temperatura, concentración de CO₂, agua y nutrición. Generalmente bajo condiciones favorables de

temperatura –durante el crecimiento– el contenido de carbohidratos en los pétalos se incrementa con el flujo de la intensidad de radiación; se ha visto que esto tiene una correlación directa con la calidad poscosecha de las flores. El contenido de carbohidratos se reduce con temperaturas altas combinadas con intensidades bajas de luz. En el invernadero, las dos semanas anteriores a la cosecha son críticas y determinan la calidad posterior de la flor (Nowak y Rudnicki, 1990).

2.1.2. Temperatura

Las temperaturas excesivamente altas durante el cultivo disminuyen la vida de florero y la calidad de las flores. En verano éstas poseen más azúcares pero duran menos que en invierno, porque éstos se gastan antes en la respiración (López, 1981). La temperatura óptima para el crisantemo es de 15.6 °C; cualquier desviación de la temperatura óptima retrasa la iniciación floral y afecta el tamaño y forma de las flores (Salunkhe *et al.*, 1990). Las temperaturas altas aumentan la velocidad de respiración, el consumo de carbohidratos y la pérdida de agua (Nowak y Rudnicki, 1990).

2.1.3. Nutrición

La nutrición mineral es un aspecto importante en la calidad de frutas, hortalizas y flores. Es necesario elaborar un programa de nutrición que considere: la especie, el cultivar, la etapa fenológica, la fertilidad del suelo, la calidad química del agua y las condiciones ambientales. El exceso de fertilización nitrogenada disminuye la vida poscosecha de las

flores e incrementa la susceptibilidad a la infección de *Botrytis cinerea* Pers. En anturio, el exceso de nitrógeno influye negativamente en la vida poscosecha; el potasio la incrementa significativamente y el fósforo no produce un efecto significativo. Existe una interacción significativa entre nitrógeno y potasio y la vida poscosecha. En proporciones bajas de potasio, el nitrógeno reduce notablemente la duración de la flor; ésta es más corta con aplicaciones mínimas de potasio y con aplicaciones altas de nitrógeno. Las temperaturas bajas y la fertilización con nitrógeno y potasio también influyen significativamente en la vida poscosecha (Paull *et al.*, 1992).

El calcio tiene una influencia importante en la horticultura debido a sus funciones en el metabolismo de la planta (Palta, 1996). Una función esencial es el fortalecimiento de las paredes celulares, por la formación de pectatos en la lámina media (Battey, 1990). Su influencia en la senescencia es notable, ésta se expresa en: pérdida de proteínas y clorofilas, reducida permeabilidad de la membrana, disolución de la lamela media y cambios en la pared celular (Poovaiah, 1988).

Las deficiencias de calcio son muy conocidas en las plantas hortícolas; por ejemplo: la pudrición apical en tomate y en pimiento, la mancha amarga en manzano, la necrosis de puntas en hojas de lechuga y el oscurecimiento intervenal de brotes en la col (Battey, 1990). La necrosis marginal de brácteas en nochebuena (Woltz y Harbaugh, 1986) y el rompimiento de la espata en anturio puede ser el resultado de una deficiencia de este elemento (Higaki *et al.*, 1980). También está involucrado en la síntesis de etileno; Volpin y Elad (1991) observaron que la producción de etileno en rosas, fue más baja en plantas a las que se les suministró una concentración alta de calcio en la solución

nutritiva, además tuvieron mayor resistencia al ataque de *Botrytis cinerea*. La vida poscosecha de frutos, hortalizas y flores es influida por el calcio; en las rosas promueve la apertura, aumenta el diámetro de la flor e incrementa su longevidad. Retarda la pérdida de electrolitos de los pétalos, lo cual es un indicador de la senescencia de membranas (Halevy *et al.*, 2001). Con 0.5 mM de Ca en la solución nutritiva, la vida en florero de rosas es más baja que con 0.7 mM, además se presenta mayor necrosis de pétalos. La incidencia de *Botrytis* disminuye con concentraciones altas de calcio en los pétalos, así como en otras partes de las plantas. Además de que aumenta la susceptibilidad a *Botrytis*, los parámetros de calidad afectados por la deficiencia de calcio son: necrosis de hojas, reducción de la longitud del tallo, vida corta en florero y mayor necrosis de pétalos (Baas *et al.*, 2000). Los niveles altos de cloruros y salinidad también tienden a reducir la vida en florero (Nowak y Rudnicki, 1990).

2.1.4. Enfermedades y plagas

Las enfermedades en los cultivos de flor de corte ocasionan grandes pérdidas al dañar a la planta y afectar el valor estético de la flor. En el crisantemo las más frecuentes son las fungosas como: la roya blanca (*Puccinia horiana*), el marchitamiento (*Verticillium albo-atrum* y *Fusarium oxysporum*), tizón del crisantemo (*Ascochyta chrysanthemi*), mancha foliar (*Septoria chrysanthemi*) y la macha floral (*Botrytis cinerea*) (Kofranek, 1992). El moho gris, causado por *Botrytis cinerea* Pers., ataca a todas las flores y es una de las principales causas de pérdidas en las flores cortadas. Aunque la infección se inicia en el cultivo no siempre es visible, y con frecuencia los síntomas sólo se desarrollan en la etapa poscosecha (D' Hont, 1997).

Las plagas también ocasionan daños durante el desarrollo del cultivo y con frecuencia, sus efectos también se reflejan después del corte. Los principales problemas en los crisantemos de corte son la araña roja (*Tetranychus urticae* Koch), que destruyen las células epidérmicas cuando se alimentan de las hojas (ninfas y adultos). Los trips (*Frankiniella occidentalis* y *F. aurea*) son los más importantes en distribución y abundancia en clavel, crisantemo y rosal. Otros trips (como *Thrips tabaci*) son transmisores de virus (Powell y Lindquist, 1994).

Los trips se alimentan de las flores, el follaje y el polen. Al alimentarse, con una porción de su aparato bucal raspan a los tejidos de la planta y con la otra porción succionan la savia; el principal daño que causan es la deformación de las hojas y flores. Como están confinados en la flor y particularmente entre los pétalos, perforan y lesionan los tejidos para succionar la savia, lo que origina la deformación y decoloración de los pétalos. Un solo trips es capaz de arruinar la belleza de una flor (Powell y Lindquist, 1994). Otras plagas importantes son los minadores (*Lyriomiza trifolii*) y los pulgones (*Myzus persicae* y *Aphis gossypii*) (Bellows y Fisher, 1999).

2.2. Factores poscosecha que afectan la calidad de las flores

2.2.1. Transpiración

La mayoría de las flores contienen entre un 80 y 95 % de agua y en ella tiene lugar toda reacción biológica. El agua estimula la absorción de nutrimentos y regula la temperatura de la planta por medio de la transpiración. La transpiración sirve como proceso de

enfriamiento para evitar el marchitamiento bajo temperaturas extremas; es necesaria en las flores después del corte, pero debe ser controlada para evitar una deshidratación excesiva y el consecuente marchitamiento. La velocidad de absorción de agua está determinada por el potencial hídrico del tejido de la flor y la resistencia al flujo del agua. La velocidad de transpiración es afectada por el potencial hídrico, vía la resistencia estomática de las hojas. Los cambios de peso fresco de las flores son el resultado de las diferencias entre la absorción de agua, su retención y la transpiración; esto refleja el balance de agua en las flores. El balance de agua durante la vida poscosecha del crisantemo está estrechamente relacionado con los tratamientos después del corte (van Meeteren, 1992).

2.2.2. Respiración

La respiración es el proceso mediante el cual los carbohidratos y el oxígeno se transforman en energía, calor, agua y dióxido de carbono. El factor principal que influye fuertemente sobre la respiración es la temperatura. Al aumentar la tasa de respiración, las flores consumen sus reservas de azúcares a un ritmo más rápido y su vida se acorta. La tasa de respiración aumenta en forma exponencial con la temperatura. Así, a 10 °C las flores respiran tres veces más rápido que a 0 °C. Sin embargo, a 20 °C las flores respiran entre 25 y 28 veces (según la especie) más rápido que a 0 °C. En otras palabras, una hora de vida a 20 °C equivale a 25 horas a 0 °C (D' Hont, 1997).

2.2.3. Etileno

El etileno es un gas presente en el aire, aunque su concentración es más alta en los lugares donde se almacenan flores u hortalizas o donde hay gases como resultado de combustión. El etileno es la hormona que regula la senescencia de las flores; ellas mismas la producen y en situaciones de estrés las concentraciones llegan a ser elevadas. Investigaciones realizadas en Holanda han demostrado que la producción de etileno en las flores cortadas aumenta cuando sufren por falta de agua, cuando se les almacena en posición horizontal y no vertical, cuando la intensidad de luz es baja, o si están afectadas por alguna lesión mecánica o por algún patógeno. También se ha encontrado que el nivel de producción de etileno aumenta si las flores se encuentran en lugares con concentraciones altas de este gas lo que se explica como un efecto de autocatálisis. El etileno es el responsable de que las membranas celulares pierdan permeabilidad, lo que se traduce en la deshidratación de los pétalos; las flores afectadas por este problema se conocen como flores dormidas (D' Hont, 1997).

2.2.4. Manejo

Las pérdidas poscosecha resultan de un manejo inadecuado de las flores después de la cosecha o durante el transporte. El crisantemo es vulnerable a los daños físicos y mecánicos por la naturaleza frágil del follaje y de la flor. Estos daños aumentan la síntesis de etileno en los tejidos y causan marchitamiento prematuro de la flor. La falta de un suministro permanente de carbohidratos y agua en los tallos ocasiona un marchitamiento rápido del follaje y de las flores. Si el marchitamiento es prolongado,

más allá de un cierto límite, las flores no recuperan su turgencia cuando se les restituye el agua. Los factores físicos (luz, temperatura y estrés hídrico entre otros), daños mecánicos durante y después de la cosecha, problemas fisiológicos, enfermedades y plagas son los principales responsables de pérdidas enormes de flores después del corte. Aparte de las deficiencias minerales, la brotación prematura, las quemaduras de sol y la muerte de flores son algunos de los desórdenes fisiológicos comunes que se han observado en crisantemo. Las flores de crisantemo, debido a su naturaleza delicada, son propensas a marchitamiento por desequilibrios entre la transpiración y absorción de agua. En casos severos, el marchitamiento puede resultar en un daño irreversible reduciéndose la calidad de la flor. Además, frecuentemente se observa clorosis foliar durante un almacenamiento prolongado, especialmente cuando las flores son sometidas a oscuridad o a temperaturas altas (Salunkhe *et al.*, 1990).

2.3. Los azúcares en las plantas

Los azúcares son el componente principal de la savia del floema en la mayoría de las plantas. Los azúcares que se transportan en el floema son azúcares no reductores (Salibusry y Ross, 1994; Medrano y Flexas, 2001). La sacarosa es el principal azúcar de transporte, un disacárido no reductor, formado por la unión de glucosa y fructosa ($\alpha 1 \rightarrow \beta 2$) (Sturm, 1999). Alrededor del 80-85 % del contenido orgánico de la savia del floema es sacarosa (Avigaid y Dey, 1997); puede haber otros azúcares, pero sólo en cantidades traza (Salibusry y Ross, 1994; Medrano y Flexas, 2001).

De acuerdo con las actividades fisiológicas o necesidades bioquímicas de los tejidos fotosintéticos, la sacarosa se incorpora en varias rutas metabólicas en diferentes compartimentos celulares. Al hidrolizarse puede entrar en la glicólisis y en el ciclo de los ácidos tricarboxílicos (Ciclo de Calvin o Ciclo C_3) para la producción de ATP y NADH. Los carbonos de este disacárido también son utilizados para la biosíntesis de metabolitos primarios importantes para el crecimiento y desarrollo. La sacarosa puede convertirse en polímeros como almidón, triglicéridos, polipéptidos o en otros compuestos secundarios, que le permiten a la planta resistir el ataque de plagas o enfermedades y otros problemas ambientales (Sturm, 1999). En la mayoría de las plantas, la sacarosa es la forma en que los carbohidratos son transportados desde los sitios de síntesis a los órganos de demanda o almacén (Duffus y Duffus, 1984; Avigad y Dey, 1997). Sirve como fuente de energía en células fotosintéticas y se transporta con facilidad, a través del floema hacia los tejidos en desarrollo. El sitio primario de la síntesis de sacarosa en las hojas es el citosol de las células del mesófilo (Daie, 1985), donde se efectúa el ciclo de Calvin. La glucosa y la fructosa libres no son precursores importantes de la sacarosa; pero sí lo son las formas fosforiladas: el 1-fosfato de glucosa y el 1-fosfato de fructosa que contienen las dos unidades de hexosa que se necesitan para formar la sacarosa (Salisbury y Ross, 1994).

El almidón es el producto final de la fijación de carbono por la fotosíntesis y el principal polisacárido de reserva de las plantas. Está presente en la mayoría de las plantas y prácticamente en todo tipo de tejidos: hojas, frutos, granos de polen, raíces, yemas y tallos (Preiss y Sivark, 1996). En las hojas se almacena en forma de gránulos insolubles en los cloroplastos, donde es un producto directo de la fotosíntesis. En los órganos de almacenamiento se acumula en los amiloplastos, después de que es formado por la

translocación de sacarosa u otro carbohidrato proveniente de las hojas (Medrano y Flexas, 2001). El almidón está formado por unidades amilosa, moléculas de glucosa unidas linealmente mediante enlaces α (1-4) y amilopectina, moléculas de glucosa unidas linealmente por medio de enlaces α (1-4) con ramificaciones formadas por enlaces α (1-6). Esta estructura compleja hace que su degradación se efectúe mediante un conjunto de reacciones enzimáticas. Las principales enzimas que degradan al almidón son: α -amilasa, β -amilasa y almidón fosforilasa. El producto final de la hidrólisis de almidón es la glucosa; sin embargo, la sacarosa es el producto fotosintético más utilizado para el transporte de carbohidratos a través de la planta. En el proceso de respiración, la sacarosa debe ser primeramente hidrolizada mediante una de dos enzimas citosólicas: la invertasa (Sturm, 1999), o la sacarosa sintasa (Day y Copeland, 1993).

2.4. Los elementos minerales en el metabolismo de carbohidratos

Los elementos minerales considerados como esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas han sido clasificados en dos grupos; los nutrimentos mayores: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, potasio, fósforo, calcio, magnesio y azufre; y los nutrimentos menores: hierro, manganeso, boro, zinc, cobre y molibdeno (Duffus y Duffus, 1984); además, Paparozzi (2003) incluye al cloro y al níquel.

El nitrógeno desempeña una función dominante en el crecimiento de la planta y la deficiencia de este elemento reduce la división y expansión celular. La mayoría de las plantas pueden absorber nitrógeno en forma de nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+) o de

ambas formas. Las enzimas de asimilación de amonio en el citoplasma convierten el amonio a compuestos amino que son transportados a otras partes de la planta a través del xilema. En la mayoría de las plantas, el NO_3^- es la forma principal disponible para las células de la raíz. El NO_3^- absorbido puede ser reducido a NH_4^+ en las raíces y en los cloroplastos por la acción combinada de la nitrato y nitrito reductasa. El NH_4^+ sirve como fuente de nitrógeno para la síntesis de aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos. Específicamente los iones NH_4^+ pueden ser metabolizados ya sea por la enzima glutamato deshidrogenasa o glutamina sintetasa para dar glutamato o glutamina, respectivamente (Duffus y Duffus, 1984).

Como el nitrógeno, el fósforo y el azufre también son incorporados dentro de un número de intermediarios metabólicos derivados de la oxidación de carbohidratos; por ejemplo, todos los intermediarios de la ruta del glicolato son fosfatos. Existe una relación estrecha entre el suministro de fosfato y el metabolismo de carbohidratos; la deficiencia de fósforo, por ejemplo, puede ocasionar mayor acumulación de sacarosa y a veces de almidón. El azufre se requiere principalmente para la síntesis de aminoácidos que contienen azufre, cisteína y metionina y por lo tanto su metabolismo está íntimamente relacionado al del nitrógeno. El magnesio, quizás es el elemento más ligado al metabolismo de carbohidratos. Es un cofactor esencial para muchas de las enzimas involucradas (Duffus y Duffus, 1984), por ejemplo de las que catalizan las reacciones en la síntesis de sacarosa (Salisbury y Ross, 1994). Forma complejos con el ATP, ya que las ATPasas utilizan como sustrato los complejos Mg-ATP; además, la fosforilación del ATP a partir del ADP requiere de Mg^{2+} (Bonilla, 2001).

La función principal de los nutrimentos menores es en la catálisis biológica. Por ejemplo, el hierro es importante en la respiración, como constituyente de los citocromos y de la citocromo oxidasa (Duffus y Duffus, 1984); desempeña un papel elemental en la formación de membranas tilacoidales. Las plantas con deficiencia de este elemento desarrollan cloroplastos con pocos tilacoides (Terry y Rao, 1991). El contenido y actividad de fijación de CO₂ de Rubisco disminuyen en un 60 % y un 66 %, respectivamente, en hojas con deficiencia severa de Fe. La acción de la Rubisco activasa para activar Rubisco también se reduce en un 27 % (Winder y Nishio, 1995).

El manganeso en forma de ion Mn²⁺ es activador de numerosas enzimas, ejerce una función estructural en el sistema de membranas del cloroplasto (Salisbury y Ross, 1994) y es esencial para la hidrólisis del agua y oxígeno en la fotosíntesis (Lawlor, 1991). El cobre es un constituyente de la citocromo oxidasa y junto con un suministro adecuado de hierro puede estar disponible para la síntesis de esta enzima. La deficiencia de molibdeno en muchas plantas puede resultar en síntomas de clorosis en hojas viejas; esto está asociado con niveles altos de nitrato en hojas debido a una reducida actividad de la nitrato reductasa dependiente del molibdeno (Duffus y Duffus, 1984).

2.5. Importancia de la calidad en flores de corte

En Holanda fue realizado un estudio para determinar el tiempo que tardaban las flores en llegar a los diferentes países a donde eran exportadas. Desde el día del corte, las flores pasaban en promedio cuatro días en camino antes de llegar al florero del consumidor alemán, ocho días antes de llegar al italiano (a más de 1,600 km de distancia) y 12 días

para llegar a un consumidor en los Estados Unidos. Con base en una entrevista a una gran cantidad de consumidores, concluyeron que la calidad es equivalente a la durabilidad. Además del tiempo, la temperatura es otro factor importante que incide sobre la calidad de las flores. La temperatura baja y constante durante el transporte es determinante para evitar pérdidas de calidad en las flores (D' Hont, 1997).

Se consideran dos aspectos referentes a la calidad: la calidad visible y la calidad interna. La calidad visible son las características de las flores que pueden ser evaluadas al momento de abrir el ramo y que posiblemente sean las más importantes para el consumidor; en el caso de la rosa, por ejemplo, corresponde a la relación entre el tamaño del botón y la longitud del tallo, la uniformidad de las flores en un mismo ramo, su punto de apertura, el estado de las hojas y los residuos de plaguicidas que éstas y los pétalos puedan presentar. Entre las características relacionadas con la calidad interna se encuentran: durabilidad, apertura en el florero, conservación del color en pétalos y hojas. Para lo anterior es indispensable la ayuda de un laboratorio especializado a fin de obtener una respuesta rápida (D' Hont, 1997).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

El cultivo de las plantas se realizó bajo condiciones de invernadero en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, de abril a septiembre de 2002.

3.2. Material vegetal y tratamientos

Se utilizaron plántulas de crisantemo 'Eleonora' tipo anémona. Los tratamientos consistieron en 12 soluciones nutritivas; seis de relaciones $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$ y seis de relaciones $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$ (Cuadros 1 y 2). Las soluciones se prepararon de acuerdo con la metodología propuesta por Steiner (1961). El tratamiento 1 fue el testigo y correspondió a la solución nutritiva desarrollada por Steiner (1961) en las dos series de tratamientos.

Cuadro 1. Tratamientos con diferentes relaciones $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$, en porcentaje.

Tratamiento (T)	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO_4^{2-}
T1	35	45	20	60	5	35
T2	20	55	25	60	5	35
T3	60	25	15	60	5	35
T4	10	60	30	60	5	35
T5		$T_1 (1-4)^{\dagger}$	$T_3 (5-10)$		$T_4 (11-14)$	
T6	40	50	10	60	5	35

[†]Los números entre paréntesis fueron las semanas en que fue aplicado el tratamiento indicado.

Cuadro 2. Tratamientos con diferentes relaciones $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{K}^+$, en porcentaje.							
Tratamiento (S)	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	NH_4^+	NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^{2-}
S1	35	45	20	-	60	5	35
S2	60	25	15	-	60	10	30
S3	40	40	20	-	40	9	51
S4	25	50	25	-	60	5	35
S5 [†]	31.5	40.5	18	10	60	5	35
S6		T1 (1-5) [‡]		T2 (6-10)		T3 (11-14)	

[†]El 85.7 % de la proporción de N del tratamiento 5 correspondió a NO_3^- y el 14.3 % a NH_4^+ .

[‡]Los números entre paréntesis fueron las semanas en que fue aplicado el tratamiento indicado.

3.3. Conducción del experimento y diseño experimental

El experimento fue conducido en un sistema hidropónico abierto. Las plántulas se cultivaron en contenedores de polietileno de 2.2 m de largo, 1.2 m de ancho y 0.2 m de altura. El sustrato utilizado fue tezontle de tamaño de partícula de 5 mm. La densidad de plantas por contenedor fue de 144. Los tratamientos se distribuyeron completamente al azar con cuatro repeticiones y las soluciones se aplicaron por medio de goteo.

Al final del ciclo del cultivo o punto de corte, 115 días después del transplante (DDT), se colectaron ocho plantas por unidad experimental para su análisis químico y 10 tallos florales para evaluar la vida poscosecha. La evaluación de la vida poscosecha se realizó en condiciones de 23.1 °C y 63.5 % de humedad relativa en promedio (entre el día y la noche) y 9 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de intensidad lumínica durante el día. Los análisis químicos y la evaluación de la vida poscosecha fueron realizados y reportados por (Gil, 2003) y (Gutiérrez, 2003). En el momento de corte se eligieron cuatro hojas recientemente maduras y dos capítulos por unidad experimental, para la determinación de azúcares totales, azúcares reductores y almidón.

3.4. Variables evaluadas

3.4.1. Diámetro del tallo y del capítulo

En el momento de corte, se midió el diámetro del tallo en la parte superior (1 cm abajo del punto de unión del tallo floral con el receptáculo) y el diámetro del capítulo

3.4.2. Azúcares totales, azúcares reductores y almidón

Para la determinación de estas variables, primero se hizo la extracción de los azúcares solubles, a partir de las muestras de hojas y capítulos. El procedimiento usado se encuentra en el Anexo 1.

La determinación de los azúcares y almidón fue realizada de acuerdo con las siguientes metodologías: método de antrona (Whitam *et al.*, 1971) para azúcares totales; método colorimétrico de Somogyi (1952) para azúcares reductores; y método de la diastasa (Ortega y Rodríguez, 1979) para almidón; los procedimientos se encuentran en los Anexos 2, 3 y 4, respectivamente.

3.4.3. Producción de CO₂ y etileno

La determinación de la tasa de respiración y producción de etileno (C₂H₄) se hizo en el día de corte, y a los 5 y 10 días después del corte. En recipientes herméticamente cerrados se colocaron dos tallos florales por tratamiento con dos repeticiones, durante

dos horas; después se extrajeron 5 mL de gas con una aguja hipodérmica. Las determinaciones de CO₂ y etileno se efectuaron en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard 5890 Serie II. La temperatura del horno fue de 80 °C y la del detector de 150 °C. El gas de arrastre fue helio con un flujo de 32.3 mL min⁻¹. La cantidad inyectada de gas fue de 1 mL. Los resultados se expresaron en mL kg⁻¹ h⁻¹ y nL g⁻¹ h⁻¹ con base en peso fresco, para CO₂ y etileno, respectivamente.

3.5. Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante el análisis de varianza y comparaciones de medias con la prueba de Tukey. La herramienta usada fue el Sistema SAS (The SAS[®] System for Windows, Versión 8). El modelo estadístico correspondiente fue el siguiente:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

y_{ij} = valor de la variable respuesta del tratamiento i en la repetición j .

μ = media general.

τ_i = efecto del tratamiento i .

ϵ_{ij} = error experimental.

$\epsilon_{ij} \sim NIID (0, \sigma^2)$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los Cuadros 3 y 4 se presenta el resumen del análisis de varianza de las variables morfológicas: diámetro de tallo (DT) y diámetro de capítulo (DC); y las variables fisiológicas: concentración de azúcares totales en hojas (ATH), concentración de azúcares totales en flores (ATF), concentración de azúcares reductores en hojas (ARH), concentración de azúcares reductores en flores (ARF), concentración de almidón en hojas (AH) y concentración de almidón en flores (AF). Para las variables de producción de CO₂ y de etileno el resumen del análisis de varianza se presenta en los Cuadros 5 y 6.

Cuadro 3. Efecto de las relaciones K⁺:Ca²⁺:Mg²⁺, sobre variables morfológicas y fisiológicas en crisantemo 'Eleonora'.

	Variables morfológicas				Variables fisiológicas			
	DT (cm)	DC (cm)	ATH (mg g ⁻¹) [†]	ATF (mg g ⁻¹)	ARH (mg g ⁻¹)	ARF (mg g ⁻¹)	AH (mg g ⁻¹)	AF (mg g ⁻¹)
Pr > F	0.0026	0.0694	0.5884	0.4271	0.1783	0.0179	0.0762	0.4588
C.V.	6.19	3.53	22.75	22.44	26.09	18.86	8.66	15.97

C.V. = Coeficiente de variación.

[†]Las unidades están expresadas con base en peso fresco.

Cuadro 4. Efecto de las relaciones NO₃⁻:H₂PO₄⁻:K⁺, sobre variables morfológicas y fisiológicas en crisantemo 'Eleonora'.

	Variables morfológicas				Variables fisiológicas			
	DT (cm)	DC (cm)	ATH (mg g ⁻¹) [†]	ATF (mg g ⁻¹)	ARH (mg g ⁻¹)	ARF (mg g ⁻¹)	AH (mg g ⁻¹)	AF (mg g ⁻¹)
Pr > F	0.7233	0.823	0.038	0.0034	0.2119	0.337	0.2943	0.8075
C.V.	8.33	5.06	16.50	21.70	12.77	27.36	8.86	15.40

C.V. = Coeficiente de variación.

[†]Las unidades están expresadas con base en peso fresco.

Cuadro 5. Efecto de las relaciones $K^+:Ca^{2+}:Mg^{2+}$, sobre la tasa de producción de CO_2 y etileno en tallos florales de crisantemo 'Eleonora', en el día de corte (Fecha 1) y a los 5 (Fecha 2) y 10 días (Fecha 3) después del corte.

	Tasa de producción de CO_2 (mL CO_2 kg ⁻¹ h ⁻¹)			Tasa de producción de etileno (nL C_2H_4 g ⁻¹ h ⁻¹)		
	Fecha 1	Fecha 2	Fecha 3	Fecha 1	Fecha 2	Fecha 3
Pr > F	0.5690	0.1250	0.0340	0.0390	0.0381	0.0617
C.V.	14.55	15.90	13.02	12.17	13.07	14.64

C.V. = Coeficiente de variación.

Cuadro 6. Efecto de las relaciones $NO_3^-:H_2PO_4^-:K^+$, sobre la tasa de producción de CO_2 y etileno en tallos florales de crisantemo 'Eleonora', en el día de corte (Fecha 1) y a los 5 (Fecha 2) y 10 días (Fecha 3) después del corte.

	Tasa de producción de CO_2 (mL CO_2 kg ⁻¹ h ⁻¹)			Tasa de producción de etileno (nL C_2H_4 g ⁻¹ h ⁻¹)		
	Fecha 1	Fecha 2	Fecha 3	Fecha 1	Fecha 2	Fecha 3
Pr > F	0.4297	0.0966	0.1438	0.0015	0.0215	0.0023
C.V.	23.04	14.30	17.26	9.13	12.97	8.97

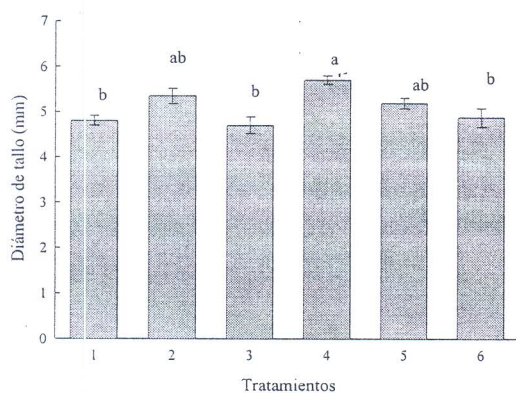
C.V. = Coeficiente de variación.

Las relaciones $K^+:Ca^{2+}:Mg^{2+}$ influyeron significativamente en el diámetro de tallo, en la concentración de azúcares reductores en flores (Cuadro 3), en la respiración de los tallos florales a los 10 días después del corte, y en la producción de etileno en las tres fechas evaluadas (Cuadro 5). En las otras variables no se observaron efectos significativos.

Las relaciones $NO_3^-:H_2PO_4^-:K^+$ influyeron significativamente en la concentración de azúcares totales en hojas y flores (Cuadro 4), y en la producción de etileno de los tallos florales en las tres fechas evaluadas (Cuadro 6). En las otras variables no se observaron efectos significativos.

4.1. Diámetro del tallo y capítulo

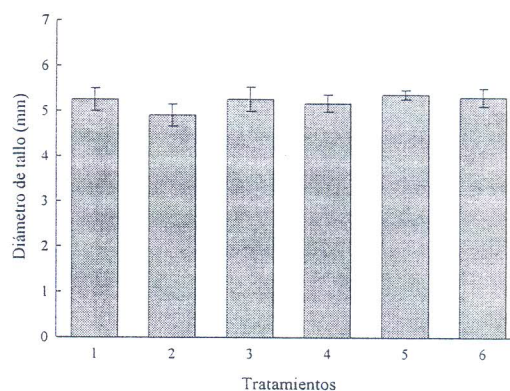
La relación 10:60:30 (T4) de $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$, produjo el diámetro de tallo mayor (5.7 mm); los diámetros menores fueron obtenidos con las relaciones 35:45:20 (T1; testigo), 60:25:15 (T3) y 40:50:10 (T6) (4.9, 4.8 y 4.7 mm, respectivamente) (Figura 1). Las relaciones iónicas $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$ no afectaron significativamente el diámetro del tallo y tampoco se observó alguna tendencia (Figura 2).



T₁: 35:45:20 T₂: 20:55:25 T₃: 60:25:15
T₄: 10:60:30 T₅: 40:50:10

T₅: T₁ (1-4)^z, T₃ (5-10)^z, T₄ (11-14)^z

^z Semanas en que fue aplicado el tratamiento indicado.



S₁: 60:5:35 S₂: 60:10:60 S₃: 40:9:40
S₄: 60:5:25 S₅: 85.7:14.3 (Relación $NO_3^- : NH_4^+$)

S₆: S₁ (1-5)^z, S₂ (6-10)^z, S₃ (11-14)^z

^z Semanas en que fue aplicado el tratamiento indicado.

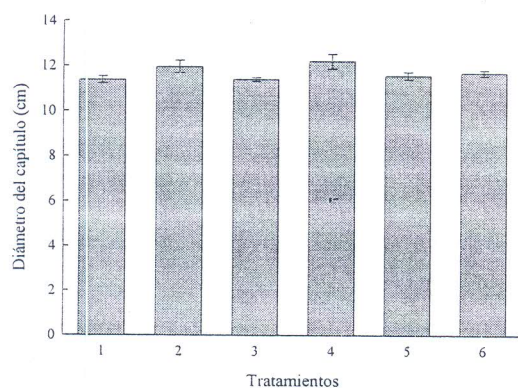
Figura 1. Diámetro del tallo en flor de crisantemo 'Eleonora' en función de diferentes relaciones porcentuales de $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$.

Figura 2. Diámetro del tallo en flor de crisantemo 'Eleonora' en función de diferentes relaciones porcentuales de $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$.

Los resultados anteriores son afines a lo reportado por Gil (2003), quien encontró que con niveles altos de Ca^{2+} y Mg^{2+} el crecimiento del crisantemo fue mayor, lo que se reflejó especialmente en la acumulación de materia seca en la etapa final del cultivo (115 DDT). Igualmente, observó que la acumulación más baja de materia seca fue con niveles bajos de Ca^{2+} y Mg^{2+} . Puede inferirse que la concentración alta de Ca^{2+} en la relación 10:60:30 (T4) de $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$, favoreció el grosor del tallo ya que el calcio

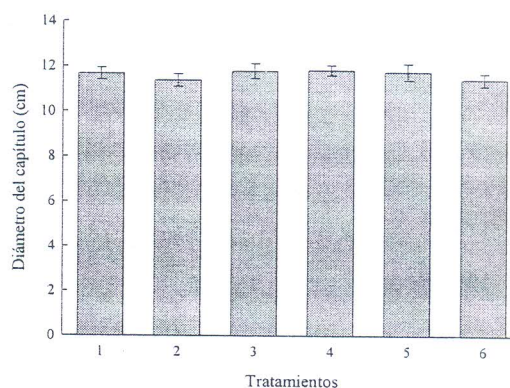
como elemento estructural se fija en las paredes celulares, en donde forma puentes catiónicos entre las moléculas de polisacáridos pécticos asociados a las armazones de celulosa-xiloglucanos, o bien en sitios fijos en la parte externa de la membrana celular en donde forma puentes catiónicos entre los grupos fosfato y carboxilato de los fosfolípidos o se asocia con las proteínas de membrana (Bus, 1995).

El diámetro del capítulo no fue afectado significativamente por ninguna de las relaciones $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$ o $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$ (Figuras 3 y 4).



T₁: 35:45:20 T₂: 20:55:25 T₃: 60:25:15
T₄: 10:60:30 T₆: 40:50:10
T₅: T₁ (1-4)^z, T₃ (5-10)^z, T₄ (11-14)^z
^z Semanas en que fue aplicado el tratamiento indicado.

Figura 3. Diámetro del capítulo en crisantemo 'Eleonora' en función de diferentes relaciones porcentuales de $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$.



S₁: 60:5:35 S₂: 60:10:60 S₃: 40:9:40
S₄: 60:5:25 S₅: 85.7:14.3 (Relación $NO_3^- : NH_4^+$)
S₆: S₁ (1-5)^z, S₂ (6-10)^z, S₃ (11-14)^z
^z Semanas en que fue aplicado el tratamiento indicado.

Figura 4. Diámetro del capítulo en crisantemo 'Eleonora' en función de diferentes relaciones porcentuales de $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$.

La fase inicial del crecimiento vegetativo, caracterizado por la elongación del tallo y la proliferación de hojas generalmente es seguida por una fase reproductiva en la cual la floración acompaña la terminación del crecimiento del tallo (Duffus y Duffus, 1984). Si se compara el efecto de las relaciones iónicas $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$ sobre el diámetro de tallo y de capítulo, se observa que la relación 10:60:30 (T4) favoreció el grosor del tallo y el crecimiento de la flor. Se encontró una correlación positiva ($r = 0.51$) entre el diámetro

del tallo y del capítulo. Por otra parte, el nivel de nitrógeno fue de 60 % (en forma de NO_3^-) en todas las relaciones $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$, considerado como un nivel óptimo de acuerdo con Steiner (1961). Puesto que el calcio favorece la absorción de NO_3^- y por ello está interrelacionado con el metabolismo de nitrógeno (Wild y Jones, 1992) se podría deducir que la relación 10:60:30 (T4) mantuvo una relación iónica balanceada que permitió un mayor engrosamiento del tallo, debido a que el nitrógeno actúa sobre los tejidos del tallo y de la raíz aumentando su grosor. Por lo tanto, un nivel adecuado de nitrógeno combinado con una relación óptima $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$ en la nutrición de la planta favorece la canalización de los azúcares sintetizados en las hojas, hacia los lugares de reserva temporal (como el tallo) para posteriormente ser utilizados por los órganos de demanda, como la flor.

4.2. Azúcares totales

Las relaciones $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$ no influyeron significativamente en la concentración de azúcares en hojas ni en flores. En promedio, la concentración de azúcares totales en hojas fue de 55.4 mg g^{-1} de p. f. (Figura 5). En flores, aunque no hubo efectos significativos, las relaciones 20:55:25 (T2) con un nivel alto de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ y la relación 60:25:15 (T3) correspondiente al nivel más alto de K^+ (y bajo en $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) tendieron a incrementar el contenido de azúcares totales. Por otra parte, la relación 10:60:30 (T4) correspondiente al nivel más bajo de K^+ (y alto en $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$), el T5 y la relación 40:50:10 (T6) con un nivel medio de $\text{K}^+ + \text{Ca}^{2+}$ y bajo de Mg^{2+} tendieron a generar los contenidos menores de azúcares totales en flores (Figura 6).

La concentración de azúcares totales fue mayor en las hojas que en las flores y al parecer las relaciones $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$ no influyeron en el transporte de azúcares de las hojas hacia las flores. En la relación 10:60:30 (T4) el contenido de azúcares en flores fue cerca de la mitad de lo encontrado en hojas, pues en éstas el promedio fue de 62.5 mg g^{-1} de peso fresco (p. f.) y en flores de 32.8 mg g^{-1} de p. f.; la menor diferencia fue en la relación 60:25:15 (T3), donde el contenido en hojas fue de 50.4 mg g^{-1} de p. f. y en flores de 42.0 mg g^{-1} de p. f.

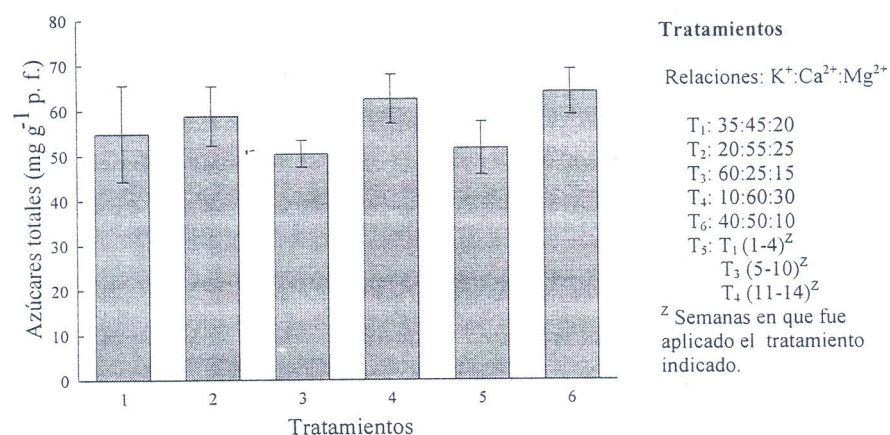


Figura 5. Azúcares totales en hojas de crisantemo 'Eleonora' en el momento de corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$.

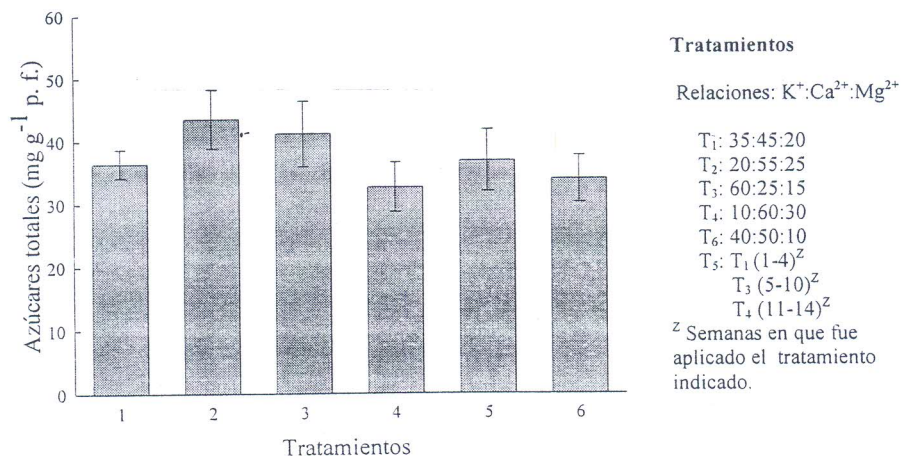


Figura 6. Azúcares totales en flores de crisantemo 'Eleonora' en el momento de corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$.

La producción de azúcares está regulada por la luz, la temperatura, la concentración de CO_2 en el dosel de las plantas y los niveles nutrimentales en los tejidos fotosintéticos y de transporte. Los elementos minerales desempeñan funciones específicas en la fotosíntesis como parte esencial en los pigmentos fotosintéticos, por su participación en la síntesis de azúcares o como cofactores o activadores enzimáticos. Además, numerosos estudios fisiológicos y bioquímicos han explicado que la acumulación de carbohidratos en las hojas regula la fotosíntesis (Jang y Sheen, 1994), el desarrollo y los procesos fisiológicos de la planta (Gibson, 2000; Loreti, 2001).

Los cationes K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} funcionan como cofactores en la fotosíntesis, y por lo tanto son elementos imprescindibles en la formación de azúcares. Los niveles altos de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ en las relaciones 20:55:25 (T2) y 10:60:30 (T4) pudieron haber influido en la concentración de azúcares totales en hojas. El calcio además de desempeñar funciones de tipo estructural y como regulador del metabolismo secundario (Bush, 1993; Bush, 1995) está involucrado en el acoplamiento señal/respuesta de varios procesos en las plantas que son reguladas por estímulos ambientales y por hormonas (Anil y Rao, 2001). Una función del calcio como elemento esencial en el metabolismo de carbohidratos es la activación de la α -amilasa en la degradación del almidón en la que se produce maltosa. Posteriormente las unidades de glucosa pueden convertirse en sacarosa en el citosol (Flügge, 2000). En plantas de tabaco se encontró que la concentración máxima de carbohidratos en hojas fue con un nivel alto de Ca (5 mM de $\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) y la mínima con un nivel bajo (2.5 mM de $\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) (Ruiz y Romero 1998). Por otro lado, el magnesio tiene una función específica en la fotosíntesis como átomo central de la

molécula de clorofila (Hopkins, 1995; Marschner, 1998) y en la regulación de actividades enzimáticas (Lawlor, 1991). Participa en las reacciones enzimáticas que transfieren fosfatos, principalmente en la glicólisis y en el ciclo de las pentosas fosfato y contribuye en la fijación eficiente de CO_2 , funciones cruciales para el metabolismo celular de la planta y el balance energético (Borgatto *et al.*, 2002).

En el análisis de tejido vegetal, Gil (2003) encontró que los niveles altos de Ca^{2+} y Mg^{2+} generaron mayor acumulación de calcio y magnesio en hojas a los 77 y 115 DDT; con niveles bajos la acumulación de estos elementos fue menor. A los 77 DDT (momento de aparición del botón floral) se encontró una correlación positiva entre la acumulación de magnesio en hojas y la concentración de azúcares totales en hojas ($r = 0.70$). A los 115 DDT, la correlación entre la acumulación de calcio y magnesio y la concentración de azúcares totales en hojas fue positiva ($r = 0.63$ y $r = 0.52$, respectivamente). De acuerdo con esto, parece ser que la correlación positiva indica una relación directa causa-efecto de las funciones específicas del calcio y magnesio en la fotosíntesis y metabolismo con la síntesis de carbohidratos en las relaciones $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$ que tendieron a incrementar la concentración de azúcares totales.

Por lo tanto, una relación iónica alta $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$ puede ejercer una acción sinérgica y funcionar como un mecanismo de regulación en parte debido a que las concentraciones altas de calcio favorecen la acumulación de carbohidratos (Hepler y Wayne, 1985; Wei y Sung, 1993) y a la función del magnesio como cofactor de las enzimas que catalizan las reacciones de la síntesis de sacarosa (Avigaid y Dey, 1997).

Es importante resaltar que el nivel de K^+ en las relaciones 20:55:25 (T2) y 10:60:30 (T4) fue medio y bajo, respectivamente. Al parecer el nivel de K^+ no se manejó a un nivel crítico que afectara la concentración de azúcares. En el análisis de tejido vegetal, Gil (2003) encontró que la acumulación de potasio en hojas fue significativa a los 35 DDT, pero durante el resto del ciclo del cultivo los niveles de potasio no influyeron significativamente en la acumulación de este elemento en las hojas. La correlación negativa K-azúcares totales ($r = -0.56$) que se encontró en hojas, parece indicar que una acumulación alta de potasio disminuye la concentración de azúcares. Se sabe que la deficiencia de potasio afecta negativamente varios aspectos del metabolismo de las hojas, provoca alteraciones en la concentración de carbohidratos y disminuye las tasas de fotosíntesis y translocación (Huber, 1984).

El nivel de nitrógeno y fósforo fue constante en todas las relaciones $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$; tal vez sus funciones específicas en el metabolismo de carbohidratos no fueron afectadas por el nivel de los demás elementos. Posiblemente una interacción entre el potasio y el nitrógeno tendió a favorecer la síntesis de azúcares en las hojas. Moreno *et al.* (2000) encontraron concentraciones altas de sacarosa, fructosa y caroteno en hojas de chile con una relación N:K de 18:4 (en $g\ m^{-2}$ aplicado en el suelo) que correspondió a la combinación de un nivel medio a alto de N (en forma de NH_4NO_3) y un nivel bajo de K (en forma de K_2SO_4); además, con esta relación también se expresó el máximo rendimiento de fruto total y comercial. Por lo cual, es evidente que existe una estrecha relación entre la fotosíntesis, el contenido de carbohidratos y el nivel de nitrógeno y potasio en las plantas (Guardia y Benlloch, 1980).

La concentración de azúcares totales en flores presentó una correspondencia con un nivel alto de Ca^{2+} en la relación 20:55:25 (T2) y con el nivel alto de K^+ en la relación 60:25:15 (T3), pero no se relacionó con la vida poscosecha de las flores (Cuadro 7). Se observó que la combinación alta de Ca^{2+} y Mg^{2+} de la relación 20:55:25 (T2) tendió a incrementar la concentración de azúcares en flores y en el caso de la relación con el nivel más alto de K^+ (T3), parece ser que este elemento fue el que favoreció la concentración de azúcares totales.

Cuadro 7. Vida poscosecha de flores de crisantemo 'Eleonora' en función de diferentes relaciones porcentuales de $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$.

Tratamiento (T)	Relación $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$	Vida poscosecha (Días)
T1	35:45:20	9 c
T2	20:55:25	9 c
T3	60:25:15	9 c
T4	10:60:30	14 b
T5	T1-T3-T4	14 b
T6	40:50:10	15 a

Valores dentro de columnas con la misma letra, son iguales estadísticamente, según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

Tomado de: Gil (2003).

En el análisis de tejido vegetal, Gil (2003) encontró que los niveles altos de Ca^{2+} y Mg^{2+} incrementaron la acumulación de calcio y magnesio en flores (115 DDT); con niveles bajos la acumulación de estos elementos fue menor. La vida de las flores fue más larga con los niveles altos de Ca^{2+} y Mg^{2+} (Cuadro 7), probablemente por el calcio acumulado en las flores. Un nivel óptimo de este elemento alarga la vida de las flores porque mantiene la integridad de las paredes celulares (Battey, 1990; Bush, 1995), retarda la senescencia de las membranas (Halevy *et al.*, 2001) y disminuye la síntesis de etileno

(Volpin y Elad, 1991). Por el contrario, con deficiencias de calcio se reduce la vida en florero y aumenta la necrosis de pétalos (Baas *et al.*, 2000).

La correlación negativa Ca-azúcares totales en flores ($r = -0.73$) a los 115 DDT indica que al aumentar la acumulación de calcio en flores, disminuyó la concentración de azúcares totales (Figura 7). Lo anterior no coincidió con la concentración alta de azúcares totales en flores obtenida con la relación 20:55:25 (T2) que correspondió al nivel mayor de Ca^{2+} en las distintas relaciones $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$. Por otra parte, la correlación Zn-azúcares totales en flores ($r = 0.73$) parece indicar que este elemento contribuye al transporte o síntesis de azúcares en flores (Figura 8).

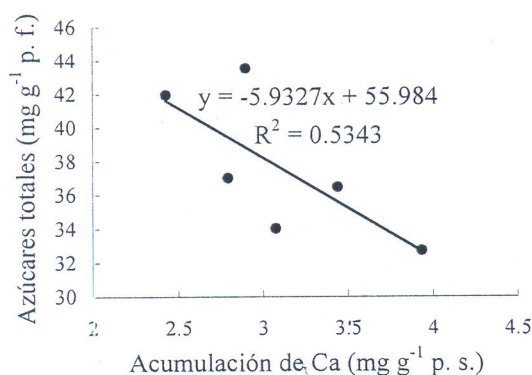


Figura 7. Relación entre la acumulación de Ca, a los 115 DDT, y la concentración de azúcares totales en flores de crisantemo 'Eleonora' en función de diferentes relaciones porcentuales de $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$.

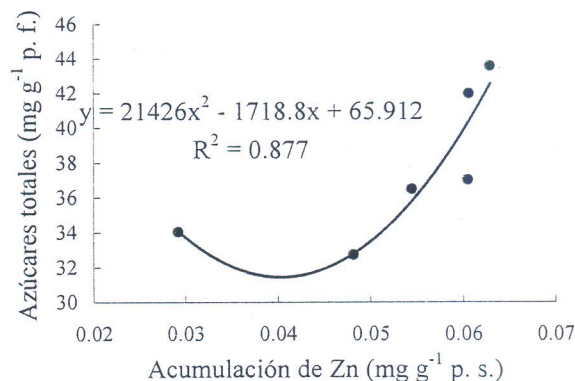


Figura 8. Relación entre la acumulación de Zn, a los 115 DDT, y la concentración de azúcares totales en flores de crisantemo 'Eleonora' en función de diferentes relaciones porcentuales de $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$.

Las relaciones iónicas $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{K}^+$, influyeron significativamente en el contenido de azúcares totales en hojas y en flores. En hojas, la concentración más alta fue con el S6 que correspondió a la aplicación de las relaciones 60:5:35 (semanas 1-5), 60:10:60 (semanas 6-10) y 40:9:40 (semanas 11-14). La concentración más baja fue con la

relación 85.7:14.3 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ (S5) (Figura 9). En flores, la concentración más alta fue con la relación 85.7:14.3 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ (S5) y la más baja con la relación 60:10:60 (S2) (Figura 10).

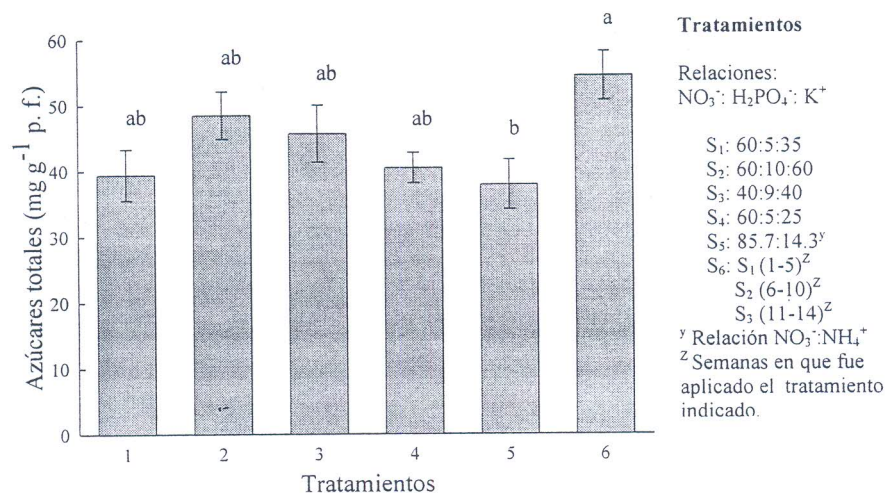


Figura 9. Azúcares totales en hojas de crisantemo 'Eleonora' en el momento de corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{K}^+$.

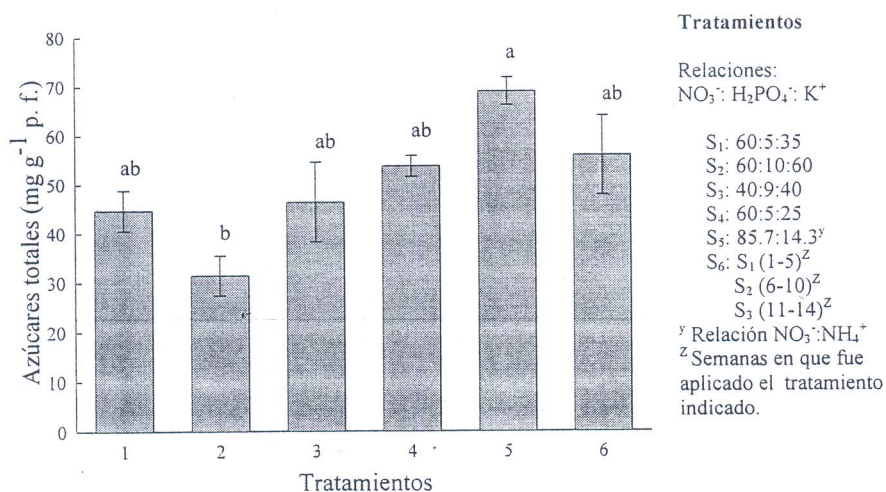


Figura 10. Azúcares totales en flores de crisantemo 'Eleonora' en el momento de corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{K}^+$.

La aplicación de las relaciones 60:5:35 (semanas 1-5), 60:10:60 (semanas 6-10) y 40:9:40 (semanas 11-14) (correspondiente a S6) incrementaron la concentración de

azúcares totales en hojas. Posiblemente influyó el hecho de que se aplicaron en diferentes etapas de desarrollo de la planta debido a que éstas absorben elementos selectivamente en función de su crecimiento y a la demanda de órganos en desarrollo.

La relación 60:5:35 (S1) aplicada en las primeras cinco semanas, que correspondió al testigo, no expresó un efecto significativo en el contenido de azúcares totales en hojas. Gutiérrez (2003) encontró que los diferentes niveles de NO_3^- , H_2PO_4^- y K^+ no influyeron significativamente en el crecimiento, acumulación y distribución de biomasa en los primeros 35 días del ciclo del cultivo.

La relación 60:10:60 (S2), aplicada en la etapa plena de desarrollo vegetativo (semanas 6-10), incrementó la concentración de azúcares en hojas quizá por los niveles altos de H_2PO_4^- y K^+ . Se sabe que los niveles de fósforo son críticos especialmente durante el crecimiento vegetativo (Jeschke *et al.*, 1996). El potasio ejerce una función vital en el crecimiento y metabolismo de la planta, a pesar de que no es constituyente de ningún componente de la planta (Marschner, 1998). El fósforo forma parte de compuestos orgánicos como la glucosa, los ácidos nucleicos, algunas coenzimas y los fosfolípidos (Schachtman *et al.*, 1998). Es componente del trifosfato de adenosina (ATP) de gran importancia en el metabolismo por la función que tiene en el almacenamiento y transporte de la energía producida en los procesos de fotosíntesis y respiración que, una vez liberada, es utilizada en la absorción de nutrientes y en la síntesis de azúcares.

La relación 40:9:40 (S3), también con un nivel alto de H_2PO_4^- , fue aplicada después de la aparición del botón floral (semanas 11-14). De esta manera, con la aplicación de las

relaciones 60:10:60 y 40:9:40, a las plantas se les suministró un nivel alto de H_2PO_4^- a partir de la sexta semana después del transplante; aunque es importante enfatizar que a partir de los 70 días el nivel de NO_3^- y K^+ con el S3 fue bajo y medio, respectivamente. Las relaciones 60:10:60 (S2) y 40:9:40 (S3) aplicadas como tratamientos durante todo el ciclo del cultivo también aumentaron la concentración de azúcares totales en las hojas. Las concentraciones más bajas se obtuvieron con las relaciones 60:5:35 (S1), 60:5:25 (S4) y 85.7:14.3 (Relación $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$; S5) (Figura 9), que contenían el nivel de H_2PO_4^- formulado por Steiner (1961). Además, en estas relaciones los niveles de K^+ fueron menores a los niveles correspondientes a S2 y a S3.

La nutrición principalmente con un nivel alto de H_2PO_4^- incrementó la acumulación de azúcares en las hojas de crisantemo. Varios estudios han indicado que la concentración de ortofosfato (P_i) en las hojas probablemente regula la fotosíntesis y la distribución de carbono *in vivo*. Otros estudios muestran que la concentración de fósforo en las hojas tiene un gran impacto en la regulación del flujo de fosfato (Adalsteinsson *et al.*, 1994; Jeschke *et al.*, 1996). En cambio, un nivel bajo de fósforo afecta la tasa fotosintética de la planta, reduce la formación de azúcares fosfato y afecta la actividad de varias enzimas de la ruta reductiva de las pentosas fosfato (RPP) (Rao y Terry, 1989). Por consiguiente, la concentración de P_i en el citosol controla la distribución de asimilados formados nuevamente entre la síntesis de sacarosa y almidón. Puesto que una molécula de P_i debe estar disponible para incorporarse a las triosas-fosfato por cada tres moléculas fijadas de CO_2 , debe proporcionarse un flujo significativo de P_i para mantener la fijación de carbono. Se cree que mucho de este P_i es usado para la síntesis de sacarosa a partir de las triosas-fosfato, es decir durante la acción de la FBPasa citosólica y de la sacarosa

fosfatasa, y de la pirofosfatasa después de la formación de difosfato de uridin glucosa (UDPG) (Heldt *et al.*, 1977).

En el análisis químico, Gutiérrez (2003) encontró que la acumulación de nitrógeno, fósforo y potasio en tallo y hojas fue afectada por las relaciones $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{K}^+$. La acumulación de nitrógeno fue alta con niveles altos de H_2PO_4^- y K^+ , después de los 49 DDT. La relación 85.7:14.3 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ (S5) también generó una acumulación alta de nitrógeno en las hojas. La acumulación de fósforo fue mayor con diferentes relaciones $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{K}^+$ en tres etapas de desarrollo. De esta manera, la acumulación de fósforo se incrementó con la aplicación de niveles altos de H_2PO_4^- después de los 35 DDT; en cambio, con un nivel bajo de H_2PO_4^- y K^+ la acumulación de fósforo en tallos y hojas también fue baja. La acumulación de potasio fue mayor y aumentó en la última fase de la etapa vegetativa y al final del ciclo del cultivo con la relación 85.7:14.3 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ (S5); en contraste, con un nivel alto de K^+ , la acumulación fue menor.

La mayor acumulación de fósforo en hojas con los niveles altos de H_2PO_4^- correspondió con la concentración alta de azúcares, por lo cual las plantas abastecidas con 9 y 10 % de H_2PO_4^- en la solución nutritiva tuvieron mayor disponibilidad de P_i en el citosol de las células de las hojas para la formación de azúcares, posiblemente sacarosa. El P_i puede afectar la activación de las enzimas de la ruta RPP. De acuerdo con estudios *in vitro*, los niveles bajos de P_i en el citosol disminuyen el transporte de triosas-fosfato del cloroplasto al citosol; esto ocurre alternadamente de la siguiente manera: 1) acumulación de intermediarios de la ruta RPP, 2) aumento de la síntesis de almidón, y 3) disminución de la síntesis de sacarosa (Heldt *et al.*, 1977). No obstante, Terry y Rao (1991) señalan

que al aumentar el nivel de Pi en el citosol se esperarían concentraciones altas de azúcares fosfato en los cloroplastos, mayor contenido de almidón y menos sacarosa. Los depósitos reducidos de azúcares fosfato con nivel bajo de fósforo se debe en parte al incremento de la actividad de la fosfatasa. También es probable que los niveles de azúcares fosfato en las hojas se agoten en respuesta al flujo creciente de carbono hacia la síntesis de sacarosa y almidón (Rao *et al.*, 1990). En la remolacha azucarera, las respuestas a la deficiencia de fósforo se reflejan en la asimilación, distribución y exportación de carbono y como consecuencia aumenta el contenido de almidón, sacarosa y glucosa (Terry y Rao, 1991).

La correlación P-azúcares totales y Mg-azúcares totales en hojas fueron positivas a los 77 DDT (momento de aparición del botón floral) y a los 118 DDT. Las ecuaciones ajustadas de regresión muestran la interacción positiva entre la acumulación de P y Mg con la concentración de azúcares totales en hojas a los 118 DDT (Figuras 11 y 12).

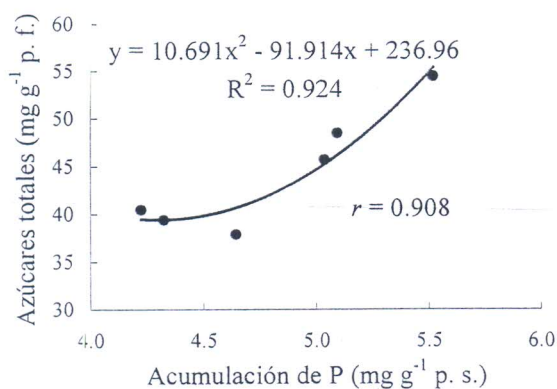


Figura 11. Relación entre la acumulación de P en tallo y hojas a los 118 DDT y la concentración de azúcares totales en hojas de crisantemo 'Eleonora', en función de diferentes relaciones porcentuales de $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{K}^+$.

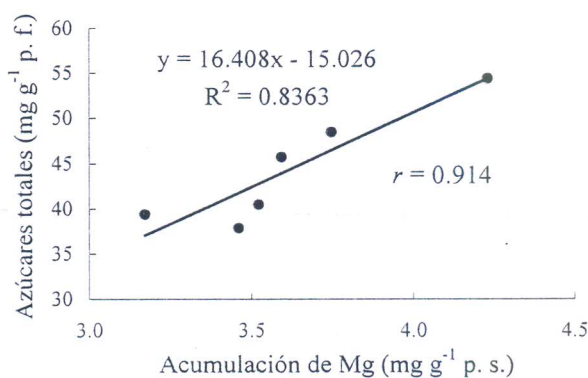


Figura 12. Relación entre la acumulación de Mg en tallo y hojas a los 118 DDT y la concentración de azúcares totales en hojas de crisantemo 'Eleonora', en función de diferentes relaciones porcentuales de $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{K}^+$.

Los carbohidratos están significativamente relacionados con el contenido de diferentes formas de fósforo en hojas posiblemente porque la absorción de fósforo requiere de la energía proporcionada por la hidrólisis de los carbohidratos (Ruiz *et al.*, 1996; López-Cantatero *et al.*, 1998). Baghour *et al.* (2001), encontraron correlaciones negativas significativas entre la concentración de fósforo inorgánico y la concentración de carbohidratos (fructosa, glucosa, sacarosa y almidón) en hojas de pimiento y determinaron que los carbohidratos participan en la absorción de fósforo. En este trabajo, se encontró una interacción positiva entre la acumulación de fósforo en tallo y hojas y la concentración de azúcares totales en hojas de crisantemo; quizás la acumulación alta de fósforo incrementó la concentración de azúcares en hojas y el transporte hacia las raíces fue en menor grado. Una gran absorción y translocación de fósforo hacia las hojas involucra el transporte de azúcares hacia las raíces y disminuye el nivel de azúcares en las hojas (Burauel *et al.*, 1990; Qiu e Israel, 1992; Ruiz *et al.*, 1996). Esto puede deberse principalmente a que la absorción de fósforo por el plasmalema de las células del córtex de las raíces requiere de azúcares como fuente de energía (Ullrich-Eberius *et al.*, 1984; Loughman, 1987). Pero otros autores han indicado que la absorción y translocación de fósforo no necesariamente están relacionados a un incremento o disminución del nivel de carbohidratos en las hojas (Crafts-Brandner *et al.*, 1990; Crafts-Brandner, 1992).

Los niveles de NO_3^- y K^+ , de las diferentes relaciones $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{K}^+$, aparentemente no se relacionaron directamente con la concentración foliar de azúcares totales. La correlación N-azúcares totales en hojas fue negativa ($r = -0.60$) a los 77 DDT pero a los 118 DDT no se encontró una correlación significativa. Baghour *et al.* (2001), reportaron

que el nitrógeno no afecta los niveles de carbohidratos. Pero es importante considerar que la concentración más baja de azúcares fue con la relación 85.7:14.3 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ (S5), quizás por alguna interacción metabólica entre estos iones. La acumulación de NO_3^- en la vacuola mantiene la presión osmótica de la célula cuando algún factor ambiental limita la acumulación de solutos orgánicos, principalmente malato, fructosa o glucosa (Reinink, 1993). También estimula la síntesis de sacarosa quizá por la interdependencia mutua entre la sacarosa y los aminoácidos en el crecimiento (Scheible *et al.*, 1997b), y posiblemente el NH_4^+ pudo haber interferido estos procesos. La mayoría del nitrógeno en las plantas está ligado a los componentes fotosintéticos de los cloroplastos. En las plantas C_3 alrededor del 25 % del nitrógeno se encuentra en la Rubisco. Generalmente existe una correlación alta entre la tasa de asimilación de CO_2 y la actividad o contenido de Rubisco y otros componentes fotosintéticos (Makino *et al.*, 1985; Hidema *et al.*, 1991). La forma de nitrógeno también ejerce un efecto notable en el contenido de Rubisco en las hojas (Quick *et al.*, 1992; Makino *et al.*, 1994). El mecanismo por el cual el nitrógeno controla la abundancia de la proteína Rubisco es en gran parte desconocido (Fichtner *et al.*, 1993; Masle *et al.*, 1993). Estudios recientes han sugerido una función directa del NO_3^- en el control del desarrollo de la planta y en la distribución de carbohidratos (Scheible *et al.*, 1997a,b).

El potasio no influye significativamente en las concentraciones de azúcares, aunque un suministro alto de potasio genera un contenido alto de carbohidratos, lo que podría deberse al efecto de este elemento sobre la asimilación de CO_2 que conduce a una mayor síntesis de carbohidratos (Baghour *et al.*, 2001). Lo anterior coincidió con la concentración alta de azúcares totales en hojas obtenida con la relación 60:10:60 (S2)

que contenía el nivel más alto de K^+ y también de $H_2PO_4^-$; esto supondría una interacción positiva entre el fósforo y el potasio sobre el contenido de azúcares totales en hojas. Al respecto, Baghour *et al.* (2001), concluyeron que el potasio no influye significativamente en la concentración foliar de fósforo. El calcio ejerce un efecto sobre el fósforo y un indicador es el contenido de azúcares en las hojas. Con un nivel bajo de calcio los carbohidratos y el fósforo se concentran principalmente en las hojas (Ruiz y Romero, 1998). El nivel de Ca^{2+} más bajo (25 %), en las relaciones $NO_3^-:H_2PO_4^-:K^+$, fue en la relación 60:10:60 (S2) y de acuerdo con Ruiz y Romero (1998) la concentración de azúcares en hojas sería menor que en las relaciones donde el nivel de Ca^{2+} fue mayor. Debido a que tanto la absorción como la translocación de fósforo requieren de carbohidratos como fuente de energía (Ullrich-Eberius *et al.*, 1984; Loughman, 1987), la translocación de fósforo hacia las hojas implica un mayor transporte hacia las raíces incrementándose la acumulación de azúcares en las raíces más que en las hojas. Con un nivel alto de calcio, el fósforo se concentra principalmente en las raíces y se reduce la translocación hacia las hojas, el calcio se acumula en las hojas y esto puede ocasionar una concentración alta de azúcares en las hojas (Ruiz y Romero, 1998). No obstante, la concentración de azúcares en hojas obtenida con la relación 60:10:60 (S2) fue mayor que en las demás relaciones (excepto en S6). Además, las diferencias observadas en la concentración de azúcares entre las relaciones 60:5:35 (S1), 60:10:60 (S2) y 40:9:40 (S3) no fueron significativas. Por otro lado, la menor concentración de azúcares totales se obtuvo con la relación 85.7:14.3 de $NO_3^-:NH_4^+$ (S5) donde el nivel de Ca (40.5 %) fue mayor que el de la relación 60:10:60 (S2) (25 %). Lo anterior indica que los niveles de Ca^{2+} , de las relaciones $NO_3^-:H_2PO_4^-:K^+$, no influyeron directamente sobre el contenido de azúcares totales en hojas; aunque esto no puede aseverarse categóricamente puesto

que no se determinó el contenido de azúcares en las raíces, lo que habría dado más elementos para estudiar la relación entre calcio y fósforo con el transporte y contenido de azúcares. Por otro lado, la correlación negativa Ca-azúcares totales ($r = -0.81$) a los 118 DDT no indica una relación directa causa-efecto entre la acumulación de calcio y la concentración de azúcares totales en hojas.

En las flores, la relación 85.7:14.3 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ (S5) incrementó la concentración de azúcares totales; en contraste, la relación 60:10:60 (S2) generó la concentración más baja. Es importante apreciar que en las hojas la concentración de azúcares totales fue de manera inversa a la de las flores, con estas mismas relaciones. La relación 85.7:14.3 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ (S5) no aumentó la concentración de azúcares en las hojas, pero quizá favoreció la translocación hacia las flores. Con la relación 60:10:60 (S2) se obtuvo una concentración alta de azúcares totales en hojas; sin embargo, en flores la concentración de azúcares totales fue la más baja con esta misma relación. Los niveles de H_2PO_4^- y K^+ fueron los más altos en esta relación, y posiblemente favorecieron la concentración de azúcares en las hojas pero no en las flores. En la relación 40:9:40 (S3) y en la aplicación de S1-S2-S3 (S6) no hubo diferencias en la concentración de azúcares totales tanto en hojas como en flores; en las relaciones 60:5:35 (S1) y 60:5:25 (S4), la concentración de azúcares totales en flores fue mayor que en las hojas, aunque las diferencias no fueron significativas. La relación 85.7:14.3 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ (S5) que generó la concentración más alta de azúcares totales en flores, también aumentó la vida de anaquel (Cuadro 8) y en general favoreció el crecimiento de la planta (Gutiérrez, 2003). Macz *et al.* (2001) reportaron que una relación 70:30 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ es tolerable para el desarrollo de crisantemo y favorece la calidad de la flor.

Cuadro 8. Vida poscosecha de flores de crisantemo 'Eleonora' en función de diferentes relaciones porcentuales de $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{K}^+$.

Tratamiento (S)	Relación $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{K}^+$	Vida poscosecha (Días)
S1	60:5:35	12 c
S2	60:10:60	12 c
S3	4:9:40	10 d
S4	60:5:25	13 b
S5	60:5:31.5	14 a
S6	S1-S2-S3	13 b

Valores dentro de columnas con la misma letra, son iguales estadísticamente, según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

Tomado de: Gutiérrez (2003).

4.3. Azúcares reductores

Las relaciones $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$ no influyeron significativamente en la concentración de azúcares reductores en hojas, aunque se aprecia que la concentración tendió a ser alta con la relación 40:50:10 (T6) y baja con la relación 60:25:15 (T3) (Figura 13). En flores, se encontraron diferencias estadísticas; la concentración mayor se obtuvo con relación 40:50:10 (T6) y la menor con la relación 35:45:25 (T1; Testigo) (Figura 14).

En comparación con la concentración de azúcares totales, la concentración de azúcares reductores fue considerablemente menor tanto en hojas como en flores. El contenido mayor de azúcares totales en hojas fue de 62.5 mg g^{-1} de p. f. con la relación 10:60:30 (T4) y el menor fue de 50.4 mg g^{-1} de p. f. con la relación 60:25:15 (T3) (Figura 5); el contenido mayor de azúcares reductores en hojas fue de 9.2 mg g^{-1} de p. f. con la relación 40:50:10 (T6) y el menor fue de 5.8 mg g^{-1} de p. f. con la relación 60:25:15 (T3) (Figura 13). El contenido mayor de azúcares totales en flores fue de 43.6 mg g^{-1} de p. f. con la relación 20:55:25 (T2) y el menor fue de 50.4 mg g^{-1} de p. f. con la relación

10:60:30 (T4) (Figura 6); el contenido más alto de azúcares reductores en flores fue de 17.0 mg g⁻¹ de p. f. y el más bajo fue de 10.1 mg g⁻¹ de p. f. con la relación 35:45:20 (T1; testigo) (Figura 14). Probablemente las diferencias significativas en el contenido de azúcares reductores en flores, dependieron de las diferencias que existen en los procesos fisiológicos y metabólicos entre hojas y flores.

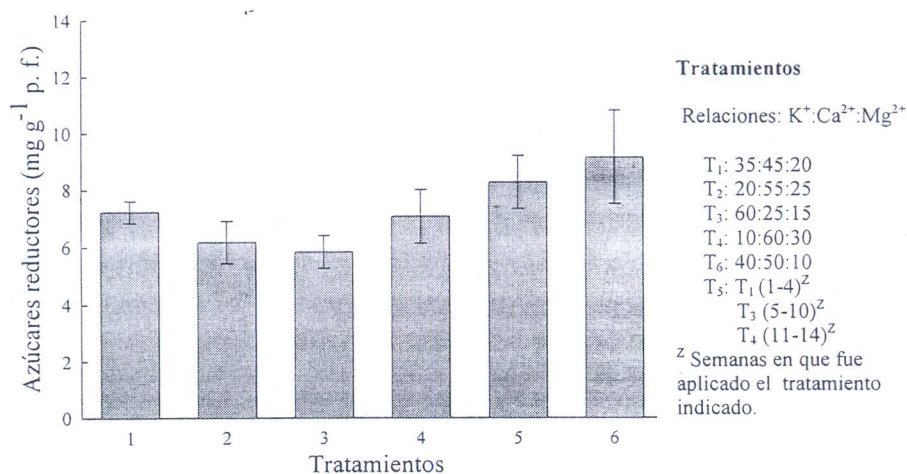


Figura 13. Azúcares reductores en hojas de crisantemo 'Eleonora' en el momento de corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de K⁺:Ca²⁺:Mg²⁺.

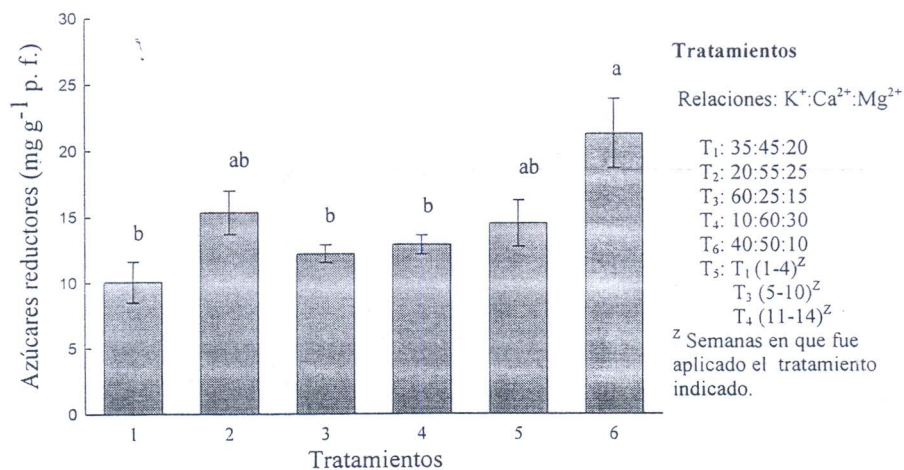


Figura 14. Azúcares reductores en flores de crisantemo 'Eleonora' en el momento de corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de K⁺:Ca²⁺:Mg²⁺.

Las concentraciones altas de azúcares reductores que se encontraron en las flores más que en las hojas, pudieron deberse a la movilización de azúcares de las hojas hacia las flores para su utilización como fuente de energía mediante la hidrólisis de sacarosa durante el metabolismo respiratorio. El contenido alto de azúcares reductores en hojas obtenido con la relación 40:50:10 (nivel medio de K^+ + Ca^{2+} y bajo de Mg^{2+} ; T6), coincidió con la concentración alta de azúcares totales en hojas; probablemente esto pudo originarse por el nivel bajo de Mg^{2+} que incrementó el contenido de glucosa en las hojas (Fischer y Bussler; 1988), debido a la degradación del almidón por las amilasas durante la noche (Flügge, 2000). La relación 40:50:10 (T6) no generó una concentración alta de azúcares totales en flores (Figura 1b) pero sí una concentración alta de azúcares reductores (Figura 2b), posiblemente por la translocación de sacarosa de las hojas puesto que son la fuente principal de azúcares para los órganos de demanda (Sanz *et al.*, 1987) y la sacarosa es el principal azúcar de transporte (Avigaid y Dey, 1997; Sturm, 1999). De esta manera, una acumulación alta de sacarosa en las flores implicó una conversión rápida a azúcares reductores como glucosa y fructuosa (van der Meulen-Muisers *et al.*, 2001) por acción de la invertasa (Avigaid y Dey, 1997).

Las concentraciones de azúcares reductores, entre las relaciones $NO_3^-:H_2PO_4^-:K^+$, fueron considerablemente menores a las de azúcares totales y no se encontraron diferencias estadísticas significativas, tanto en hojas como en flores (Figura 15 y 16). En flores, la relación 85.7:14.3 de $NO_3^-:NH_4^+$ (S5) y la aplicación de las relaciones 60:5:35 (semanas 1-5), 60:10:60 (semanas 6-10) y 40:9:40 (semanas 11-14) (S6) tendieron a aumentar la concentración de azúcares reductores (16.9 y 16.6 mg g⁻¹ de p. f., respectivamente). La relación 60:5:25 (S4) tendió a disminuirla (11.9 mg g⁻¹ de p. f.) (Figura 16).

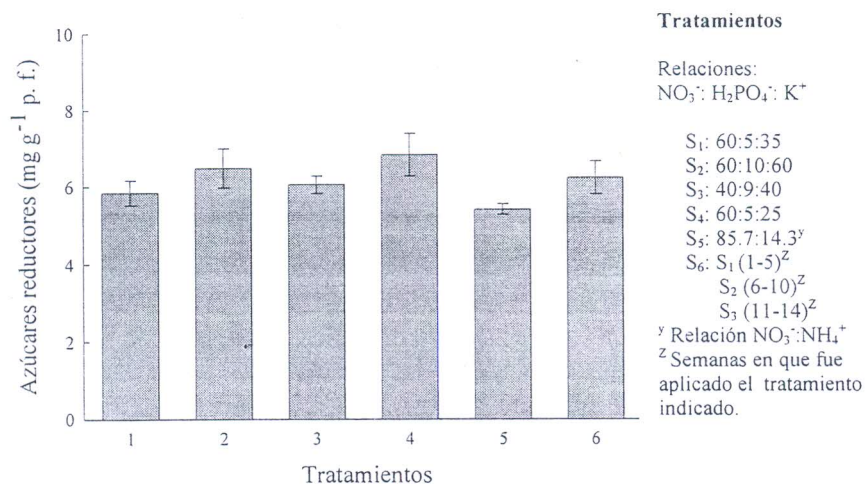


Figura 15. Azúcares reductores en hojas de crisantemo 'Eleonora' en el momento de corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de $\text{NO}_3^- : \text{H}_2\text{PO}_4^- : \text{K}^+$.

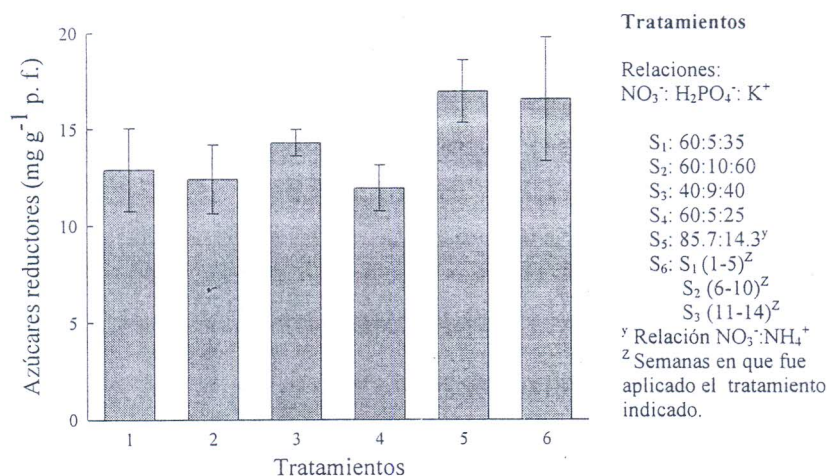


Figura 16. Azúcares reductores en flores de crisantemo 'Eleonora' en el momento de corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de $\text{NO}_3^- : \text{H}_2\text{PO}_4^- : \text{K}^+$.

La relación 85.7:14.3 de $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ (S_5) tendió a incrementar el contenido de azúcares reductores en flores, de la misma manera que favoreció el contenido de azúcares totales y la vida poscosecha (Cuadro 8). Es importante considerar que la forma de nitrógeno absorbido por las plantas tiene un efecto notable en el metabolismo de carbohidratos y afecta el balance de cationes y aniones en la planta (Kafkafi *et al.*, 1971). Quizá con la

mayor cantidad acumulada de azúcares totales en las flores, en éstas hubo una mayor hidrólisis de sacarosa que generaron mayores cantidades de glucosa y fructosa.

De acuerdo con los efectos de la relación 85.7:14.3 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ (S5) sobre la concentración de azúcares totales, azúcares reductores y vida poscosecha de la flor, es favorable efectuar la nutrición con amonio (en combinación con nitrato) pero deben considerarse varios factores como la intensidad de la luz de acuerdo con la época de año. No siempre es conveniente aplicarle al crisantemo el 100 % de N en forma de NO_3^- y menos en forma de NH_4^+ . Roude *et al.* (1991) reportaron que la longevidad de flores de crisantemo en maceta fue mayor con el 100 % de N en forma de NO_3^- pero no fueron de calidad comercial debido al color verde pálido del follaje; por el contrario, con 100 % del N en forma de NH_4^+ las plantas presentaron síntomas de toxicidad: reducción de la tasa de crecimiento, desarrollo insuficiente y oscurecimiento de las raíces. Por otra parte, una relación 50:50 de $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ reduce la concentración de clorofila (Krizek *et al.*, 1987). Otros estudios han mostrado beneficios del NH_4^+ en el cultivo de crisantemo; Bugarín *et al.* (1998) reportaron que al aumentar la concentración de 1.5 a 3 y 4.5 me L^{-1} se favoreció el crecimiento de la planta y aumentó la longitud de los entrenudos y del pedúnculo floral; Roude *et al.* (1991) concluyeron que el crecimiento y la calidad de la flor del crisantemo en maceta son óptimos cuando el nitrógeno se aplica del 50 al 70 % en forma de NO_3^- y del 30 al 50 % en forma de NH_4^+ . Por lo tanto, con este estudio se deduce que la relación 85.7:14.3 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ en el cultivo de crisantemo favorece el desarrollo de la planta y la vida poscosecha de la flor.

4.4. Almidón

Las relaciones $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$ y $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$ no influyeron significativamente sobre la concentración de almidón tanto en hojas como en flores (Figuras 17 y 18) y las diferencias entre hojas y flores no fueron significativas. Las cantidades fueron mayores de 300 mg g^{-1} de p. f. y superaron considerablemente a las concentraciones de azúcares totales y azúcares reductores. Posiblemente esto se debió a que el almidón es el producto final de la fotosíntesis (Preiss y Sivark, 1996) y en caso del crisantemo es el principal carbohidrato (Trusty y Miller, 1991).

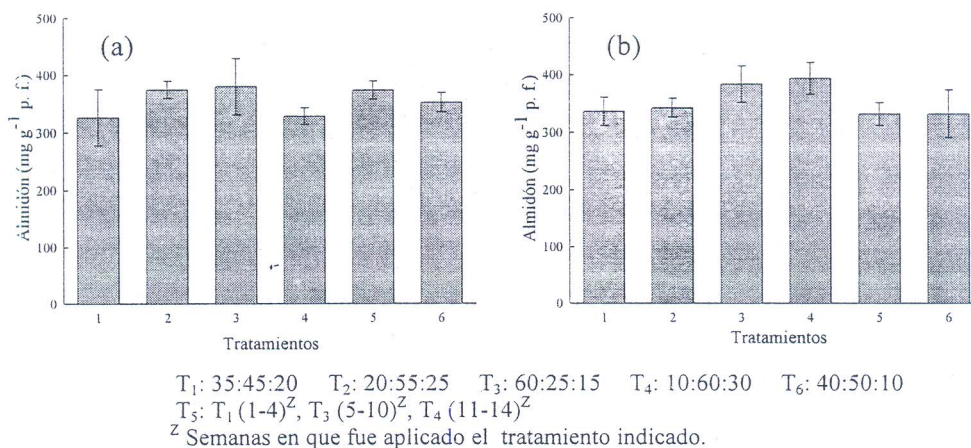


Figura 17. Contenido de almidón en hojas (a) y flores (b) de crisantemo 'Eleonora' en el momento de corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$.

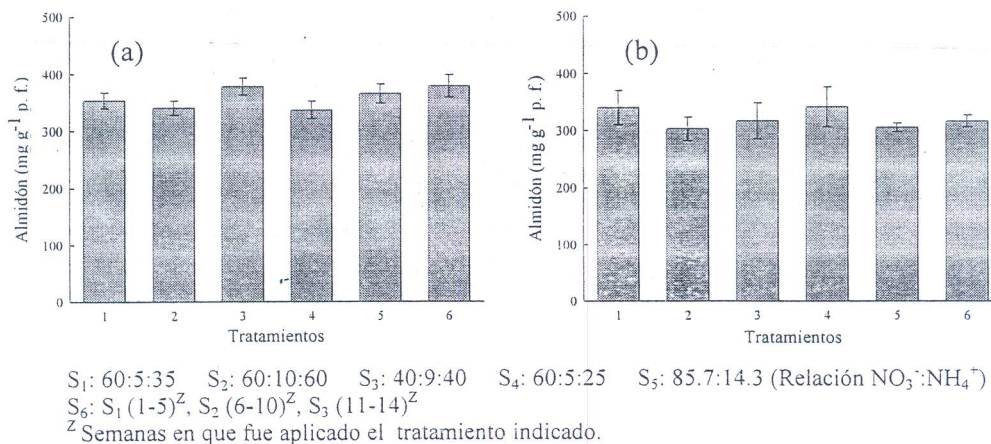


Figura 18. Contenido de almidón en hojas (a) y flores (b) de crisantemo 'Eleonora' en el momento de corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$.

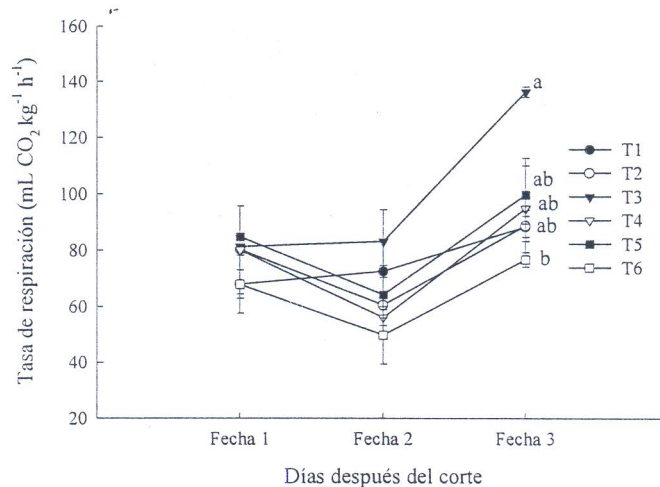
El desarrollo floral requiere de carbohidratos para el crecimiento celular, por lo cual los tejidos reproductivos funcionan como sitios metabólicos activos de demanda de carbohidratos (Rollan *et al.*, 2002). Muchas flores son cosechadas antes de que estén completamente desarrolladas y requieren de carbohidratos para completar su desarrollo y para el mantenimiento de sus actividades metabólicas. Las flores se abastecen de carbohidratos de parte de los órganos fotosintéticos de la planta antes del corte; de esta manera, los carbohidratos almacenados en las hojas son una fuente importante para la formación de flores (van der Meulen-Muisers *et al.*, 2001). Se supone que los niveles de azúcares intervienen en la regulación de la inducción floral (Roldán *et al.*, 1999). Se ha postulado que los azúcares ejercen una función importante en determinar el tiempo en el cual algunas plantas florecen. Los tratamientos que inducen floración también pueden conducir a un incremento en el transporte de carbohidratos de las hojas a los meristemos de yemas apicales (Corbesier *et al.*, 1998). Para incrementar la vida poscosecha de las flores es común aplicar un suministro exógeno de carbohidratos (Monteiro *et al.*, 2002), puesto que los azúcares retrasan la senescencia (van Doorn, 2004). Se han encontrado correlaciones positivas entre los niveles de carbohidratos en plantas de maceta, o en partes de plantas y en la vida poscosecha de las flores (Fjeld, 1992). Monteiro *et al.* (2002) encontraron que una solución de 30 g L⁻¹ de sacarosa incrementó 1.5 días la vida poscosecha de rosas miniatura en maceta. Por lo anterior, las reservas de carbohidratos son importantes ya que se pueden utilizar en la respiración, en los tejidos de demanda (Murchie *et al.*, 1999). Los carbohidratos almacenados en hojas y tallos pueden ser movilizados hacia los botones florales para completar su desarrollo, aunque pueden ser insuficientes cuando éstos son cortados en un estado poco desarrollado. La deposición de almidón puede ser benéfica debido a que el almidón almacenado es

movilizado durante la noche (Daie, 1985); además, la degradación del almidón almacenado durante el metabolismo respiratorio en la noche conduce a la formación de glucosa y posteriormente ésta se convierte en sacarosa (Flügge, 2000; Trethewey y Smith, 2000). Consecuentemente, el almidón de las hojas se convierte en sacarosa y es transportado a los órganos de demanda (Sanz *et al.*, 1987).

4.5. Producción de CO₂ y etileno

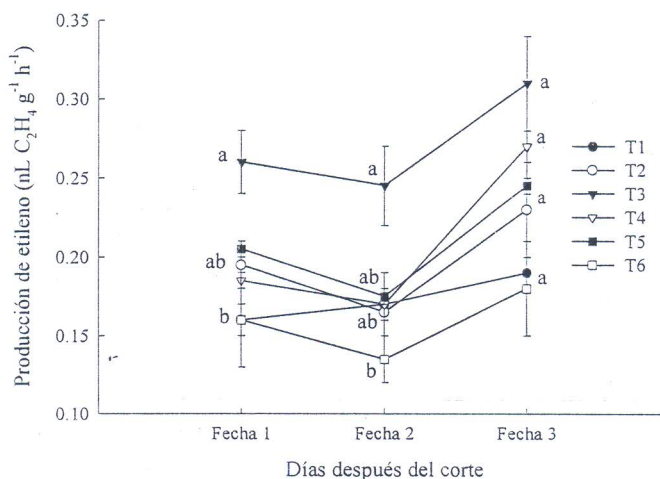
Las relaciones iónicas K⁺:Ca²⁺:Mg²⁺ afectaron significativamente la tasa de producción de CO₂ a los 10 días después del corte (Fecha 3) (Figura 19). Con la relación 35:45:20 (T1; testigo), la respiración tendió a aumentar linealmente. La relación 60:25:15 (T3) disminuyó ligeramente la respiración a los 5 días después del corte (Fecha 2) y la elevó significativamente a los 10 días después del corte (Fecha 3) (136.35 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹). Con las demás relaciones, las tasas de respiración tendieron a disminuir en la Fecha 2 y a aumentar en la Fecha 3.

En la tasa de producción de etileno (C₂H₄), las relaciones K⁺:Ca²⁺:Mg²⁺ influyeron significativamente, en el día de corte (Fecha 1) y a los 5 días después del corte (Fecha 2) (Figura 20). La producción más alta de etileno fue con la relación 60:25:15 (T3) en las tres fechas (0.26, 0.25 y 0.31 nL C₂H₄ g⁻¹ h⁻¹, respectivamente). En contraste, la producción más baja de etileno fue con la relación 40:50:10 (T6) en las tres fechas (0.16, 0.14 y 0.18 nL C₂H₄ g⁻¹ h⁻¹, respectivamente).



T₁: 35:45:20 T₂: 20:55:25 T₃: 60:25:15 T₄: 10:60:30 T₆: 40:50:10
 T₅: T₁ (1-4)^Z, T₃ (5-10)^Z, T₄ (11-14)^Z
^Z Semanas en que fue aplicado el tratamiento indicado.

Figura 19. Tasa de respiración de tallos florales de crisantemo 'Eleonora' en función de diferentes relaciones porcentuales de K⁺:Ca²⁺:Mg²⁺, en el día del corte (Fecha 1) y a los 5 (Fecha 2) y 10 días (Fecha 3) después del corte.



T₁: 35:45:20 T₂: 20:55:25 T₃: 60:25:15 T₄: 10:60:30 T₆: 40:50:10
 T₅: T₁ (1-4)^Z, T₃ (5-10)^Z, T₄ (11-14)^Z
^Z Semanas en que fue aplicado el tratamiento indicado.

Figura 20. Tasa de producción de etileno de tallos florales de crisantemo 'Eleonora' en función de diferentes relaciones porcentuales de K⁺:Ca²⁺:Mg²⁺, en el día del corte (Fecha 1) y a los 5 (Fecha 2) y 10 días (Fecha 3) después del corte.

El incremento de la tasa de respiración y producción de etileno se relacionó con un nivel bajo de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ (60:25:15; T3) y coincidió con la acumulación menor de calcio y magnesio en la flor (Gil, 2003), contenido bajo de azúcares reductores (Figura 14) y vida poscosecha corta (Cuadro 7); por lo que se deduce que la deficiencia de calcio –y posiblemente magnesio– aumenta la producción de CO_2 y etileno y consecuentemente la vida poscosecha de la flor se reduce. Las tasas menores de respiración y producción de etileno escasa se relacionaron con un nivel medio-alto de K^+ y Ca^{2+} (40:50:10; T6), aunque la acumulación de potasio y calcio en la flor fue baja y media, respectivamente. Asimismo, se asociaron con la acumulación más alta de azúcares reductores en la flor (Figura 14) y vida poscosecha mayor (Cuadro 7). Varios estudios han mostrado que el calcio incrementa la resistencia de los tejidos y retrasa la senescencia, por inhibir la síntesis o la acción del etileno (Torre *et al.*, 1999). Vaz y Richardson (1985), reportaron que los niveles altos de calcio redujeron la actividad respiratoria y consecuentemente la producción de etileno en frutos de pera. Volpin y Elad (1991) observaron que las rosas cultivadas con una concentración alta de calcio produjeron menos etileno y tuvieron mayor resistencia a *Botrytis cinerea*. Rasmussen *et al.* (1998) encontraron que las proporciones más altas de calcio, en solución nutritiva, mantuvieron por más tiempo la calidad poscosecha de rosas miniatura en maceta y disminuyeron la infección de moho gris. Con estos fundamentos, se deduce que una relación media a alta de $\text{Ca}^{2+}:\text{K}^+$ disminuye la producción de CO_2 y etileno en flores de crisantemo y a la vez el calcio reduciría la pérdida de agua y retardaría la senescencia (Halevy *et al.*, 2001).

No se encontraron correlaciones significativas entre la acumulación de elementos (potasio, calcio y magnesio) en flores y la tasa de producción de CO₂ y etileno; las correlaciones entre el contenido de azúcares (totales y reductores) y almidón en flores, y la tasa de producción de CO₂ y etileno tampoco fueron significativas. La interacción negativa ($r = -0.73$) entre la concentración de azúcares reductores en flores y la tasa de respiración a los 5 días después del corte (Figura 21) indica que la respiración de la flor probablemente se reduce con un contenido alto de azúcares reductores. Por otro lado, la interacción positiva ($r = 0.80$) entre la concentración de almidón en flores y la tasa de producción de etileno a los 10 días después del corte (Figura 22) posiblemente se debió a una actividad respiratoria alta por la degradación de almidón debido a la senescencia.

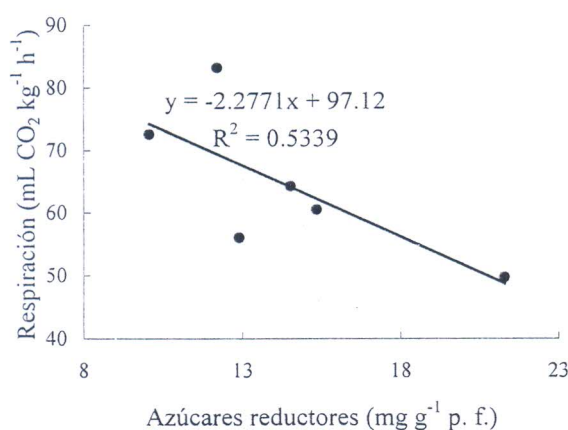


Figura 21. Relación entre la concentración de azúcares reductores en flor y la tasa de respiración de flores de crisantemo 'Eleónora' a los 5 días después del corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de K⁺:Ca²⁺:Mg²⁺.

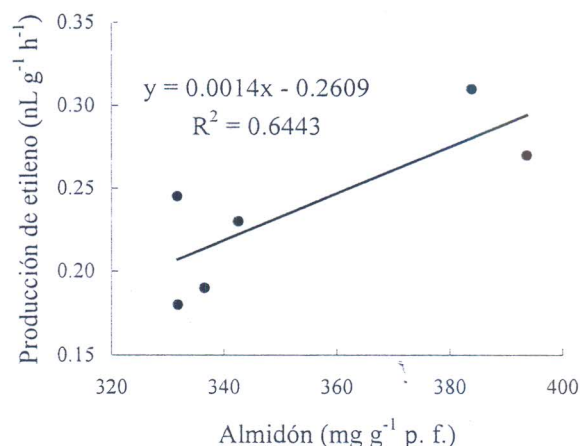


Figura 22. Relación entre la concentración de almidón en flor y la tasa de producción de etileno de flores de crisantemo 'Eleonora' a los 10 días después del corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de K⁺:Ca²⁺:Mg²⁺.

Las tasas de producción de CO₂ y etileno estuvieron relacionadas positivamente en las tres fechas evaluadas (Cuadro 9), por lo cual es evidente que la producción de etileno en flores de crisantemo depende de la tasa de respiración.

Cuadro 9. Correlación entre la tasa de producción de CO₂ y etileno en flores de crisantemo 'Eleonora', en función de diferentes relaciones porcentuales de K⁺:Ca²⁺:Mg²⁺, en el día de corte (Fecha 1) y a los 5 (Fecha 2) y 10 días (Fecha 3) después del corte.

		Producción de etileno		
		Fecha 1	Fecha 2	Fecha 3
Producción de CO ₂	Fecha 1	$r = 0.71605$ $P = 0.1095^{\text{N. S.}}$	0.50201 0.3102 ^{N. S.}	0.78796 0.0627 ^{N. S.}
	Fecha 2	0.68887 0.1301 ^{N. S.}	0.88909 0.0178*	0.53675 0.2722 ^{N. S.}
	Fecha 3	0.95011 0.0037*	0.98778 0.0002**	0.88205 0.0200*

r = Coeficiente de correlación de Pearson.

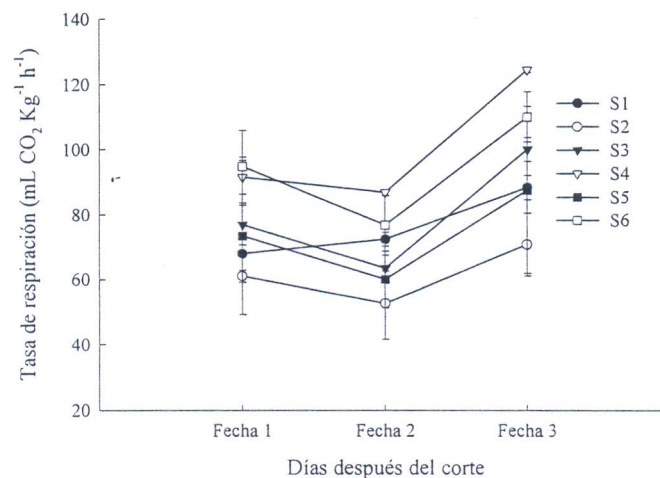
P = Significancia.

* = Significativo con $\alpha = 0.05$

** = Altamente significativo con $\alpha = 0.05$

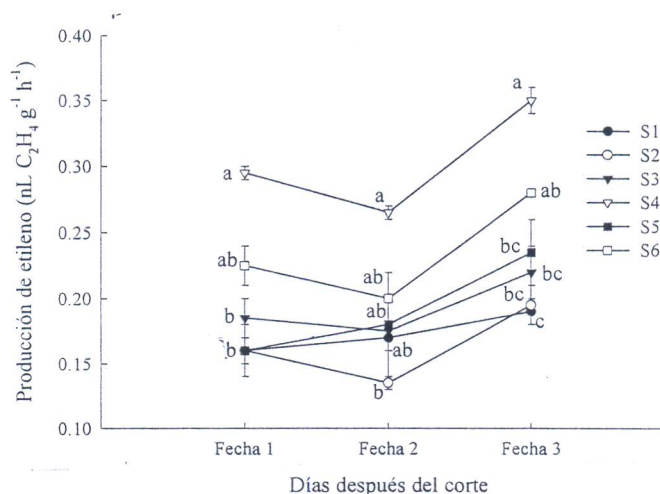
N. S. = No significativo

Las relaciones NO₃⁻:H₂PO₄⁻:K⁺ no influyeron significativamente en la tasa de respiración (Figura 23) y la producción de etileno fue afectada significativamente a los 5 y 10 días después del corte (Figura 24). La tasa de producción de CO₂ tendió a ser mayor con la relación 60:5:25 (S4) a los 5 y 10 días después del corte (94.80 y 124.45 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) (Fechas 2 y 3, respectivamente). Asimismo, con la relación 60:10:60 (S2) la tasa de producción de CO₂ tendió a ser menor en las tres fechas (61.05, 52.75 y 70.85 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, respectivamente). La relación 60:5:25 (S4) tendió a incrementar la tasa de producción de etileno en las tres fechas (0.30, 0.27 y 0.35 nL C₂H₄ g⁻¹ h⁻¹, respectivamente). Por otro lado, la relación 60:10:60 (S2) redujo significativamente la tasa de producción de etileno a los 5 días después del corte (0.14 nL C₂H₄ g⁻¹ h⁻¹).



S₁: 60:5:35 S₂: 60:10:60 S₃: 40:9:40 S₄: 60:5:25 S₅: 85.7:14.3 (Relación NO₃⁻:NH₄⁺)
 S₆: S₁ (1-5)^Z, S₂ (6-10)^Z, S₃ (11-14)^Z
^Z Semanas en que fue aplicado el tratamiento indicado.

Figura 23. Tasa de respiración de tallos florales de crisantemo ‘Eleonora’ en función de diferentes relaciones porcentuales de NO₃⁻:H₂PO₄⁻:K⁺, en el día del corte (Fecha 1) y a los 5 (Fecha 2) y 10 días (Fecha 3) después del corte.



S₁: 60:5:35 S₂: 60:10:60 S₃: 40:9:40 S₄: 60:5:25 S₅: 85.7:14.3 (Relación NO₃⁻:NH₄⁺)
 S₆: S₁ (1-5)^Z, S₂ (6-10)^Z, S₃ (11-14)^Z
^Z Semanas en que fue aplicado el tratamiento indicado.

Figura 24. Tasa de producción de etileno de tallos florales de crisantemo ‘Eleonora’ en función de diferentes relaciones porcentuales de NO₃⁻:H₂PO₄⁻:K⁺, en el día del corte (Fecha 1) y a los 5 (Fecha 2) y 10 días (Fecha 3) después del corte.

Las tasas de respiración y producción de etileno altas parecieron estar relacionadas con los niveles más bajos de H₂PO₄⁻ y K⁺ (60:5:25; S₄) y se relacionaron con una

concentración media de azúcares totales y una baja de azúcares reductores en la flor (Figuras 10 y 16, respectivamente); asimismo con una vida poscosecha media de la flor (Cuadro 8), pero no presentaron una correlación significativa con la acumulación de fósforo y potasio en la flor. Las tasas más bajas de producción de CO_2 y etileno se relacionaron con los niveles más altos de H_2PO_4^- y K^+ (60:10:60; S2), pero no se relacionaron positivamente con la concentración de azúcares totales en flores, ya que ésta fue la más baja con la relación 60:10:60 (S2) (Figura 10); tampoco presentaron una correlación significativa con la concentración de azúcares reductores y la acumulación de elementos (nitrógeno fósforo y potasio) en la flor. También es importante observar que la vida poscosecha de la flor no se relacionó específicamente con los niveles altos de H_2PO_4^- y K^+ (60:10:60; S2) pero sí con la relación 85.7:14.3 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ (S5) que también tendió a reducir las tasas de producción de CO_2 y etileno (Figuras 23 y 24, respectivamente), además aumentó significativamente el contenido de azúcares totales en la flor (Figura 10) y la vida poscosecha (Cuadro 8). El contenido de almidón en la flor se correlacionó significativamente con la tasa de producción de CO_2 a los 5 días después del corte ($r = 0.82$; $P = 0.0435$); en la Figura 25 se aprecia la interacción positiva entre estos dos parámetros.

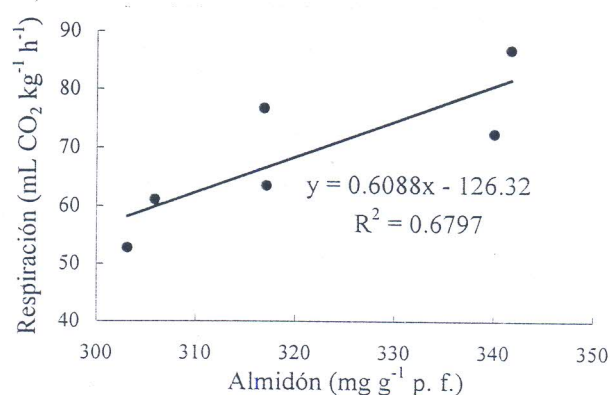


Figura 25. Relación entre la concentración de almidón en flor y la tasa de respiración de flores de crisantemo 'Eleonora' a los 5 días después del corte, en función de diferentes relaciones porcentuales de $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{K}^+$.

Las correlaciones entre la tasa de producción de CO₂ y etileno estuvieron relacionadas positivamente en las tres fechas evaluadas (Cuadro 10).

Cuadro 10. Correlación entre la tasa de producción de CO₂ y etileno en flores de crisantemo 'Eleonora', en función de diferentes relaciones NO₃⁻:H₂PO₄⁻:K⁺, en el día de corte (Fecha 1) y a los 5 (Fecha 2) y 10 días (Fecha 3) después del corte.

		Producción de etileno		
		Fecha 1	Fecha 2	Fecha 3
Producción de CO ₂	Fecha 1	$r = 0.84708$	0.81893	0.85798
		$P = 0.0333^*$	0.0462*	0.0288*
	Fecha 2	0.84514	0.90345	0.80164
		0.0341*	0.0135*	0.0551*
	Fecha 3	0.91118	0.93837	0.89499
		0.0115*	0.0056*	0.0160*

r = Coeficiente de correlación de Pearson.

P = Significancia.

* = Significativo con $\alpha = 0.05$

La relación entre el contenido de azúcares y la respiración de flores es importante debido a que los azúcares son los principales sustratos respiratorios que son utilizados para mantener las actividades metabólicas de las flores y la vida poscosecha. Monteiro *et al.* (2002), encontraron que la respiración de rosas miniatura en maceta a los seis días antes de la antesis se correlacionó positivamente con la absorción de agua y sacarosa; igualmente con el contenido de almidón de las flores y del tallo.

Un aspecto importante que se debe resaltar en este trabajo fue el efecto de las relaciones K⁺:Ca²⁺:Mg²⁺ y NO₃⁻:H₂PO₄⁻:K⁺ sobre la producción de etileno. El crisantemo ha sido considerado como una flor insensible al etileno (Reid, 1989), al contrario del clavel que es altamente sensible (Woltering y van Doorn, 1988). Guo *et al.* (2003) consideraron

que el crisantemo es de tipo no climatérico puesto que las hojas y flores de tallos testigo produjeron poco etileno durante la vida en florero. Sin embargo, encontraron que la aplicación de 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC) elevó marcadamente la producción de etileno en hojas y flores y disminuyó ligeramente la vida poscosecha, especialmente con una concentración alta de ACC (50 mM) o de etileno (inducida por ACC). También observaron que el ácido abscísico (ABA) y el ácido indolacético (AIA) indujeron la producción de etileno en flores y hojas, aunque el efecto del AIA fue menor que el de ABA. Además, el ABA estimuló la senescencia, aceleró el marchitamiento y estimuló el amarillamiento. Concluyeron que el crisantemo puede ser caracterizado como no climatérico y de sensibilidad baja al etileno y aunque produce muy poco etileno puede responder a una concentración alta de ACC o de etileno inducida por ACC que se refleja en una vida poscosecha ligeramente menor. Los niveles de producción de etileno en crisantemo que se encontraron en este trabajo fueron significativamente bajos; sin embargo las variaciones entre las diferentes relaciones indican evidentemente que la nutrición además de estar involucrada en el metabolismo de carbohidratos influye en la actividad respiratoria y producción de etileno.

Una vez que las flores son cortadas, es necesario mantener su frescura y apariencia natural; por esta razón, un factor que debe considerarse en la etapa poscosecha es la temperatura. La temperatura es un factor que incide sobre la respiración, la pérdida de agua y la producción de etileno. El etileno y la temperatura interactúan e influyen sobre la calidad y al aumentar la temperatura de la flor, también aumenta su producción de etileno, las temperaturas altas aumentan la tasa de respiración y las reservas de carbohidratos se consumen más rápido. Consecuentemente, la temperatura influye sobre

la calidad final de las flores y es el principal aspecto que debe tomarse en cuenta en las operaciones de manejo, almacén y transporte de las flores. En este trabajo se encontró que la nutrición con una relación media-alta $K^+ : Ca^{2+}$ (40:50:10; $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$) y una relación alta $H_2PO_4^- : K^+$ (60:10:60; $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$) mantuvieron tasas bajas de respiración y producción de etileno en crisantemo. Por lo tanto, una nutrición adecuada determina la producción y la canalización de azúcares hacia la flor, así como la formación de reservas que las flores utilizarán para mantener y regular sus procesos fisiológicos como la respiración, en la etapa poscosecha.

El comportamiento poscosecha de las flores de crisantemo fue evaluado por Ávila (2003) y aunque no encontró diferencias estadísticas significativas parte de los resultados que encontró se relacionaron con los obtenidos en este trabajo. El porcentaje de pérdida de peso fresco de los tallos florales, entre las relaciones $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$, fue menor con la relación 60:10:60 (T6) y en general los tallos absorbieron menos agua; esto se relacionó con las tasas bajas de respiración y producción de etileno. Entre las relaciones $NO_3^- : H_2PO_4^- : K^+$, encontró que la relación 85.7:14.3 de $NO_3^- : NH_4^+$ (S5) generaron el peso específico mayor en las hojas y se relacionaron con la acumulación más alta de nutrimentos (Gutiérrez 2003), pero no se relacionaron con un contenido mayor de azúcares en hojas. También observó que las flores mantuvieron mejor apariencia con la relación 85.7:14.3 de $NO_3^- : NH_4^+$ (S5), lo que coincidió con la concentración alta de azúcares totales y reductores en flores y la vida poscosecha mayor.

Los resultados de este trabajo que complementan lo reportado por Gil (2003) y Gutiérrez (2003) demuestran la importancia de aportar niveles óptimos de iones en la solución

nutritiva y la estrecha relación que existe entre la extracción y acumulación de elementos por la planta con la concentración de azúcares y la translocación de éstos en la flor. Simultáneamente la relación entre los niveles de azúcares con la producción de CO₂ y etileno depende de la nutrición. Se ha discutido que el efecto de los nutrimentos sobre los niveles de azúcares es importante, primordialmente porque el mantenimiento de las actividades metabólicas de la flor en la etapa poscosecha depende de las reservas acumuladas; pero también se debe resaltar que los carbohidratos regulan la tasa de fotosíntesis (Jang y Sheen, 1994) y varios procesos fundamentales durante el desarrollo de la planta (Gibson, 2000; Loreti, 2001), los cuales dependen directamente de la nutrición de la planta. Otro aspecto importante relacionado con la nutrición es la resistencia de las plantas al ataque de plagas, puesto que los niveles adecuados de nutrimentos y la actividad fotosintética alta permiten a la planta desarrollar mecanismos de defensa como pigmentos y proteínas específicas (Koch, 1996). Los niveles bajos de calcio y fósforo en combinación con un contenido relativo alto de nitrógeno en los tejidos de la planta se relacionan con la susceptibilidad de las plantas a patógenos e insectos, y la acumulación excesiva de almidón en las hojas aumenta la población de ácaros; esto es importante de considerar en el crisantemo, debido al ataque de araña roja que se alimenta de la savia de las hojas (Powell y Lindquist, 1994).

La importancia del estudio de los azúcares en la etapa poscosecha de las flores de corte es fundamental por los procesos en que están involucrados, entre los cuales, posiblemente la inducción a la senescencia y porque pueden influir indirectamente, sobre la sensibilidad de las flores al etileno. Se ha observado que las concentraciones de azúcares todavía son altas cuando los pétalos muestran los primeros síntomas de

senescencia. En pétalos senescentes la sacarosa es el principal carbohidrato de transporte, mientras que las amidas como la asparagina y la glutamina son los principales compuestos orgánicos en el que el nitrógeno es translocado hacia el floema. También se ha observado la acumulación de amonio en las células de algunas flores (van Doorn, 2004). Los pétalos de muchas flores contienen niveles considerables de carbohidratos libres cuando los síntomas de senescencia son ya visibles (van den Meulen-Muisers *et al.*, 2001). La presencia de cantidades considerables en el momento del marchitamiento de los pétalos puede explicarse por varios factores: a) las mediciones no han sido suficientemente detalladas porque varios tejidos en los pétalos se encuentran en diferentes estados de senescencia; b) el citoplasma y la vacuola pueden variar en el contenido de azúcares; y c) al mismo tiempo durante la senescencia, los azúcares se forman nuevamente debido a la movilización (van Doorn, 2004).

Por lo anterior, para trabajos posteriores se recomienda determinar la concentración de carbohidratos en el punto intermedio y al final de la etapa poscosecha para estudiar los cambios en la concentración de azúcares, el comportamiento de la respiración y la producción de CO₂ para dilucidar los efectos de los azúcares en la senescencia de las flores.

5. CONCLUSIONES

Efecto de las relaciones $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$

Las relaciones $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$ no influyeron significativamente en la concentración de azúcares totales en hojas ni en flores. Sin embargo, una relación media-alta $Ca^{2+} : Mg^{2+}$ y una alta-baja $K^+ : Ca^{2+}$ tendieron a incrementar la concentración de azúcares totales en flores, pero no se relacionaron con una vida poscosecha mayor.

La concentración más alta de azúcares reductores se originó con la relación 40:50:10 que generó un 30 % más que el resto de los tratamientos. Asimismo, esta relación catiónica incrementó la vida en florero. Por lo tanto la concentración de azúcares reductores se relaciona con la vida poscosecha.

Las relaciones $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$ no afectaron significativamente el contenido de almidón, el cual fue muy similar tanto en hojas como en flores (354.6 mg g⁻¹ de p. f., en promedio).

Un suministro medio de K^+ combinado con alto de Ca^{2+} y bajo de Mg^{2+} (40:50:10) generó la tasa más baja de respiración y producción de etileno. Este efecto estuvo relacionado con la vida poscosecha más larga de la flor. Se confirma que un nivel bajo de Ca^{2+} en el cultivo de crisantemo está asociado con tasas altas de respiración y producción de etileno; consecuentemente, se asocia con vida poscosecha corta de la flor.

Efecto de las relaciones $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{K}^+$

La aplicación de niveles altos de K^+ y H_2PO_4^- (60:10:60) en la etapa plena de desarrollo vegetativo incrementó la concentración de azúcares totales en hojas. La aplicación de la relación 85.7:14.3 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ incrementó significativamente la concentración de azúcares totales y la vida poscosecha de las flores.

Las relaciones $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{K}^+$ no influyeron significativamente en la concentración de azúcares reductores tanto en hojas como en flores; no obstante, la relación 85.7:14.3 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y la aplicación de las relaciones 60:5:35 (semanas 1-5), 60:10:60 (semanas 6-10) y 40:9:40 (semanas 11-14) tendieron a incrementar la concentración de azúcares reductores en flores.

Las relaciones $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{K}^+$ no afectaron significativamente el contenido de almidón en hojas ni en flores; el contenido promedio fue de 358.8 y 320.8 mg g^{-1} de p. f., respectivamente.

Un suministro alto de K^+ y H_2PO_4^- (60:10:60) generó las tasas menores de respiración en las tres fechas evaluadas y la producción de etileno en el día de corte y a los 5 días después del corte; sin embargo, las tasas menores de producción de CO_2 y etileno no se asociaron con la vida poscosecha más larga de la flor.

6. LITERATURA CITADA

- Adalsteinsson, S.; J. K. Schjorring and P. Jensen. 1994. Regulation of phosphate influx in winter wheat: Root-shoot phosphorus interactions. *Journal of Plant Physiology* 143: 681-686.
- Anil, V. S. and K. S. Rao. 2001. Calcium-mediated signal transduction in plants: a perspective on the role of Ca^{2+} and CDPKs during early plant development. *Journal of Plant Physiology* 158: 1237-1256.
- Avigaid, G. and P. M. Dey. 1997. Metabolism: storage carbohydrates, pp. 143-204. *In*: M. Dey and J. B. Harborne (eds.). *Plant Biochemistry*. Academic Press. London, Great Britain.
- Ávila P., M. 2003. Comportamiento poscosecha de crisantemo 'Eleonora' en relación con su nutrición. Tesis Profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 70 p.
- Baas, R.; N. Marissen; A. Dik. 2000. Cut rose quality as affected by calcium supply and translocation. *Acta Horticulturae* 518: 45-54.
- Battey, N. H. 1990. Calcium deficiency disorders of fruits and vegetables. *Postharvest News and Information* (1): 23-57.
- Baghour, M.; E. Sánchez; J. M. Ruiz and L. Romero. 2001. Metabolism and efficiency of phosphorus utilization during senescence in pepper plants: response to nitrogenous and potassium fertilization. *Journal of Plant Nutrition* 24(11): 1731-1743.

- Bellows, T. A. and T. W. Fisher. 1999. Handbook of Biological Control: Principles and Applications of Biological Control. Academic Press. San Diego, California, U. S. A. 1046 p.
- Bonilla, I. 2001. Introducción a la nutrición mineral de las plantas. Los elementos minerales, pp. 82-112. In: J. Azcón-Bieto y M. Talón (eds). Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill Interamericana. Barcelona, España.
- Borgatto, F.; C. Tadeu dos Santos D.; A. F. Campos A. y M. Murilo. 2002. Calcium, potassium and magnesium treatment of *Chrysanthemum morifolium* cv. "Bi Time" and callogenesis in vitro. Scientia Agricola 59(4): 689-693.
- Bugarín M., R.; G. A. Baca C.; J. Martínez H.; J. L. Tirado T. y A. Martínez G. 1998. Amonio/nitrato y concentración iónica total de la solución nutritiva en crisantemo. I. Crecimiento y floración. Terra 16(2): 113-124.
- Burauel, P.; J. Wieneke and F. Führ. 1990. Carbohydrate status in roots of two soybean cultivars: A possible parameter to explain different efficiencies concerning phosphate uptake. Plant and Soil 123: 169-174.
- Bush, D. S. 1993. Regulation of cytosolic calcium in plants. Plant Physiology 103: 7-13.
- Bush, D. S. 1995. Calcium regulation in plant cells and its role in signaling. Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology 46:95-122.
- Corbesier L.; P. Lejeune and G. Bernier. 1998. The role of carbohydrates in the induction of flowering in *Arabidopsis thaliana*: comparison between the wild type and a starchless mutant. Planta 206: 131-137.
- Crafts-Brandner, S. J. 1992. Phosphorus nutrition influence on leaf senescence in soybean. Plant Physiology 98: 1128-1132.

- Crafts-Brandner, S. J.; M. E. Salvucci; J. L. Sims and T. G. Sutton. 1990. Phosphorus nutrition influence of plant growth and nonstructural carbohydrate accumulation in tobacco. *Crop Science* 30: 609-614.
- D' Hont, K. 1997. El manejo de la poscosecha de flores cortadas y el medio ambiente, pp. 107-138. *In: Floricultura y Medio Ambiente: La Experiencia Colombiana*. N. Pizano de M. (ed.). Ediciones HortiTecnica. Ltda. Santafé de Bogotá, D. C. Colombia.
- Daie, J. 1985. Carbohydrate partitioning and metabolism in crops, pp. 69-108 *In: J. Janick (ed.) Horticultural Reviews, Volume 7*. AVI Publishing Co. Westport, Connecticut, U. S. A.
- Day, D. A. and L. Copeland. 1993. Respiración, pp. 173-191. *In: M. J. Azcón-Bieto y M. Talón (eds.). Fisiología y Bioquímica Vegetal*. Ed. Interamericana-McGraw-Hill. Madrid, España.
- Duffus, C. M. and J. H. Duffus. 1984. *Carbohydrate Metabolism in Plants*. Longman. New York, U. S. A. 183 p.
- Fichtner, K.; W. P. Quick; E. D. Schulze; H. A. Mooney; S. R. Rodemerl; L. Bogorad and N. Stitt. 1993. Decreased ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase-oxygenase in transgenic tobacco transformed with 'antisense' rbcS. V. Relationship between photosynthesis rate, storage strategy, biomass allocation and vegetative plant grown at three different nitrogen supplies. *Planta* 190: 1-9.
- Fischer, E. S. and W. Bussler. 1988. Effects of magnesium deficiency on carbohydrates in *Phaseolus vulgaris*. *Zeitschrift Fuer Pflanzenernaehrung Und Bodenkunde* 151(5): 295-298.

- Fjeld, T. 1992. Effects of temperature and irradiance level on carbohydrate content and keeping quality of Christmas begonia (*Begonia x cheimanthia*). *Scientia Horticulturae* 50:219-228.
- Flügge, U. I. 2000. Metabolite transport across the chloroplast envelope of C₃-plants, pp. 137-152. *In*: R. C. Leegood; T. D. Sharkey and S. von Caemmerer (eds.). *Advances in Photosynthesis Volume 9. Photosynthesis: Physiology and Metabolism*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands.
- Gibson, I. S. 2000. Plant sugar-response pathways. Part of a complex regulatory web. *Plant Physiology* 124: 1532-1539.
- Gil V., F. R. 2003. Relaciones de Potasio, Calcio y Magnesio en el Crecimiento y Abastecimiento Nutricional de Crisantemo Tipo Anémona [*Dendranthema x grandiflorum* (Ramat.) Kitamura]. Tesis de Maestría. Posgrado en Horticultura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 81 p.
- Guardia, M. D. and M. Benlloch. 1980. Effects of K and gibberellic acid on stem growth of whole sunflower plants. *Physiologia Plantarum* 49: 443-448.
- Guo, W.; L. Zheng; Z. Zhang and W. Zeng. 2003. Phytohormones regulate senescence of cut chrysanthemum. *Acta Horticulturae* 624: 349-355.
- Gutiérrez G., S. 2003. Relaciones Iónicas de N, P y K en el Crecimiento, Nutrición y Calidad de Crisantemo. Tesis de Maestría. Programa de Edafología. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 88 p.

- Halevy, A. H.; S. Torre; A. Borochoy; R. Porat; S. Philosoph-Hadas; S. Meir; H. Friedman. 2001. Calcium in regulation of postharvest life of flowers. *Acta Horticulturae* 543: 345-349.
- Heldt, H. W.; C. J. Chon; D. Herold; A. Maronde; A. Z. Stankovic; D. A. Walker; A. Kraminer; M. R. Kirk and U. Heber. 1977. Role of orthophosphate and other factors in the regulation of starch formation in leaves and isolated chloroplasts. *Plant Physiology* 59: 1146-1155.
- Hepler, P. K. and R. O. Wayne. 1985. Calcium and plant development. *Annual Review of Plant Physiology* 36:397-439.
- Hidema, J.; A. Makino; M. Mae and K. Ojima. 1991. Photosynthesis characteristics of rice leaves aged under different irradiances from full expansion through senescence. *Plant Physiology* 97: 1287-1293.
- Higaki, T.; H. P. Rasmussen; W. J. Carpenter 1980. Color breakdown in *Anthurium* (*Anthurium andreanum* Lind.) spathes caused by calcium deficiency. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 105(3): 441-444.
- Hopkins, W. G. 1995. *Introduction to Plant Physiology*. John Wiley. New York, U. S. A. 464 p.
- Huber, S. C. 1984. Biochemical basis for effects of K-deficiency on assimilate export of soluble sugars in soybean leaves. *Plant Physiology* 76: 424-430.
- Jang, J. C. and J. Sheen. 1994. Sugar sensing in higher plants. *Plant Cell* 6: 1665-1679.
- Jeschke, W. D.; A. Puke; E. A. Kirkby; J. S. Pate and W. Hartung. 1996. Effects of P deficiency on the uptake, flows and utilization of C, N and H₂O within intact plants of *Ricinus communis* L. *Journal of Experimental Botany* 47: 1737-1754.

- Kafkafi, U.; I. Walerstein and S. Feigenbaum. 1971. Effect of potassium nitrate and ammonium nitrate on the growth, cation uptake and water requirement of tomato grown in sand soil culture. *Israel Journal of Agricultural Research* 21:13-30.
- Koch, K. E. 1996. Carbohydrate-modulated gene expression in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 47: 509-540.
- Kofranek, A. 1992. Cut Chrysanthemums, pp. 3-42. *In*: R. A. Larson (ed.). *Introduction to Floriculture*. Academic Press. New York, U. S. A.
- Krizek, E. A.; R. M. Mirecki; A. L. Fleming and S. P. Dubik. 1987. LPS-induced chlorosis on chrysanthemum as influenced by genotype and ammonium/nitrate ratio. *Journal of Plant Nutrition* 10(9-16): 1059-1069.
- Lawlor, D. W. 1991. Concepts of nutrition in relation to cellular processes and environment, pp. 1-32. *In*: J. R. Porter and D. W. Lawlor (eds.). *Plant Growth: interactions with nutrition and environment*. Cambridge University Press. Cambridge, Great Britain.
- Loreti, E.; L. De Bellis; A. Alpi and P. Perata. 2001. Why and how do plant cells sense sugars? *Annals of Botany* 88: 803-812.
- López-Cantatero, I.; J. M. Ruiz; J. Hernández and L. Romero. 1998. Phosphorus metabolism and yield response to increases in nitrogen-phosphorus fertilization: Improvement in greenhouse cultivation of eggplant (*Solanum melongena* Cv. Bonica). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 1603-1608.
- López M., J. 1981. *Cultivo del Rosal en Invernadero*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 341 p.

- Loughman, B. C. 1987. The application of in vivo techniques in the study of metabolic aspects of ion absorption in crop plants. *Plant Soil* 99: 63-74.
- Macz, O.; T. E. Paparozzi; W. W. Stroup; R. Leonard and A. T. Nell. 2001. Effect of nitrogen and sulfur applications on pot chrysanthemum production and postharvest performance. II. Plant Growth Responses. *Journal of Plant Nutrition*. 24(1): 131-146.
- Makino, A.; T. Mae and K. Ohira. 1985. Relation between nitrogen and ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase in rice leaves from emergence through senescence. Quantative analysis by carboxylation/oxygenation and regeneration of ribulose-1,5-bisphosphate. *Planta* 166: 414-420.
- Makino, A.; H. Nakano and T. Mae. 1994. Responses of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase, cytochrome *f* and sucrose synthesis in rice leaves to leaf nitrogen and their relationships to photosynthesis. *Plant Physiology* 105: 173-179.
- Masle, J.; G. S. Hudson and M. R. Badger. 1993. Effects of atmospheric CO₂ concentration on growth and nitrogen use in tobacco plants transformed with antisense gene to the small subunit of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase. *Plant Physiology* 103: 1075-1088.
- Marschner, H. 1998. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. Harcourt Brace & Company Publishers. London, Great Britain. 889 p.
- Medrano, H. y J. Flexas. 2001. Fijación del dióxido de carbono y biosíntesis de fotoasimilados, pp. 173-185. *In*: J. Azcón-Bieto y M. Talón (eds). *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. McGraw-Hill Interamericana. Barcelona, España.
- Monteiro, J. A.; A. T. A. Nell and J. E. Barret. 2002. Effects of exogenous sucrose on carbohydrate levels, flower respiration and longevity of potted miniature rose

- (*Rosa hybrida*) flowers during postproduction. *Postharvest Biology and Technology* 26: 221-229.
- Moreno, D. A.; G. Villora; J. M. Ruiz. J. Olivares; L. López-Lefebvre; J. Hernández and L. Romero. 2000. The capsicum (*Capsicum annum* L. cv. Lamuyo) foliar content of carbohydrates and pigments: response to NK dosage. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 31(11-14): 2335-2343.
- Murchie, E. H.; C. Sarrobert; P. Contard; T. Betsche; C. H. Foyer and N. Galtier. 1999. Overexpression of sucrose-phosphate synthase in tomato plants grown with CO₂ enrichment leads to decreased foliar carbohydrate accumulation relative to untransformed controls. *Plant Physiology and Biochemistry* 37(4): 251-260.
- Nowak, J. and M. Rudnicki. 1990. *Postharvest Handling and Storage of Cut Flowers, Florist Greens, and Potted Plants*. Timber Press. Portland, Oregon, U.S.A. 210 p.
- Ortega D., M. L. y C. Rodríguez. 1979. Estudio de carbohidratos en cultivares mexicanos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L. y *Phaseolus coccineus* L.). *Agrociencia* 37: 33-49.
- Palta, J. P. 1996. Role of calcium in plant responses to stresses: linking basic research to the solution of practical problems. *HortScience* 31(1): 51-57.
- Paparozi, E. T. 2003. Nutrition of floricultural crops: How far have we come? *HortScience* 38(5): 1031-1035.
- Paull, R. E.; Higaki, T.; J. S. Imamura. 1992. Season and fertilization affect the post-harvest flower life of anthurium. *Scientia Horticulturae* 49: 125-134.

- Poovaiah, B. W. 1988. Calcium and senescence, pp. 369-389. *In*: L. D. Nooden and A. C. Leopold (eds.). *Senescence and Aging in Plants*. Academic Press. New York, U. S. A.
- Powell, C. C. and R. K. Lindquist. 1994. *El Manejo Integrado de los Insectos, Ácaros y Enfermedades en los Cultivos Ornamentales*. Ball Publishing. Batavia, Illinois, U. S. A. 118 p.
- Preiss, J. and M. N. Sivark. 1996. Starch synthesis in sinks and sources, pp. 63-96. *In*: E. Zamski and A. A. Schaffer (eds.). *Photoassimilate Distribution in Plants and Crops: Source-Sink Relationships*. Marcel Dekker, Inc. New York, U. S. A.
- Qiu, J. and D. W. Israel. 1992. Diurnal starch accumulation and utilization in phosphorus-deficient soybean plants. *Plant Physiology* 98: 316-323.
- Quick, W. P.; K. Fichtner; E-D. Schulze; R. Wendler; R. C. Leegood; H. Mooney; S. R. Rodermel; L. Bogorad and M. Stitt. 1992. Decreased ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase-oxygenase in transgenic tobacco transformed with 'antisense' rbcS. IV. Impact on photosynthesis in conditions of altered nitrogen supply. *Planta* 188: 522-531.
- Rasmussen, K.; A. Pedersen and C. Ottosen. 1998. Increased levels of calcium in the nutrient solution improves post harvest life of potted roses. *Acta Horticulturae* 464: 540.
- Rao, I. M. and N. Terry. 1989. Leaf phosphate status and photosynthesis *in vivo* in sugar beet. I. Changes in growth, photosynthesis and Calvin cycle enzymes. *Plant Physiology* 90: 814-819.

- Rao, I. M.; A. L. Freeden and N. Terry. 1990. Leaf phosphate status, photosynthesis and carbon partitioning in sugar beet. III. Diurnal changes in carbon partitioning and carbon export. *Plant Physiology* 92: 29-36.
- Reid, M. S. 1989. The role of ethylene in flower senescence. *Acta Horticulturae* 261: 157-169.
- Roldán, M.; C. Gómez-Mena; L. Ruiz-García; J. Salinas and J. M. Martínez-Zapater. 1999. Sucrose availability on the aerial part of the plant promotes morphogenesis and flowering of *Arabidopsis* in the dark. *Plant Journal* 20: 581-590.
- Rolland, F.; B. Moore and J. Sheen. 2002. Sugar sensing and signaling in plants. *The Plant Cell* 14: 185-205.
- Roude, N.; T. A. Nell and J. E. Barret. 1991. Longevity of potted chrysanthemums at various nitrogen and potassium concentrations and $\text{NO}_3\text{:NH}_4$ ratios. *HortScience* 26(2): 163-165.
- Ruiz, J. M.; A. Belakbir and L. Romero. 1996. Foliar level of phosphorus and its bioindicators in *Cucumis melo* grafted plants. A possible effect of rootstock. *Journal of Plant Physiology* 149: 400-404.
- Ruiz, J. M. and L. Romero. 1998. Calcium impact on phosphorus and its main bioindicators: response in the roots and leaves of tobacco. *Journal of Plant Nutrition* 21(11): 2273-2285.
- Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 1994. *Fisiología Vegetal*. Versión en español. Grupo Editorial Iberoamérica. D. F., México. 759 p.
- Salunkhe, D. K.; N. R. Bhatt and B. B. Desai. 1990. *Postharvest Biotechnology of Flowers and Ornamental Plants*. Naya Prokash. Calcutta, India. 390 p.

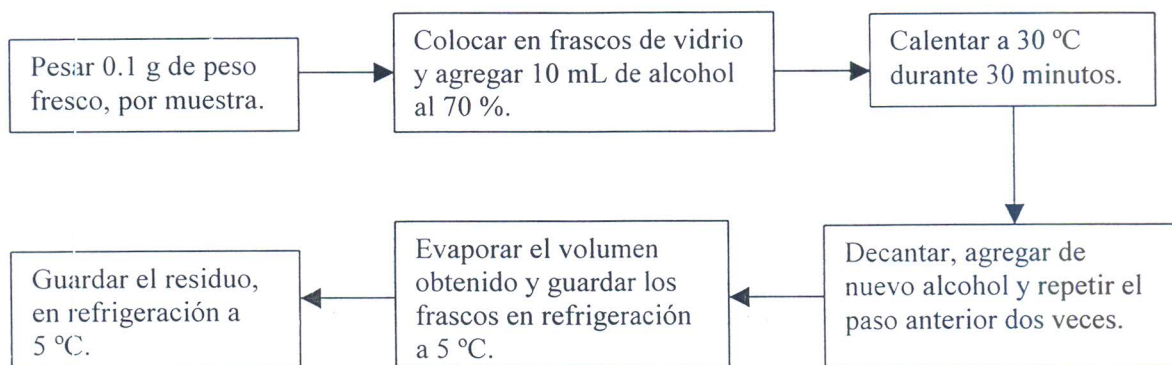
- Sanz, A.; C. Monerri and J. González-Ferrer. 1987. Changes in carbohydrates and mineral elements in Citrus leaves during flowering and fruit set. *Physiologia Plantarum*: 69: 93-98.
- Schachtman, D. P.; R. J. Reid and S. M. Ayling. 1998. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. *Plant Physiology* 116: 447-453.
- Scheible, W-R.; A. Gonzalez-Fuentes; M. Lauerer; B. Muller-Rober; M. Caboche and M. Stitt. 1997b. Nitrate acts as a signal to induce organic acid metabolism and repress starch metabolism in tobacco. *Plant Cell* 9: 783-798.
- Scheible, W-R. M. Lauerer; E-D. Schulze; M. Caboche and M. Stitt. 1997a. Accumulation of nitrate acts as a signal to regulate root-shoot allocation in tobacco. *Plant Journal*: 671-691.
- Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2003. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA). México. www.sagarpa.gob.mx
- Somogyi, M. 1952. Notes on sugar determination. *Journal of Biological Chemistry*. 195: 19-23.
- Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil* 15(2): 134-154.
- Sturm, A. 1999. Invertases. Primary structures functions, and roles in plant development and sucrose partitioning. *Plant Physiology* 121: 1-7.
- Terry, N. and I. M. Rao. 1991. Nutrients and photosynthesis: iron and phosphorus as case studies, pp. 55-79. *In*: J. R. Porter and D. W. Lawlor (eds.). *Plant Growth*:

- interactions with nutrition and environment. Cambridge University Press. Cambridge, Great Britain.
- Reinink, K. 1993. Relationship between effects of seasonal change on nitrate and dry matter content in lettuce. *Scientia Horticulturae* 53: 35-44.
- Torre, S.; A. Borochoy and A.H. Halevy. 1999. Calcium regulation of senescence in roses. *Physiologia Plantarum* 107: 214-219.
- Trethowey, R. N. and A. M. Smith. 2000. Starch metabolism in leaves, pp. 137-152. *In*: R. C. Leegood; T. D. Sharkey and S. von Caemmerer (eds.). *Advances in Photosynthesis Volume 9. Photosynthesis: Physiology and Metabolism*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands.
- Trusty, S. E. and W. B. Miller. 1991. Postproduction carbohydrate levels in pot chrysanthemums. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 116: 1013-1018.
- Ullrich-Eberius, C. U.; A. Novacky and A. J. E. van Bel. 1984. Phosphate uptake in *Lemna gibba* G1: Energetics and kinetics. *Planta* 161: 46-52.
- van der Meulen-Muisers, J. J. M.; J. O. Van Oeveren; L. H. W. van der Plas; J. M. van Tuyl. 2001. Postharvest flower development in Asiatic hybrid lilies as related to tepal carbohydrate status. *Postharvest Biology and Technology* 21: 201-211.
- van Doorn, W. G., 2004. Is petal senescence due to sugar starvation? *Plant Physiology* 134: 35-42.
- van Egmond, F. 1979. Fate of calcium in sugar-beet plant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 10: 311-324.

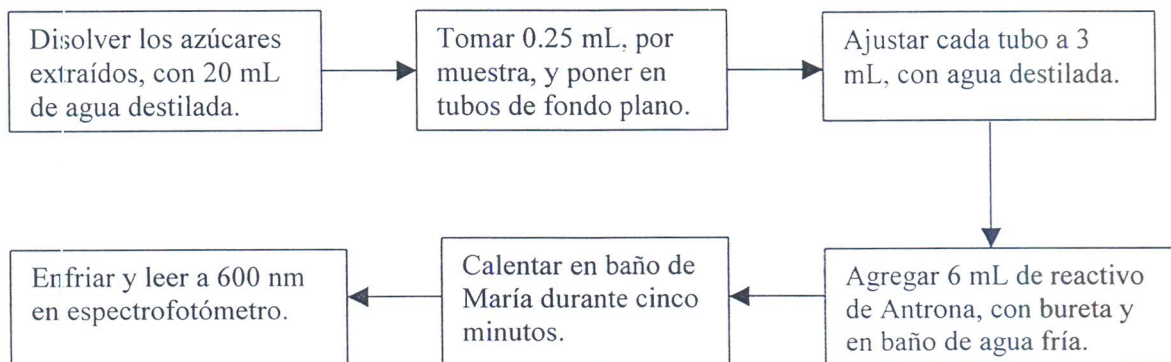
- van Meeteren, U. 1992. Role of air embolism and low water temperature in water of cut chrysanthemum flowers. *Scientia Horticulturae* 51: 275-284.
- Vaz, R. L. and D. G. Richardson. 1985. Effect of calcium on respiration rate, ethylene production and occurrence of cork spot in D' Anjou pears (*Pyrus communis*, L.). *Acta Horticulturae* 157:227-236.
- Volpin, H. and Y. Elad. 1991. Influence of calcium nutrition on susceptibility of rose flowers to *Botrytis* blight. *Phytopathology* 81(11): 1390-1394.
- Wei, M. L. and J. M. Sung. 1993. Carbohydrate metabolism enzymes in developing grains of rice cultured in solution with calcium supplement. *Crop Science* 33: 174-177.
- Whitman, F. F.; D. F. Blaydes and R. M. Devlin .1971. *Experiments in Plant Physiology*. Van Nostrand Reinhold Company. New York, U. S. A. 245 p.
- Wild, A. y L. H. P. Jones. 1992. Nutrición mineral de las plantas cultivadas, pp. 73-119. *In: A. Wild (ed.). Condiciones del Suelo y Desarrollo de las Plantas según Russell*. Versión española. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Winder, T. L. and J. N. Nishio. 1995. Early iron deficiency stress response in leaves of sugar beet. *Plant Physiology* 108: 1487-1494.
- Woltering, J. and W. G. van Doorn. 1988. Role of ethylene in senescence of petals – morphological and taxonomical relationships. *Journal of Experimental Botany* 39(208): 1605-1616.
- Woltz, S. S. and B. K. Harbaugh. 1986. Calcium deficiency as the basic cause of marginal bract necrosis of 'Gutbier V-14 Glory' Poinsettia. *HortScience* 21(6): 1403-1404.

7. ANEXOS

1. ESQUEMA DEL PROCEDIMIENTO PARA EXTRAER AZÚCARES SOLUBLES DE TEJIDO FRESCO VEGETAL (Según Whitam *et al.*, 1971)



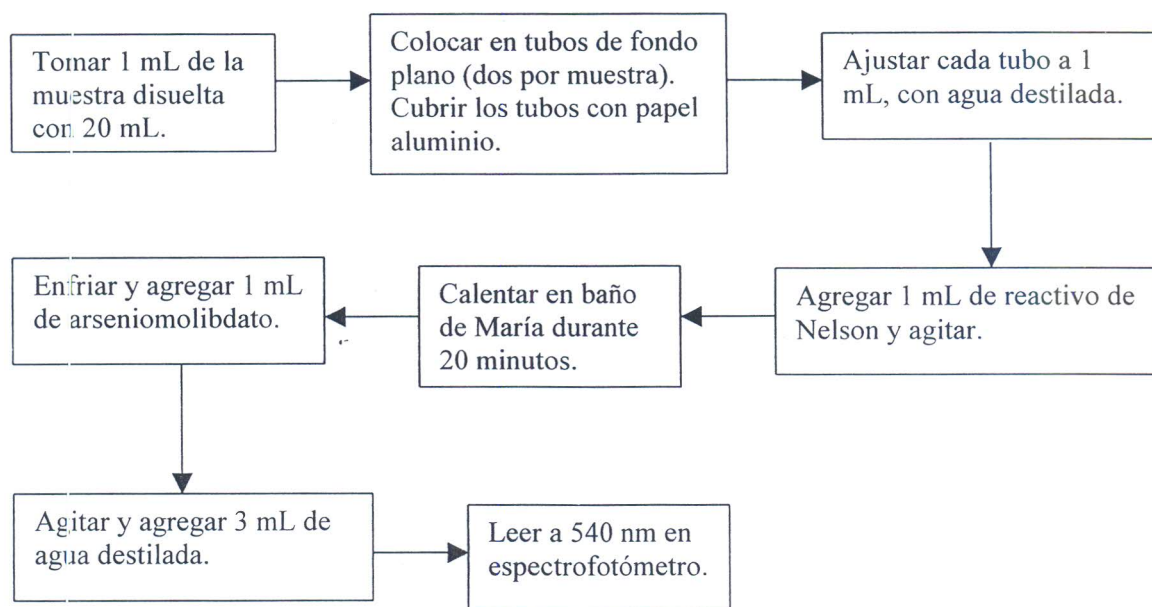
2. ESQUEMA DEL PROCEDIMIENTO DEL ANÁLISIS DE TEJIDO VEGETAL PARA OBTENER EL CONTENIDO DE AZÚCARES SOLUBLES TOTALES POR EL MÉTODO DE ANTRONA (Según Whitam *et al.*, 1971)



Reactivo de Antrona

Disolver 0.4 g de Antrona en 100 ml de H₂SO₄ concentrado, en baño de agua fría.

3. ESQUEMA DEL PROCEDIMIENTO DEL ANALISIS DE TEJIDO VEGETAL PARA OBTENER EL CONTENIDO DE AZÚCARES REDUCTORES POR EL MÉTODO DE NELSON-SOMOGY (Según Somogyi, 1952)



Reactivo A

Disolver 12.5 g de Na_2CO_3 anhidro, 12.5 de tartrato de potasio, 10 g de NaHCO_3 y 10 g de Na_2SO_4 anhidro en 350 mL de agua destilada y aforar a 500 mL. Guardar en frasco ámbar.

Reactivo B

Disolver 7.5 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ en 50 mL de agua destilada y agregar 1 gota de H_2SO_4 concentrado. Guardar en frasco ámbar. Mezclar 12.5 mL del reactivo A y 0.5 de B para preparar el reactivo de Nelson.

Reactivo de Arsenomolibdato

Disolver 7.5 g de $(\text{NH}_4)_8\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ en 450 mL de agua destilada, agregar 21 mL de H_2SO_4 concentrado. Disolver 3 g de $\text{Na}_2\text{HASO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ en 25 de agua destilada y agregarlo a la solución anterior. Incubar en frasco ámbar por 24 horas a 37 °C. El reactivo debe tomar un color amarillo.

4. ESQUEMA DEL PROCEDIMIENTO DEL ANÁLISIS DE TEJIDO VEGETAL PARA OBTENER EL CONTENIDO DE ALMIDÓN POR EL MÉTODO DE LA DIASTASA
(Según Ortega y Rodríguez, 1979)

