



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

F
Tesis
3085
C.2

**PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FLORES DE GERBERA
EN HIDROPONIA BAJO DIFERENTES PROPORCIONES
 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ Y CONCENTRACIONES DE POTASIO**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA



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

PRESENTA:

CAROLINA TRINIDAD DÍAZ BAÑOS

DICIEMBRE DE 2008

Chapingo, Estado de México



BIBLIOTECA

**PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FLORES DE GERBERA EN HIDROPONIA
BAJO DIFERENTES PROPORCIONES $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ Y CONCENTRACIONES
DE POTASIO**

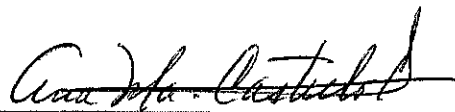
Tesis realizada por **Carolina Trinidad Díaz Baños** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:

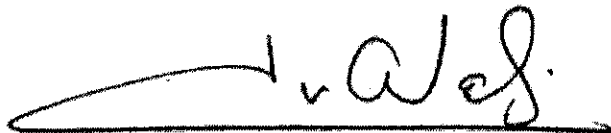

PhD. MARÍA TERESA COLINAS LEÓN

ASESOR:



Dra. ANA MARÍA CASTILLO GONZÁLEZ

ASESOR:



PhD. LUIS ALONSO VALDEZ AGUILAR

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, por brindarme la oportunidad de seguir con mi vida académica.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por otorgarme el apoyo económico que me permitió realizar este proyecto.

Un enorme agradecimiento a mi Comité Asesor, por la disposición y el tiempo dedicado en orientarme y en hacer las observaciones pertinentes a este trabajo.

Al Químico Agrícola Cecilio Bautista Bañuelos por el apoyo prestado en la toma de datos y actividades de laboratorio.

Al Técnico Laboratorista Antonio Díaz Santoyo y a la Q.F.B. Ángela Barrera Cortéz por su apoyo en actividades de laboratorio.

Dedico esta Tesis a la razón de mi existencia,

Mis hijos

Luis Antonio y Tania Carolina

Y mi esposo

Juan Antonio

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Importancia de la floricultura en México	3
2.2. Características de gerbera	4
2.3. Cultivo de gerbera y sus principales problemas	5
2.4. Importancia del nitrógeno	7
2.5. Importancia del potasio	11
2.6. Interacción de nutrimentos	13
2.7. Importancia de la hidroponía en la investigación y la producción	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Sitio de estudio	19
3.2. Genotipo evaluado	19
3.3. Factores en estudio	19
3.4. Diseño experimental	19
3.5. Variables estudiadas	20
3.5.1. Producción de flores	20
3.5.2. Variables de Calidad de las flores	20
3.5.3. Tasa relativa de crecimiento del escapo floral	21
3.5.4. Tasa de asimilación neta de CO ₂	21
3.5.5. Variables poscosecha	21
3.5.6. Variables nutrimentales	22
3.6. Manejo experimental	23
3.6.1. Trasplante a macetas	23
3.6.2. Soluciones nutritivas	24
3.6.3. Riegos	24

3.6.4. Control fitosanitario	25
3.7. Análisis estadístico	25
IV. RESULTADOS.....	26
4.1. Producción de Flores	26
4.2. Calidad de Flores.....	27
4.2.1. Diámetro de flores	27
4.2.2. Longitud del escapo floral	29
4.2.3. Diámetro superior del escapo floral.....	30
4.2.4. Diámetro inferior del escapo floral.....	31
4.2.5. Color.....	32
4.2.6. Tasa relativa de crecimiento del escapo floral	35
4.2.7. Tasa neta de asimilación de CO ₂	38
4.3. Variables poscosecha.....	38
4.3.1. Firmeza de escapos florales	38
4.3.2. Vida poscosecha	40
4.4. Variables nutrimentales	41
4.4.1. Nitrógeno.....	41
4.4.2. Potasio	43
4.4.3. Calcio	44
4.4.4. Magnesio.....	45
4.4.5. Azufre.....	46
V. DISCUSIÓN.....	49
VI. CONCLUSIONES	60
VII. LITERATURA CITADA.....	61
VIII. ANEXOS	65

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Concentración de nutrientes en la solución de Hoagland.....	24
Cuadro 2. Efecto de la proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentración de K^+ (meq L^{-1}) en variables morfológicas, producción de flores y vida de florero de gerbera cultivar Tambre en cultivo hidropónico.....	26
Cuadro 3. Modelos estimados para determinar el efecto de la proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentraciones de K^+ en parámetros morfológicos de gerbera cultivar Tambre en cultivo hidropónico.....	28
Cuadro 4. Efecto de la proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentración de K^+ (meq L^{-1}) en la tasa relativa de crecimiento (%) del escapo de flores de gerbera cultivar Tambre, en cultivo hidropónico.....	37
Cuadro 5. Efecto de la proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentración de K^+ (meq L^{-1}) en la tasa de asimilación de CO_2 de gerbera cultivar Tambre, en cultivo hidropónico.....	38
Cuadro 6. Efecto de la proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentración de K^+ (meq L^{-1}) en la concentración de nutrimentos en hojas de gerbera cultivar Tambre, en cultivo hidropónico.....	42
Cuadro 7. Modelos estimados para determinar el efecto de las proporciones $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentraciones de K^+ en la concentración de nutrimentos en gerbera cultivar Tambre, en cultivo hidropónico.....	42

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto de la interacción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y la concentración de K^+ en el diámetro de flor de gerbera cultivar Tambre, en cultivo hidropónico.	27
Figura 2. Curvas de regresión ajustadas para el diámetro de flor de gerbera cultivar Tambre, bajo diferentes proporciones $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentraciones de K^+ a) 3 meq L^{-1} , b) 4.5 meq L^{-1} y c) 6 meq L^{-1} , en cultivo hidropónico.	28
Figura 3. Curvas de regresión ajustadas para la longitud del escapo floral de flores de gerbera cultivar Tambre, bajo diferentes proporciones $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentraciones de K^+ a) 3 meq L^{-1} , b) 4.5 meq L^{-1} y c) 6 meq L^{-1} , en cultivo hidropónico.	30
Figura 4. Curvas de regresión ajustadas para el diámetro superior del escapo de flores de gerbera cultivar Tambre, bajo diferentes proporciones $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y tres concentraciones de K^+ a) 3 meq L^{-1} , b) 4.5 meq L^{-1} y c) 6 meq L^{-1} , en cultivo hidropónico.	31
Figura 5. Curvas de regresión ajustadas para el diámetro inferior del escapo de flores de gerbera cultivar Tambre, bajo diferentes proporciones $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y tres concentraciones de K^+ a) 3 meq L^{-1} , b) 4.5 meq L^{-1} y c) 6 meq L^{-1} , en cultivo hidropónico.	32
Figura 6. Efecto de la proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ en la frecuencia de tonos anaranjados de flores de gerbera cultivar Tambre en cultivo hidropónico, al momento de corte.	33
Figura 7. Efecto de la proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ en la frecuencia de tonos anaranjados de flores de gerbera cultivar Tambre en cultivo hidropónico, en senescencia.	34

Figura 8. Efecto de la concentración de K^+ en la frecuencia de tonos anaranjados de flores de gerbera cultivar Tambre en cultivo hidropónico, al momento de corte.	34
Figura 9. Efecto de la concentración de K^+ en la frecuencia de tonos anaranjados de flores de gerbera cultivar Tambre en cultivo hidropónico, en senescencia.	35
Figura 10. Tasas relativas de crecimiento del escapo floral de gerbera cultivar Tambre bajo diferentes proporciones $NO_3^-:NH_4^+$ y concentraciones de K^+ , en cultivo hidropónico.	36
Figura 11. Efecto de la proporción $NO_3^-:NH_4^+$ en la frecuencia de doblamiento de escapos de flores de gerbera cultivar Tambre, en cultivo hidropónico.	39
Figura 12. Efecto de la concentración de K^+ en la frecuencia de doblamiento de escapos de flores de gerbera cultivar Tambre, en cultivo hidropónico.	40
Figura 13. Curvas de regresión ajustadas para el tiempo de vida en florero o de poscosecha de flores de gerbera cultivar Tambre, bajo diferentes proporciones $NO_3^-:NH_4^+$ y tres concentraciones de K^+ a) 3 meq L^{-1} , b) 4.5 meq L^{-1} y c) 6 meq L^{-1} , en cultivo hidropónico.	41
Figura 14. Curvas de regresión ajustadas para la concentración de N en hojas de gerbera cultivar Tambre, bajo diferentes proporciones $NO_3^-:NH_4^+$ y tres concentraciones de K^+ a) 3 meq L^{-1} , b) 4.5 meq L^{-1} y c) 6 meq L^{-1} , en cultivo hidropónico.	43
Figura 15. Curvas de regresión ajustadas para la concentración de K^+ en hojas de gerbera cultivar Tambre, bajo diferentes proporciones $NO_3^-:NH_4^+$ y tres concentraciones de K^+ a) 3 meq L^{-1} , b) 4.5 meq L^{-1} y c) 6 meq L^{-1} , en cultivo hidropónico.	44
Figura 16. Curvas de regresión ajustadas para la concentración de Ca^{2+} en hojas de gerbera cultivar Tambre, bajo diferentes proporciones	

$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y tres concentraciones de K^+ a) 3 meq L^{-1} , b) 4.5 meq L^{-1} y c) 6 meq L^{-1} , en cultivo hidropónico.	45
Figura 17. Curvas de regresión ajustadas para la concentración de Mg^{2+} en hojas de gerbera cultivar Tambre, bajo diferentes proporciones $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y tres concentraciones de K^+ a) 3 meq L^{-1} , b) 4.5 meq L^{-1} y c) 6 meq L^{-1} , en cultivo hidropónico.	46
Figura 18. Curvas de regresión ajustadas para la concentración de S en hojas de gerbera cultivar Tambre, bajo diferentes proporciones $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y tres concentraciones de K^+ a) 3 meq L^{-1} , b) 4.5 meq L^{-1} y c) 6 meq L^{-1} , en cultivo hidropónico.	47
Figura 19. Efecto de la interacción proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ $\times$ concentración de K^+ sobre la concentración de azufre en hojas de gerbera cultivar Tambre, en cultivo hidropónico.	48

ANEXOS

Anexo 1. Efecto de la proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ en variables morfológicas y vida de florero de gerbera cultivar Tambre, en cultivo hidropónico.	65
Anexo 2. Efecto de la concentración de K^+ en la concentración de nutrimentos en variables morfológicas y vida de florero de gerbera cultivar Tambre, en cultivo hidropónico.	65
Anexo 3. Efecto de la proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ en la concentración de nutrimentos en hojas de gerbera cultivar Tambre, en cultivo hidropónico.	66
Anexo 4. Efecto de la concentración de K^+ en la concentración de nutrimentos en hojas de gerbera cultivar Tambre, en cultivo hidropónico.	66

RESUMEN

PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FLORES DE GERBERA EN HIDROPONIA BAJO DIFERENTES PROPORCIONES $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ Y CONCENTRACIONES DE POTASIO

Carolina Trinidad Díaz Baños¹; María Teresa Colinas León²; Ana María Castillo González²; Luis Alonso Valdez Aguilar³

El presente trabajo se realizó bajo condiciones de invernadero e hidroponia, se determinó el efecto de la proporción nitrato:amonio y concentración de potasio sobre la producción, la calidad y vida poscosecha de flores de *Gerbera xhybrida* Hort, cultivar Tambre. Además se evaluó el efecto sobre la tasa neta de asimilación de CO_2 y concentración nutrimental. Se evaluaron cinco proporciones nitrato:amonio (100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100) y tres concentraciones de potasio (3, 4.5 y 6 meq L^{-1}). La proporción nitrato:amonio no afectó significativamente ($P>0.05$) la producción de flores y la vida poscosecha. El diámetro de flor, la longitud y el diámetro superior e inferior del escapo que son indicadores de la calidad de las flores, fueron significativamente mayores ($P\leq 0.05$) con 100 y 75 % de nitrato. Proporciones altas de nitrato (100, 75 y 50%) favorecieron la concentración de calcio y potasio; 100 y 75% de amonio las de nitrógeno, magnesio y azufre. El potasio solo tuvo efectos significativos ($P\leq 0.05$) en la asimilación de potasio y azufre.

Palabras clave: Gerbera, cultivo hidropónico, nitrato-amonio, calidad de flor, concentración nutrimental.

¹Estudiante de maestría. Posgrado de Horticultura. Departamento de Fitotecnia. UACH.

²Profesor-Investigador. Posgrado de Horticultura. Departamento de Fitotecnia. UACH.

³Centro de Investigación de Química Aplicada. Blvd. Enrique Reyna No. 140, Saltillo, Coahuila, México.

ABSTRACT

PRODUCTION AND FLOWER QUALITY OF GERBERA CULTIVATED IN HYDROPONICS AS AFFECTED BY VARYING $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ RATIOS AND POTASSIUM CONCENTRATIONS

Carolina Trinidad Díaz Baños¹; María Teresa Colinas León²; Ana María Castillo González²;
Luis Alonso Valdez Aguilar³

Carried out under hydroponic greenhouse conditions, this research determined the effect of the nitrate:ammonium ratio and the concentration of potassium in the nutrient solution on the production, quality and postharvest life of flowers of *Gerbera x hybrida* Hort, cultivar Tambre cultivated in hydroponics. Net CO_2 assimilation rate and foliar nutrient concentration were assessed as well. Five nitrate:ammonium ratios (100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100) and three Potassium concentrations (3, 4.5 and 6 meq L^{-1}) were evaluated. The Nitrate:ammonium ratio did not significantly affect flower production and postharvest life. However, flower diameter, length and proximal and distal diameter of the flowering stem were significantly enhanced ($P \leq 0.05$) when nitrate was at 100 and 75% proportion. High nitrate proportion (100, 75 and 50%) favored calcium and potassium concentration, while ammonium at 100 and 75% favored nitrogen, magnesium, and sulphur concentration. Potassium in the nutrient solution had significant effect ($P \leq 0.05$) on potassium and sulphur tissue concentration.

Key words: Gerbera, hydroponics, nitrate-ammonium, flower quality, nutrient concentration.

¹Student Master Science. Posgrado de Horticultura. Departamento de Fitotecnia. UACH.

²Professor-Investigator. Posgrado de Horticultura. Departamento de Fitotecnia. UACH.

³Centro de Investigación de Química Aplicada. Blvd. Enrique Reyna No. 140, Saltillo, Coahuila, México.

I. INTRODUCCIÓN

La gerbera (*Gerbera xhybrida* Hort) como flor de corte y de jardín es desde la década de los noventa, uno de los cultivos florales más importantes de México (Vázquez y Norman, 1996). A pesar de su éxito como cultivo la gerbera presenta una serie de problemas que requieren ser atendidos si se desea mantener una producción y una demanda del mercado satisfactoria. El problema principal es su senescencia prematura, la cual está relacionada con la fragilidad de sus tallos ya que éstos se doblan antes de que las lígulas se marchiten. Dicho problema se ha relacionado con las condiciones de crecimiento, las propiedades morfológicas, la tensión hídrica y con diferencias genéticas (Gerasopoulos y Chebli, 1998).

De acuerdo con Wilberg (1973), la zona de alargamiento del escapo floral, localizada en el tercio superior de éste, es el punto débil, ya que tiene baja concentración de lignina, lo que provoca que el escapo se doble. Dicho problema puede resolverse en la medida que se produzcan flores con tallos más firmes.

Uno de los elementos que más influyen en la formación eficiente de los tejidos es el nitrógeno. La cantidad y forma en la que el nitrógeno se aporta a las plantas influye significativamente en la longevidad y la calidad de las flores (Jiménez y Lao, 2005). El nitrógeno puede ser aplicado en forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_3^+) y en diferentes proporciones de ambos. La respuesta a la forma del nitrógeno varía entre especies cuando se desarrollan en soluciones nutritivas. Algunas aprovechan mejor el

nitrógeno en forma de nitrato (por ejemplo el trigo y el chile) y otras prefieren el amonio (por ejemplo el arroz y maíz) (Osorio *et al.*, 2003).

Diversos estudios han evaluado la eficiencia con la que el nitrógeno es capturado por la planta en función del balance entre $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$, es claro que los resultados no pueden ser generalizados ya que las respuestas varían con las especies y con los ambientes en los que se desarrollan. La importancia de este tipo de estudios radica en determinar la forma de nitrógeno más fácilmente asimilable por la planta, de tal manera que se influya positivamente en la construcción de tejidos. A esto hay que agregar que los elementos no actúan solos y que establecen sinergias con otros elementos (Fageria, 2001). Tal es el caso del K^+ , que incrementa su demanda conforme aumenta la concentración de N, por ser un elemento fundamental en la síntesis de proteínas (Castellanos, 2000).

Dada la importancia que en gerbera tiene la formación de tejidos firmes, ya que determinan en gran medida el tiempo útil de vida de florero, factor importante de su calidad, es conveniente considerar aparte de sus características genéticas, factores externos, como las condiciones de cultivo, la luminosidad y la fertilización.

En este estudio se plantearon como objetivos: evaluar el efecto de diferentes proporciones de nitrato:amonio y concentraciones de potasio sobre la producción, la calidad y vida poscosecha de flores de gerbera, en cultivo hidropónico; así como determinar el efecto de diferentes proporciones de nitrato:amonio y concentraciones de potasio sobre la tasa de asimilación de CO_2 y concentración de nutrimentos en plantas de gerbera, en cultivo hidropónico.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia de la floricultura en México

De acuerdo a Vázquez y Norman (1996), la investigación sobre horticultura ornamental en México ha sido esporádica e inconsistente, lo que ha llevado a una falta de credibilidad de los floricultores hacia los investigadores. Las investigaciones por lo tanto deben dar resultados benéficos a corto y largo plazo, pretendiendo en el primer caso obtener información técnica útil aplicable de inmediato, y en el segundo atacar problemas cuya solución requiere de varios años para encontrar respuestas satisfactorias. Entre los principales problemas a resolver en la floricultura mexicana destacan la disponibilidad de nuevas variedades con mejores características y el desarrollo de técnicas que permitan mejorar la calidad y producción de especies florales de interés socioeconómico.

Las principales especies que se cultivan en México son: gladiola, clavel, margarita, nube, crisantemo, alhelí, dalia, rosa, margaritón y gerberas; estas últimas se introdujeron desde la década de los 80 junto con otras especies como tulipán, alstroemeria y fresias. Estas especies presentan problemas en su proceso de adaptación sobre todo de tipo sanitario (Vázquez y Norman, 1996).

Debido a la apertura comercial de México hacia países como Estados Unidos y Canadá las exigencias de calidad en la producción de especies ornamentales se ha incrementado. Es necesario superar los problemas de producción y la calidad de las

flores en el periodo de poscosecha; puesto que un aspecto crítico de la calidad de las flores es la vida en florero o la longevidad. Esto se reflejará en una mejor presentación del producto haciéndolo de esta manera atractivo para el consumidor.

En el caso particular de gerbera su producción en México, como en otras partes del mundo, ha cobrado importancia, tanta que en Holanda y Estados Unidos, su volumen de producción supera el volumen de producción de rosas (Tourjee *et al.*, 1994).

2.2. Características de gerbera

La gerbera es una planta herbácea y perenne, es importante en floricultura, tanto como flor de corte así como planta de jardín, en México y en el mundo. La especie cultivada, que pertenece a la familia Asteraceae (tribu Mutisieae, subtribu Mutisiinae), es un híbrido obtenido de la cruce de *G. jamesonii* Bolus y *G. viridifolia* Sch., ambas pertenecientes a la sección Lasiopus (Cass) y posiblemente otras especies (Wernett *et al.*, 1996 a y Hansen, 1985). El género fue establecido en 1737 por Gronovius, en conmemoración a Traug Gerber, un naturalista alemán del siglo dieciocho. El género *Gerbera* contiene alrededor de 70 especies distribuidas desde el sureste de África y Madagascar hasta el este de Asia.

Esta planta se distingue por un eje del vástago bastante acortado y grueso. Los entrenudos casi no crecen y los nudos están unos sobre otros, por tanto las hojas se agrupan en forma arrosetada (Oskinis y Lisiecka, 1990). La especie cultivada se distingue por sus inflorescencias llamadas capítulos que miden entre 8 y 14 cm de diámetro, que presentan flores liguladas alargadas de coloración blanca u oscura en el borde y en el centro flores tubulares. Las flores liguladas están colocadas en uno o

varios anillos, presentan colores que van desde amarillos a anaranjadas o rojas. Las flores del disco, por su parte, pueden ser amarillas o negras. Esta inflorescencia es soportada por un tallo largo, recto y sin hojas (Wernett *et al.*, 1996 a).

La distribución de *G. jamesonii* está restringida al sureste de África (entre los 20° y 30° de latitud sur y a los 25° de longitud este), en donde es endémica (Tourjee *et al.*, 1994). Se le encuentra en matorrales y declives pronunciados, en suelos arcillosos derivados de rocas calizas, en habitats sombreados y secos (Hansen, 1985). *G. viridifolia*, por su parte, tiene una distribución más amplia en el este de África (entre las latitudes 5° y 35° sur y en los 25° de longitud este), en pastizales abiertos con suelos pedregosos. Existen dos subespecies *G. viridifolia* ssp. *viridifolia* y *G. viridifolia* ssp. *natalensis* (Schultz-Bip). Se desconocen híbridos naturales entre *G. jamesonii* y *G. viridifolia* (Hansen, 1985). Sin embargo existe un reporte de hibridación natural entre *G. discolor* Harvey, *G. plantaginea* Harvey, y *G. viridifolia* (Tourjee *et al.*, 1994).

El desarrollo de los cultivos puede ser ubicado a finales del siglo diecinueve, cuando fue introducida por primera vez a Europa y los Estados Unidos desde el sureste de África. El origen de su germoplasma base es desconocido, pero es probable que las variedades modernas provengan de una base genética muy estrecha (Tourjee *et al.*, 1994).

2.3. Cultivo de gerbera y sus principales problemas

Las gerberas pueden multiplicarse por semillas y por medios vegetativos. La producción por semillas resulta un tanto inconveniente ya que la calidad de plántulas no es uniforme, y la floración es tardía, por otro lado las flores en muchos casos se cierran de noche, rasgo que resulta negativo como flor de corte. En el segundo caso es importante

que éstas se planten con las coronas ligeramente por encima del nivel del suelo para evitar la pudrición de la corona. Apparently estas plantas no responden a la luz del día, pero florecen mejor bajo una gran intensidad luminosa, por lo que es recomendable también un poco de luz nocturna y una temperatura de 16 °C. La etapa de cosecha es crítica, ya que las flores no se deberán cortar antes de que la fila exterior de flores muestre polen, pues de otra manera las flores se marchitarán y se cerrarán de noche. La vida promedio en florero es de 3 a 8 días (Larson, 1998).

Los estudios que se han hecho para mejorar la calidad de las flores de corte, incluyendo gerbera, permiten concluir que la característica más importante para los consumidores es la longevidad poscosecha (Buys, 1968). La vida en florero está determinada por el número de días desde la cosecha hasta la senescencia de las flores. Una apropiada nutrición de las plantas tanto en sus etapas vegetativa y de floración es necesaria si se quieren producir plantas longevas y de alta calidad (Roude *et al.*, 1991).

En gerbera, la senescencia normal es identificada como marchitamiento, la cual es una condición que ocurre cuando las lígulas de una inflorescencia, en un tallo recto, han perdido visiblemente su turgencia. No obstante, con frecuencia se presentan casos de senescencia prematura, al igual que en las rosas, ya que los tallos se doblan, se encorvan o se inclinan antes de que la flor se marchite (De Jong, 1978).

La longevidad poscosecha de gerbera se ha incrementado usando tratamientos poscosecha (Abdel-Kader Rogers, 1986; Accati, 1989; Amariutei *et al.*, 1986; Marousky y Woltz, 1975; van Meeteren, 1978) pero el grado al cual estos tratamientos pueden mejorar la vida en florero, puede estar limitada por el genoma de la planta. Por lo tanto,

en gerbera se ha sido considerado por muchos años, mejorar la longevidad de las flores después del corte, mediante cruzamiento y selección. Tal como ha sido demostrado por Wernett *et al.*, (1996 a) quienes encontraron que el mejoramiento genético pudo incrementar la vida media en florero en 3.4 días y que la proporción de encorvamiento generalmente disminuye conforme se incrementa la vida en florero.

Se considera que la zona de alargamiento del escapo floral, localizada en el tercio superior de éste, es el punto débil, debido a que tiene baja concentración de lignina, lo que provoca que el escapo se doble (Gerasopoulos y Chebli, 1998). En este sentido Mencarelli *et al.*, (1995), señalan que la ausencia de lignina en el tejido que se encuentra por debajo de la cabezuela es un indicador de inmadurez, ya que esta zona continúa alargándose después del corte. Dicho problema puede ser resuelto en la medida que se produzcan flores con tallos más firmes.

2.4. Importancia del nitrógeno

El nitrógeno (N) juega un papel fundamental en el metabolismo de las plantas y así en determinar el crecimiento. También es importante para las plantas debido a que se presenta en un gran número de constituyentes químicos, pero principalmente en proteínas. Es un elemento estructural de la fenilalanina, compuesto precursor en la ruta de formación de las subunidades fenólicas comunes en las ligninas. La lignina es un material de refuerzo que se presenta en ciertas paredes celulares de todas las plantas superiores, importante por su función de sostén, además de proporcionar protección mecánica contra el ataque de patógenos y el consumo por insectos y mamíferos (Salisbury y Ross, 1992).

La nutrición inorgánica de las plantas está por lo tanto determinada por el N, el cual incrementa tanto la calidad como la cantidad del producto. Considerando esta situación y entendiendo la interacción del nitrógeno con otros nutrimentos esenciales de la planta, será posible mejorar su desarrollo y crecimiento (Fageria, 2001). Se absorbe del suelo habitualmente en formas muy oxidadas y es necesaria su reducción mediante procesos que dependen de la energía antes de incorporarse en proteínas y otros constituyentes celulares. (Salisbury y Ross, 1992).

En suelos no ácidos, bien drenados y cálidos, el NO_3^- es la forma predominante de N en la solución del suelo debido a la acción de las bacterias nitrificantes. La concentración típica de nitratos en la solución del suelo va de 0.8 a 2.4 mM, mientras que la de NH_4^+ generalmente es más baja 1.0 mM. En suelos ácidos o inundados, en los que la actividad de las bacterias nitrificantes es reducida, el NH_4^+ es la forma de N predominante (Osorio *et al.*, 2003).

La permanencia de estas formas de nitrógeno en el suelo es diferente, debido a su carga positiva el NH_4^+ se adsorbe a los coloides de éste, mientras que el NO_3^- no se adsorbe, de modo que se lixivia con mucha mayor facilidad (Salisbury y Ross, 1992). Cuando el N es absorbido en forma de NO_3^- la rizosfera se alcaliniza, debido a que se requiere balancear las cargas, pero cuando las plantas absorben NH_4^+ la rizosfera se acidifica. Los cambios en el pH del suelo pueden afectar la actividad microbiana del suelo y las relaciones de patogenicidad de dichos microorganismos (Osorio *et al.*, 2003).

Según la forma de nitrógeno que permanezca en el medio (NH_4^+ o NO_3^-) será el que esté disponible para las plantas; una vez que lo absorben, el destino del NH_4^+ y del

NO_3^- dentro de ellas frecuentemente diverge. Niveles altos de NH_4^+ resultan ser tóxicos para las plantas, por lo tanto tienden a prevenir altas acumulaciones en sus tejidos. Asimilan el NH_4^+ en los aminoácidos cerca de los sitios de absorción o generación y rápidamente acumulan algún exceso en las vacuolas. A diferencia del NH_4^+ , el NO_3^- puede ser acumulado por las plantas en altas concentraciones o ser movilizado de tejido a tejido sin que cause efectos dañinos (Epstein y Bloom, 2005).

La forma en la que se suministra el N juega un papel clave en las relaciones entre cationes y aniones en las plantas, dado que ambos NO_3^- y NH_4^+ representan alrededor del 70 al 80% de los cationes y aniones absorbidos por las plantas (Marschner, 1995). A bajas concentraciones de N en soluciones de nutrientes las diferencias de crecimiento entre plantas que reciben NO_3^- o NH_4^+ son pequeñas; sin embargo, con el incremento en la concentración de N, la importancia del NO_3^- como fuente de N se incrementa en muchas especies (hay preferencia por el NO_3^-). Por tanto la nutrición con NO_3^- o con NH_4^+ es un factor importante para el desarrollo y producción de las plantas, ya que de esto dependerá la asimilación de otros nutrimentos; por ejemplo Kawasaki (1995) (citado en Fageria, 2001) reportó que en arroz, cebada, maíz, pepino y tomate, el contenido de calcio fue más alto cuando se suministró nitrógeno a la solución en forma de NO_3^- que cuando se suministró como NH_4^+ , esto debido al efecto inhibitorio del NH_4^+ en la absorción de Ca^{2+} .

Cuando se combinan las fuentes de N (NO_3^- y NH_4^+) en el caso de cultivos hidropónicos, es importante considerar los niveles de radiación que recibe el cultivo; esto es, la relación $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ debe variar de acuerdo a la luz que recibe el cultivo. Soluciones nutritivas con pequeñas cantidades de amonio bajo condiciones de alta

luminosidad generan un reducido crecimiento y rendimiento, en tanto que en condiciones de baja luminosidad, con la presencia de bajas concentraciones de NH_4^+ se ha mostrado un incremento en la producción comparado con el crecimiento cuando se utiliza solo NO_3^- (Morgan, 2000).

La respuesta a la forma del N varía entre especies (Bar-Tal, *et al.* 2001b). Por ejemplo Scoggins y Mills (1998) encontraron que el crecimiento y la condición nutrimental de *Euphorbia pulcherrima*, desarrollada en una solución nutritiva, se favoreció por altas concentraciones de NO_3^- mientras que el NH_4^+ tuvo efectos perjudiciales. Efectos similares se han tenido en trigo y chile. Sin embargo algunas plantas prefieren el NH_4^+ como fuente principal, por ejemplo arroz y maíz. En general los mejores resultados se obtienen cuando hay una mezcla de ambas formas en la solución (Osorio *et al.*, 2003).

Una relación alta de $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ daña la remolacha azucarera debido a la acidificación de la rizosfera. Sin embargo amortiguando el pH de la solución se incrementa la tolerancia de la planta a una alta relación de $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$. El incremento en la relación $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ reduce la captación de cationes, pero incrementa la captación de aniones en tomate y chile. Mientras que el NH_4^+ reduce la captación de Ca^{2+} y Mg^{2+} en chile, no afecta la captación de K^+ .

Una relación 1:1 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ se ha encontrado óptima para tomate, bajo un amplio intervalo de temperaturas. En algunas especies se recomienda 6:1 o 2:1 (Bar-Tal *et al.*, 2001a) sin embargo, en regiones semiáridas el NH_4^+ es utilizado como un agente para reducir el pH del medio y prevenir la precipitación de sales.

Las raíces y partes aéreas de las plantas necesitan compuestos nitrogenados, pero ¿en cual de ellos se reduce el NO_3^- y se incorpora a los compuestos orgánicos?. Las raíces de algunas especies pueden sintetizar todo el nitrógeno que necesitan a partir de NO_3^- , mientras que las raíces de otras especies dependen de las partes aéreas para obtener nitrógeno orgánico (Salisbury y Ross, 1992).

Las cantidades relativas NO_3^- y nitrógeno orgánico en el xilema dependen de las condiciones ambientales; incluso en plantas que habitualmente no asignan mucho NO_3^- lo hacen si el suelo transporta grandes cantidades de este ión, o bien si las raíces se encuentran frías, Andrews (1986) (citado por Salisbury y Ross, 1992).

En las plantas herbáceas existe una recirculación extensiva de nitrógeno de las raíces hacia las hojas, y viceversa; esto probablemente suceda para evitar que cualquier parte del vegetal tenga una deficiencia de este elemento. Es típico tanto en plantas herbáceas como leñosas, la transferencia de compuestos nitrogenados desde las hojas, en especial de las maduras, hasta los cuerpos proteínicos en desarrollo de la raíz o los frutos, vía floema. Los principales compuestos orgánicos que se asignan son glutamina, asparagina, glutamato y aspartato, mientras que ni NO_3^- ni NH_4^+ se distribuyan por el floema en cantidades significativas (Salisbury y Ross, 1992).

2.5. Importancia del potasio

Considerado un nutriente esencial, el potasio (K) es importante por la diversidad de roles que juega en los procesos metabólicos de las plantas. Participa en la activación de enzimas, actúa como regulador osmótico para mantener la presión de turgencia en los tejidos, regula la apertura y cierre de estomas, el balance de cargas de

aniones, las relaciones energéticas, la absorción de N, la síntesis de proteínas y los sistemas de defensa de las plantas (Fageria, 2001; Castellanos *et al.*, 2000). Se considera importante también en la calidad de varios cultivos como en el caso de las solanáceas que son de alta demanda de este nutrimento, así como en cultivos destinados a la producción y almacenamiento de carbohidratos en los órganos de reserva o de fructificación (Castellanos *et al.*, 2000).

La planta lo toma activamente de la solución del suelo a través de las raíces. En el interior de la planta, al igual que el N y el P, el K^+ se redistribuye fácilmente desde los órganos maduros hacia los jóvenes, por lo que los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas antiguas. No forma parte estructural de ninguna molécula en las células. La falta de K^+ en el maíz y otros cereales produce tallos débiles, por lo que las raíces son atacadas con más facilidad por organismos que las descomponen, debido a esto son más susceptibles a la acción del viento y la lluvia (Salisbury y Ross, 1992).

El K^+ presenta diversas interacciones con los nutrimentos, en el caso del N se reporta una interacción positiva, de tal manera que un adecuado nivel de K^+ es esencial para el uso eficiente de N en plantas cultivadas (Fageria 2001). Suele favorecer el metabolismo del N, especialmente del amoniacal, en relación a esto se reporta que reduce el efecto tóxico del amonio, no como un resultado de una competencia entre ambos iones por los sistemas de transporte, sino como un efecto sobre el metabolismo del N (Castellanos *et al.*, 2000).

En cuanto a la forma en la que se suministra el N (NO_3^- ó NH_4^+), se registra una competencia completamente efectiva (catión-catión) sobre la incorporación del K^+ cuando se suministra como NH_4^+ (Epstein y Bloom, 2005), por el contrario no se ha observado que el K^+ inhiba la incorporación de NH_4^+ (Marschner, 1995). Si el N se suministra como NO_3^- o es ésta la forma predominante en el suelo, el K^+ se involucra en su incorporación a través de dos procesos. Primero se le ha encontrado en co-transporte con NO_3^- en el xilema como un ión acompañante desde las raíces hasta la parte aérea de las plantas para después reciclar al floema con malato. Segundo, dado que el NO_3^- es tomado por la planta vía un proceso activo, la captura del NO_3^- puede afectarse a través de la influencia del K^+ en la asignación de fotosintatos necesarios para soportar este proceso activo de captura (Fageria, 2001).

Mantiene relaciones antagónicas con el Ca^{2+} y el Mg^{2+} prácticamente en todos los cultivos, de tal manera que un alto suministro de K^+ reduce la absorción de estos nutrimentos; mientras que al suministrar el Ca^{2+} y el Mg^{2+} en altas cantidades afecta poco la absorción de K^+ (Castellanos *et al.*, 2000).

2.6. Interacción de nutrimentos

Se habla de interacción entre nutrimentos cuando el suministro de uno de ellos afecta la absorción y utilización de otros. Las interacciones pueden ocurrir en la superficie de la raíz o dentro de la planta. Estas interacciones pueden presentarse entre iones que son capaces de formar enlaces químicos, en este caso forman precipitados o compuestos complejos. O bien entre iones que tienen propiedades químicas lo suficientemente similares para que compitan por los sitios de absorción,

transporte y función en la superficie de las raíces o dentro de los tejidos de las plantas (Fageria, 2001).

La interacción entre los nutrimentos puede ser positiva o negativa, o bien no existir interacción. Cuando la suma de sus efectos da como resultado una respuesta de crecimiento y es más grande que la de sus efectos individuales, la interacción es positiva y se habla de sinergismo. Si el efecto combinado permite una menor respuesta, la interacción es negativa y se habla de antagonismo. El sinergismo como la competencia, es una característica de la interacción entre iones durante su incorporación. La estimulación de la incorporación de cationes por aniones y viceversa es observado frecuentemente y es principalmente un reflejo de la necesidad de mantener el balance de cargas dentro de las células (Marschner, 1995). Por otro lado, cuando un nutriente interactúa simultáneamente con más de un nutriente; puede inducir deficiencias, toxicidades, modificar las respuestas de crecimiento o modificar la composición de nutrientes (Fageria, 2001).

Un caso particular de competencia es el ejercido por el NH_4^+ sobre la incorporación de NO_3^- . En casi todos los casos al suministrar externamente NH_4^+ , fuertemente suprime la incorporación neta de NO_3^- . En contraste, cuando se suministra externamente NO_3^- por lo general el efecto en la incorporación de NH_4^+ es pequeño o nulo (Marschner, 1995). El suministro de Ca^{2+} también se ve afectado por la fuente de nitrógeno; cuando el suministro se realiza como NH_4^+ , la asimilación de Ca^{2+} se reduce debido a la competencia entre estos dos cationes, en tanto que cuando se suministra como NO_3^- se incrementa la asimilación de Ca^{2+} (Castellanos *et al.*, 2000),

de igual manera se establece una relación de competencia entre el NH_4^+ y el K^+ en el momento de la absorción radical (Epstein y Bloom, 2005).

En la interacción de nutrimentos influyen factores como su concentración, temperatura, intensidad de luz, aireación del suelo, pH del suelo, humedad del suelo, arquitectura de la raíz, tasa de transpiración y respiración de la planta, edad de la planta, tasa de crecimiento, especie de planta y concentración nutrimental interna de la planta (Fageria, 2001). La forma de N suministrado juega un rol clave en las relaciones catión-anión en las plantas (Marschner, 1995); de esta manera la absorción de nutrimentos se ve afectada por la forma de N aplicado (NO_3^- o NH_4^+) al cultivo. Las respuestas varían con el pH, por tanto las comparaciones son válidas sólo si el pH es idéntico y se mantiene constante en los tratamientos (Urrestarazu, 2004). Clark *et al.* (2003) encontraron que la forma de N influyó significativamente en la incorporación y utilización de nutrientes esenciales en dos cultivares de azalea; las concentraciones en hojas de nitrógeno (N), potasio (K), calcio (Ca), azufre (S), boro (B) y molibdeno (Mo) fueron altas cuando se suministró el N como NO_3^- ; en tanto que cuando se suministró como NH_4^+ el contenido foliar de fósforo (P), magnesio (Mg), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn) y Zinc (Zn) fue mayor.

2.7. Importancia de la hidroponía en la investigación y la producción

Debido a la gran dificultad que representa determinar en el suelo los tipos y las cantidades de elementos esenciales para el crecimiento vegetal, es necesario cultivar plantas empleando soluciones de sales minerales (solución de nutrientes), con una composición química controlada y limitada únicamente por el grado de

pureza de los compuestos, técnica denominada hidroponía, cultivo sin suelo o cultivo en solución. El principio básico del cultivo en solución nutritiva es el de que las raíces de las plantas se desarrollen parcial o totalmente en un medio líquido que contenga todos los elementos nutritivos necesarios (Sánchez y Escalante, 1988). Si todos los nutrientes esenciales, el pH y el oxígeno se mantienen en niveles convenientes en estos cultivos en solución, las plantas crecen como si lo hicieran en el más fértil de los suelos (Epstein y Bloom, 2005).

Dentro de los usos que se da a la hidroponía está el de la investigación ecológica, genética y fisiológica, esta última encaminada a resolver problemas nutricionales en el suelo, donde los factores edáficos pueden ocultar o distorsionar los efectos de una deficiencia o un exceso de nutrimentos; dado que el suelo resulta un medio complejo que incluye materiales minerales más o menos solubles según el grado de humedad y de acidez, sustancias orgánicas y microorganismos, los que establecen interacciones que hacen difícil el análisis exacto de un determinado factor (Huterwal, 1996). Dependiendo del objetivo que se persiga en estos tipos de cultivos existen adecuaciones a la técnica, en sus diversos componentes como: solución nutritiva, contenedores, sustrato, sistema de riego y drenaje (Sánchez y Escalante, 1988).

En cuanto a las soluciones de nutrientes, existen un gran número de formulaciones útiles a partir de estudios sobre la composición de las plantas y de estudios en los que se administraron diferentes concentraciones de elementos a plantas en crecimiento. Las formulaciones que se preparan deben de cubrir los requerimientos de cada especie, ya que mientras una resulta ideal para una determinada especie no lo es para otra (Salisbury y Ross, 1992).

Una adecuación a esta técnica, es el sistema hidropónico de cultivo en agregado, comprende todos aquellos métodos en los que las plantas crecen en un sustrato con propiedades de retención de humedad e inerte, se considera el más simple. Las raíces se desarrollan y crecen en este medio inerte, el cual debe ser lo suficientemente fino para mantener un adecuado nivel de humedad, pero a la vez no tan fino que interfiera con una eficiente aireación. Los sustratos más comúnmente usados son arena (diversos tipos como el tezontle), perlita, vermiculita, aserrín, etc.

El sistema hidropónico no sólo es importante por su aplicación en la investigación, sino que también es considerado un sistema de producción agrícola que presenta un gran número de ventajas, tanto desde el punto de vista técnico como del económico con respecto a otros sistemas del mismo género, pero bajo cultivo en suelo (Sánchez y Escalante, 1988)

Como sistema de producción agrícola tiene gran importancia dentro de los contextos ecológico, económico y social, debido a su gran flexibilidad, esto es, por la posibilidad de aplicarlo con éxito bajo distintas condiciones y para diversos usos (Sánchez y Escalante, 1988). También permite monitorear y manipular la concentración de nutrientes y gas alrededor de las raíces, los contaminantes potenciales pueden usualmente ser llevados a niveles indetectables así como adicionar antibióticos para el control de la actividad microbiana (Epstein y Bloom, 2005).

Como sistema de producción agrícola puede utilizarse ventajosamente en la producción de alimentos en zonas áridas; producción de diversos cultivos en regiones tropicales o bajo condiciones de clima templado y frío; para producir en

lugares donde el agua tiene un contenido alto de sales y en lugares donde no es posible la agricultura normal debido a limitantes de suelo como salinidad, erosión, pedregosidad, rocosidad, arcilla, tepetate, con pendientes fuertes etc. Se utiliza también para producir hortalizas en las ciudades, así como en lugares donde éstas son caras y escasas; para la producción de plantas medicinales; en ganadería para producir forraje verde intensivamente. Asimismo es ampliamente usado para producir flores y plantas ornamentales (Sánchez y Escalante, 1988).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Sitio de estudio

El estudio se realizó en el Invernadero del Instituto de Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo (19° 29' LN; 98° 53' LO; 2250 msnm), de junio de 2006 a mayo de 2007. El clima de la zona se clasifica como Cb(Wo) templado con lluvias en verano, temperatura media anual de 15.2° C y precipitación de 636.5 mm anuales (García, 1987).

3.2. Genotipo evaluado

La especie estudiada fue ***Gerbera hybrida*** (*G. jamesonii* Bolus ex Adlam x *G. viridifolia* Shultz-Bip), cultivar Tambre. Las plántulas se importaron de Holanda, con un tamaño promedio de 12 cm.

3.3. Factores en estudio

A partir de una concentración de nitrógeno de 15 milimoles por litro (mM L^{-1}) se definieron cinco proporciones de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ (100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100) y tres concentraciones de potasio [(3, 4.5 y 6 miliequivalentes por litro (meq L^{-1}))].

3.4. Diseño experimental

El experimento consistió en un factorial completo (5X3) con 15 tratamientos y un diseño de bloques completos al azar, con siete repeticiones. La unidad experimental fue una planta.

3.5. Variables estudiadas

3.5.1. Producción de flores

La floración inició alrededor de 92 días (tercer mes) del transplante de las plántulas, estos primeros botones florales se eliminaron para permitir que las plantas alcanzaran un mejor porte. Después de 60 días (dos meses) del desbotonado se inició el conteo de flores por planta dentro de cada tratamiento, alrededor de 130 días.

3.5.2. Variables de Calidad de las flores

Color. El color se evaluó por comparación visual al momento del corte y en senescencia, se utilizaron las cartas de color de la Royal Horticultural Society (RHS, 2005).

Diámetro de la flor (cm). Se determinó al momento del corte con la ayuda de un vernier, cuando los dos o tres primeros anillos de flores tubiformes se encontraban totalmente desarrollados y con abundante polen en las anteras.

Longitud del escapo floral (cm). Se determinó al momento del corte, desde la base del escapo a la base de la inflorescencia, con la ayuda de un flexómetro.

Diámetro superior e inferior del escapo (cm). Se midieron al momento del corte con la ayuda de un vernier; el diámetro superior se tomó en la parte más cercana a la base de la inflorescencia y el diámetro inferior en la parte cercana a la base del escapo. Éstas y las variables anteriores se determinaron en tres flores de cada repetición.

3.5.3. Tasa relativa de crecimiento del escapo floral

Con una periodicidad semanal se registró el incremento en la longitud del escapo floral. Las mediciones se hicieron a partir de que el botón floral alcanzó 0.5 cm de longitud, hasta el momento del corte de las flores, entre la séptima a novena semana. Con los datos registrados, se determinó mediante la ecuación $L_2 - L_1/L_1 \times 100$; donde L_1 es la longitud inicial y L_2 la longitud final entre dos tiempos.

3.5.4. Tasa de asimilación neta de CO₂

Se realizaron tres lecturas mensuales (entre 10 y 12 A.M.) durante el tiempo de producción de las flores. Se midió en micromoles por metro cuadrado por segundo ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) mediante un analizador de gases infrarrojo marca Li-Cor, modelo 6200, en cuatro de las siete repeticiones.

3.5.5. Variables poscosecha

Firmeza de tallos florales. Se determinó en tres flores por planta, a partir de considerar como tallos o escapos florales firmes los que no presentaron signos de doblamiento o encorvamiento y no firmes los que presentaron estos signos durante la vida en florero.

Vida en florero o vida poscosecha (días). Se determinó en tres flores por planta. Se registró la fecha de corte hasta el momento en el que las flores presentaron signos de senescencia como los indicados por Wernett *et al.* (1996 a), quienes consideran tres categorías con base en la condición visual del tallo: 1) encorvamiento, se presenta cuando el tallo de forma gradual, pero irreversible pierde

turgencia, por lo que adquiere forma de arco; 2) doblamiento, el tallo repentinamente se dobla y forma un ángulo recto y; 3) marchitamiento, el tallo permanece rígido y erecto hasta que las lígulas se marchitan.

3.5.6. Variables nutrimentales

Al final del experimento se muestrearon tres hojas de madurez reciente, se lavaron con agua corriente más dos enjuagues con agua destilada, posteriormente se secaron en una estufa a 65 °C por 48 horas. El material seco, se llevó a molienda en un molino WILLEY modelo 4, con malla 20. A partir de este material se determinó la concentración de:

Nitrógeno (N). El N total se determinó por el método de Micro-Kjeldalh (Chapman y Pratt, 1973). El material previamente molido (0.5g) se llevó a digestión con una mezcla de $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HClO}_4$ (4:1ml) y 2 ml de H_2O_2 al 30%. Se cuantificó por titulación con H_2SO_4 0.05 N.

Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg). Se midió mediante un Espectrofotómetro de Absorción Atómica de Plasma por Inducción Acoplada (ICP-AES), VARIAN, modelo Liberty. Se utilizó una muestra del material previamente digerido para determinar la concentración de azufre.

Azufre (S). Por cuantificación turbidimétrica (Alcántar y Sandoval, 1999), mediante un espectrofotómetro SPECTRONIC 20; Milton Roy Company. Previamente se realizó una digestión húmeda del material con una mezcla de $\text{HNO}_3:\text{HClO}_4$ (2:1 ml). Este

método se modificó al añadir al proceso de digestión H_2O_2 al 30% (5 ml por muestra), incrementar la cantidad de muestra de 0.1g a 0.5g y aforar finalmente a 25 ml.

3.6. Manejo experimental

3.6.1. Trasplante a macetas

El experimento se estableció bajo invernadero e hidroponia. Las temperaturas promedio en el interior del invernadero fueron mínima y máxima de 12 y 28 °C respectivamente, de junio a noviembre; de diciembre a febrero el promedio mínimo fue de 10 °C y el máximo de 20 °C; de marzo a principios de mayo, el promedio mínimo fue de 18 °C y el máximo de 30 °C. La radiación promedio fotosintéticamente activa fue de $42.60 \pm 40.95 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. La humedad relativa promedio osciló entre un mínimo y máximo de 45 y 80%, respectivamente.

El trasplante se realizó el 18 de junio de 2006, en macetas de 8 pulgadas con arena de tezontle como sustrato. Para el establecimiento de las plántulas se sombreó el invernadero con doble malla sombra y se encaló el techo, ya establecidas, se mantuvo el techo solo ligeramente encalado hasta término del experimento.

Para controlar el descenso de temperatura en invierno, se utilizaron dos calefactores, en tanto que en los meses con temperaturas altas y días muy soleados, para disminuir la temperatura y mantener una humedad relativa adecuada, se regaron los pasillos y paredes.

3.6.2. Soluciones nutritivas

La solución base de nutrientes que se empleó fue la de Hoagland (Hothem, *et al.*, 2003) (Cuadro 1), se hicieron adecuaciones en la concentración de potasio (K^+), en las fuentes de nitrógeno para aportar las proporciones nitrato:amonio ($NO_3^-:NH_4^+$) requeridas en cada tratamiento, así como en las fuentes de K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y P. Las soluciones nutritivas se prepararon con agua destilada.

Cuadro 1. Concentración de nutrientes en la solución de Hoagland.

Composición	Solución madre	Concentración
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	24.6 g/100ml	2 ml L^{-1}
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	23.6 g/100ml	5 ml L^{-1}
KH_2PO_4	13.6 g/100ml	1 ml L^{-1}
KNO_3	10.1 g/100ml	5 ml L^{-1}
H_3BO_3	2.86 g L^{-1}	1 ml L^{-1}
$MnCl_3 \cdot 4H_2O$	1.82 g L^{-1}	1 ml L^{-1}
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.22 g L^{-1}	1 ml L^{-1}
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0.09 g L^{-1}	1 ml L^{-1}
MoO_3	0.01 g L^{-1}	1 ml L^{-1}
Fe-DTPA		50.0 mg L^{-1}

3.6.3. Riegos

Las soluciones nutritivas se aplicaron manualmente, la frecuencia de riegos se alternó un día si y un día no. En el caso de días nublados y de alta humedad se hicieron dos riegos por semana. Se aplicaron 250 mililitros (ml) de solución nutritiva durante el establecimiento de las plántulas y 500 ml cuando el tamaño de éstas fue mayor.

3.6.4. Control fitosanitario

En el momento del transplante se aplicó en riego (200 ml) una mezcla rydomil-benlate ($1\text{g}:1\text{ml L}^{-1}$), de forma preventiva para evitar la aparición de enfermedades fungosas y marchitamiento. Para el control de la mosca negra se aplicó en riego thiamethoczan (1g L^{-1}), la cenicilla se controló con aplicaciones foliares de bayleton (1g L^{-1}) o bien con una mezcla de captan-benomilo ($1:1\text{g L}^{-1}$). La mosca blanca y araña roja se controló con aplicaciones foliares de H24 de Progarden. Para el control de la mosca negra y blanca se colocaron también trampas amarillas pegajosas.

3.7. Análisis estadístico

Los datos obtenidos de las variables se sometieron a un análisis estadístico mediante diversos programas. El análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación de medias de Tukey se determinó mediante el programa SAS (Statistical Analysis Systems), versión 8.0; para el análisis de regresión y la elaboración de modelos se empleo el programa DESIGN EXPERT, versión 6.0.4. La comparación de las frecuencias de las variables color y doblamiento de escapo floral, se realizaron con el programa SPSS (Statistical Package for the Social Science), versión 15.0.

IV. RESULTADOS

4.1. Producción de Flores

El corte de las flores se llevó a cabo durante cuatro meses y medio, tiempo que abarcó parte del invierno y de la primavera de 2007. El promedio de flores por planta en los tratamientos en este tiempo fue entre 3.14 y 4.50. Las proporciones de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ así como la interacción proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+ \times$ concentración de K^+ , no generaron diferencias significativas ($P>0.05$) en el número de flores producidas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto de la proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentración de K^+ (meq L^{-1}) en variables morfológicas, producción de flores y vida de florero de gerbera cultivar Tambre en cultivo hidropónico.

$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	Número de flores			Diámetro de flor (cm)			Longitud del escapo (cm)			Diámetro superior del escapo (cm)			Diámetro inferior del escapo (cm)			Vida de florero (días)		
	K=3	K=4.5	K=6	K=3	K=4.5	K=6	K=3	K=4.5	K=6	K=3	K=4.5	K=6	K=3	K=4.5	K=6	K=3	K=4.5	K=6
100:0	4.50	3.14	3.43	10.0	9.17	10.0	58.3	48.3	53.0	0.53	0.49	0.51	0.79	0.75	0.81	10.2	12.2	12.0
75:25	4.42	4.00	4.50	9.50	10.0	9.50	48.5	50.3	51.3	0.50	0.53	0.50	0.77	0.75	0.76	12.0	11.6	10.5
50:50	4.30	4.43	3.90	9.20	9.30	9.43	49.4	50.1	50.0	0.50	0.50	0.50	0.75	0.78	0.76	12.2	11.8	11.3
25:75	4.17	4.30	3.43	9.13	9.10	8.70	42.0	45.0	41.0	0.50	0.50	0.46	0.74	0.74	0.72	12.5	12.3	11.0
0:100	3.70	4.25	4.43	9.30	8.43	8.92	44.0	35.0	42.0	0.49	0.43	0.48	0.73	0.67	0.75	12.3	16.3	11.6
ANOVA ^z																		
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	NS			***			***			*			*			NS		
K	NS			NS			NS			NS			NS			NS		
interacción	NS			*			NS			NS			NS			NS		

^zAnálisis de varianza, NS, *, *** no significativo y significativo a $P<0.05$ y $P<0.001$, respectivamente.

4.2. Calidad de Flores

4.2.1. Diámetro de flores

El diámetro de inflorescencia (flor) fue significativamente afectado ($P \leq 0.05$) por la proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ (Cuadro 2) y por la interacción de la proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+ \times$ concentración de K^+ (Figura 1). Las flores con el diámetro promedio mayor (9.5 ± 0.64 cm) se obtuvieron de plantas que recibieron una mayor proporción de NO_3^- (100:0 y 75:25), por el contrario las que recibieron más NH_4^+ (75 y 100%) presentaron el menor diámetro (8.9 ± 0.5 cm) (Anexo 1 y Figura 2 a, b y c).

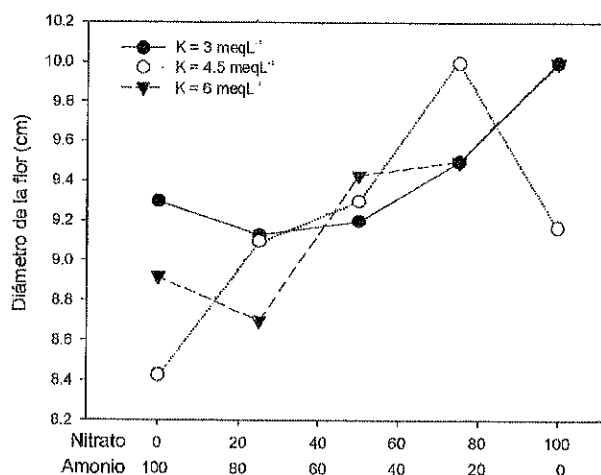


Figura 1. Efecto de la interacción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y la concentración de K^+ en el diámetro de flor de gerbera cultivar Tambre, en cultivo hidropónico.

La concentración de K^+ no tuvo efectos significativos ($P > 0.05$) en esta variable (Cuadro 2). aunque la tendencia observada fue hacia un diámetro mayor (9.4 ± 0.52 cm) cuando la concentración de K^+ fue más baja (Anexo 2 y Figura 2 a, b y c).

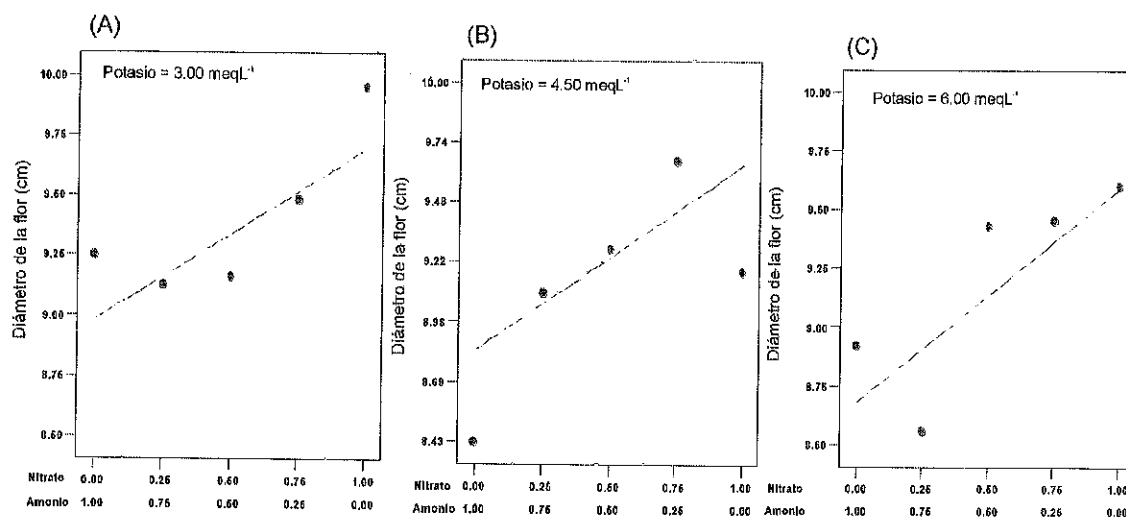


Figura 2. Curvas de regresión ajustadas para el diámetro de flor de gerbera cultivar Tambre, bajo diferentes proporciones $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentraciones de K^+ a) 3 meq L^{-1} , b) 4.5 meq L^{-1} y c) 6 meq L^{-1} , en cultivo hidropónico.

El modelo de regresión (Cuadro 3) estima que el diámetro máximo (9.9 cm) se obtendrá si se riegan las plantas con una solución que contenga una proporción 100:0 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y 3.0 meq L^{-1} de K^+ (Figura 2 a, b y c).

Cuadro 3. Modelos estimados para determinar el efecto de la proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentraciones de K^+ en parámetros morfológicos de gerbera cultivar Tambre en cultivo hidropónico.

Parámetro	Modelo estimado	Significancia	R^2	R^2 ajustada
Diámetro de flor	$= 9.64 \text{ NO}_3^- + 8.83 \text{ NH}_4^+ - 0.051 \text{ NO}_3^- * \text{K}^+ - 0.15 * \text{NH}_4^+ * \text{K}^+$	$P < 0.0137$	0.60	0.49
Longitud del escapo floral	$= 53.76 \text{ NO}_3^- + 40.57 \text{ NH}_4^+ - 0.97 \text{ NO}_3^- * \text{K}^+ + 0.037 \text{ NH}_4^+ * \text{K}^+$	$P < 0.0024$	0.71	0.63
Diámetro superior del escapo floral	$= 0.49 \text{ NO}_3^- + 0.43 \text{ NH}_4^+ + 0.23 \text{ NO}_3^- * \text{NH}_4^+ - 6.491\text{E-}003 \text{ NO}_3^- * \text{K}^+ - 8.808\text{E-}003 \text{ NH}_4^+ * \text{K}^+ + 0.024 \text{ NO}_3^- * \text{K}^{+2} + 0.052 \text{ NO}_3^- * \text{K}^{+2} + 0.010 \text{ NO}_3^- * \text{NH}_4^+ * \text{K}^+ - 0.27 \text{ NO}_3^- * \text{NH}_4^+ * \text{K}^{+2}$	$P < 0.041$	0.85	0.66
Diámetro inferior del escapo floral	$= 0.72 \text{ NO}_3^- + 67 \text{ NH}_4^+ + 0.31 \text{ NO}_3^- * \text{NH}_4^+ + 8.908\text{E-}003 \text{ NO}_3^- * \text{NH}_4^+ + 5.797\text{E-}003 * \text{NH}_4^+ * \text{K}^+ + 0.078 * \text{NO}_3^- * \text{K}^+ + 0.0778 * \text{NO}_3^- * \text{K}^{+2} + 0.067 * \text{NH}_4^+ * \text{K}^{+2} - 0.046 * \text{NO}_3^- * \text{NH}_4^+ * \text{K}^+ - 0.38 * \text{NO}_3^- * \text{NH}_4^+ * \text{K}^{+2}$	$P < 0.0045$	0.94	0.85
Vida de florero	$= 12.49 \text{ NO}_3^- + 16.02 \text{ NH}_4^+ - 11.28 \text{ NO}_3^- * \text{NH}_4^+ + 0.69 \text{ NO}_3^- * \text{K} - 0.28 \text{ NH}_4^+ * \text{K} - 1.49 \text{ NO}_3^- * \text{K}^{+2} - 4.11 \text{ NH}_4^+ * \text{K}^{+2} - 3.98 \text{ NO}_3^- * \text{NH}_4^+ * \text{K}^+ + 11.97 \text{ NO}_3^- * \text{NH}_4^+ * \text{K}^{+2}$	$P < 0.0039$	0.86	0.85

4.2.2. Longitud del escapo floral

La longitud del escapo floral fue significativamente afectada por la proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ($P \leq 0.05$) (Cuadro 2); esta fue mayor a medida que se incrementó el porcentaje de NO_3^- y disminuyó el de NH_4^+ . Los escapos mas largos (52.3 ± 7.73 cm) se alcanzaron en plantas a las que se les aplicó una proporción 100:0 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y los más cortos (41.01 ± 6.11 cm) en las que recibieron 0:100 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ (Anexo1). Las concentraciones de K^+ así como la interacción proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+ \times$ concentración de K^+ , no tuvieron efectos significativos sobre esta variable (Cuadro 2).

Aún considerando que el efecto del K^+ no fue significativo en la longitud del escapo, en la Figura 3 a, b y c y Anexo 2 se observa que a menor concentración de éste (3 meq L^{-1}) la longitud del escapo fue mayor (48.4 ± 8.6 cm), mientras que la longitud menor (46.3 ± 7.8) se registró cuando se aplicó la concentración intermedia (4.5 meq L^{-1}).

Al igual que con el diámetro de la flor, el modelo de regresión (Cuadro 3) indica que la longitud mayor del escapo (58 cm) se obtendrá cuando se aplique a las plantas una proporción 100:0 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y 3 meq L^{-1} de K^+ (Figura 3 a, b y c).

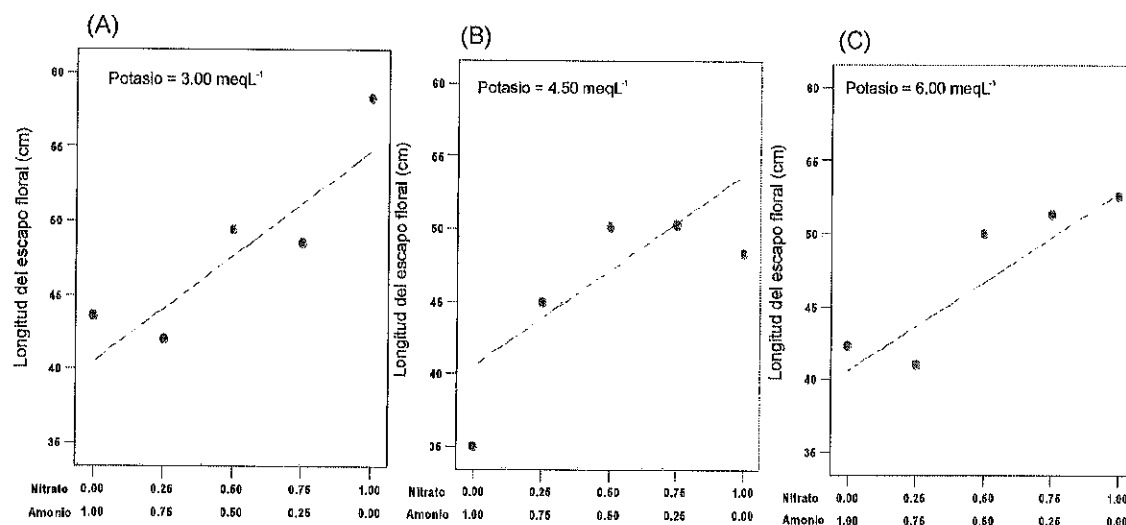


Figura 3. Curvas de regresión ajustadas para la longitud del escapo floral de flores de gerbera cultivar Tambre, bajo diferentes proporciones $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentraciones de K^+ a) 3 meq L^{-1} , b) 4.5 meq L^{-1} y c) 6 meq L^{-1} , en cultivo hidropónico.

4.2.3. Diámetro superior del escapo floral

La forma en la que se suministró el N afectó significativamente ($P \leq 0.05$) el diámetro superior del escapo floral, las diferencias fueron significativas entre las plantas que recibieron 100:0 y 75:25 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y las que recibieron 0:100 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ (Cuadro 2). El diámetro mayor (0.51 ± 0.044 cm) se registró en el primer caso y el menor en el segundo (0.47 ± 0.032 cm) (Anexo 1). La interacción proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+ \times$ concentración de K^+ , al igual que las concentraciones de K^+ no tuvieron efectos significativos en esta variable ($P > 0.05$) (Cuadro 2); sin embargo en el caso del K^+ , se observó una tendencia a un mayor diámetro (0.50 ± 0.042) cuando la concentración de éste fue de 3.0 meq L^{-1} y el menor (0.49 ± 0.038) con una concentración de 6 meq L^{-1} (Anexo 2 y Figura 4 a, b y c).

El modelo de regresión (Cuadro 3) que describe la respuesta a las diferentes proporciones $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentraciones de K^+ utilizadas predice que el diámetro

superior del escapo floral será mayor (0.52 cm) cuando las plantas se fertilicen con una proporción 62:38 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y una concentración de 4.37 meq L^{-1} de K^+ (Figura 4 a, b y c).

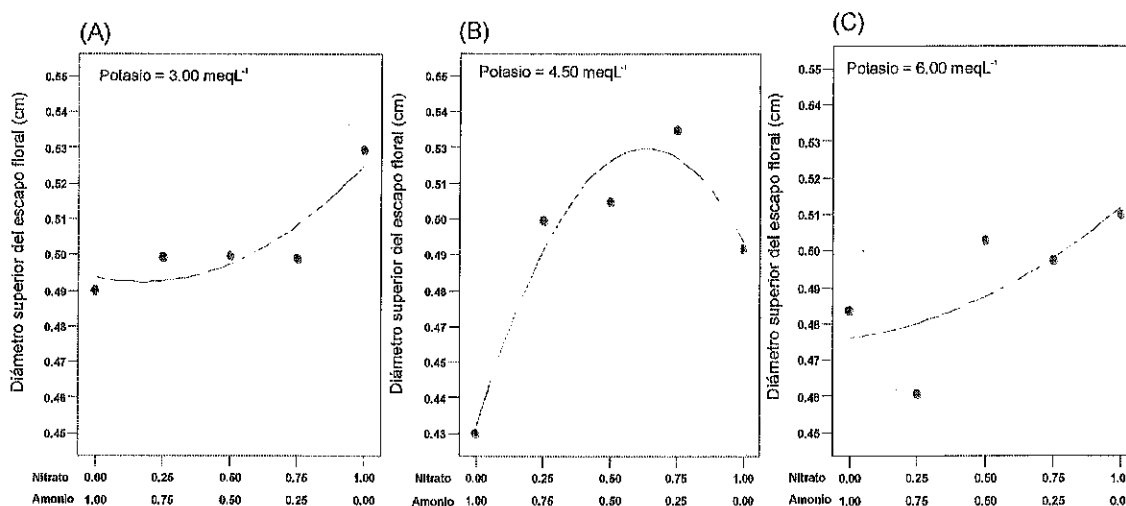


Figura 4. Curvas de regresión ajustadas para el diámetro superior del escapo de flores de gerbera cultivar Tambre, bajo diferentes proporciones $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y tres concentraciones de K^+ a) 3 meq L^{-1} , b) 4.5 meq L^{-1} y c) 6 meq L^{-1} , en cultivo hidropónico.

4.2.4. Diámetro inferior del escapo floral

La proporción de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ influyó significativamente en el diámetro inferior del escapo floral ($P \leq 0.05$), en tanto que el efecto de la concentración de K^+ e interacción proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+ \times$ concentración de K^+ , no fueron significativos (Cuadro 2). Los escapos con diámetro inferior mayor ($0.77 \pm 0.08 \text{ cm}$) se obtuvieron de plantas fertilizadas con 100:0 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y los de diámetro menor ($0.72 \pm 0.06 \text{ cm}$) de las plantas fertilizadas con 0:100 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ (Anexo 1). A pesar del efecto no significativo del K^+ , se observó que al aplicar 6 meq L^{-1} de éste, el diámetro inferior del escapo fue mayor ($0.76 \pm 0.06 \text{ cm}$) (Anexo 2 y Figura 5 a, b y c).

El modelo de regresión (Cuadro 3) para esta variable fue significativo ($p \leq 0.005$) y de acuerdo a la ecuación obtenida, el diámetro inferior del escapo floral será mayor (0.99 cm) cuando se aplique a las plantas una proporción 100:0 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y 6.0 meq L^{-1} de K^+ (Figura 5 a, b y c).

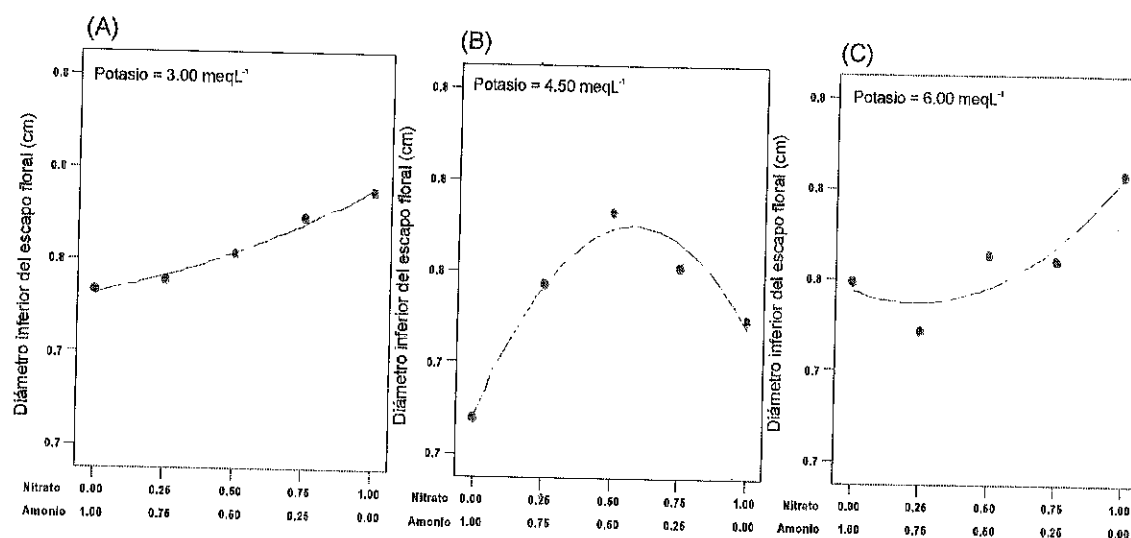


Figura 5. Curvas de regresión ajustadas para el diámetro inferior del escapo de flores de gerbera cultivar Tambre, bajo diferentes proporciones $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y tres concentraciones de K^+ a) 3 meq L^{-1} , b) 4.5 meq L^{-1} y c) 6 meq L^{-1} , en cultivo hidropónico.

4.2.5. Color

El color de las flores, ubicado en el grupo de naranjas de acuerdo a las cartas de color (RHS), presentó una variación. Se obtuvieron dos tonos, uno oscuro (32 A) y otro claro (28 A). La proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ tuvo efectos estadísticos significativos en la frecuencia de tonalidades de las flores al momento del corte ($X^2 = 0.21$; $n = 288$; $P = 0.008$) y en la senescencia ($X^2 = 0.20$; $n = 288$; $P = 0.015$).

Al momento del corte, el tratamiento 100% NO_3^- presentó una mayor proporción de flores con tonalidad más intensa (32 A), en el resto de los tratamientos se produjeron

flores con las tonalidades en proporciones similares (Figura 6); en senescencia la mayor proporción de flores con tonalidad más intensa permaneció en el tratamiento con 100% NO_3^- , además de incrementarse en el resto de tratamientos (Figura 7). La concentración de K^+ no afectó significativamente la frecuencia de colores al momento de corte ($X^2 = 0.10$; $n = 288$; $P = 0.949$) ni en senescencia ($X^2 = 1.60$; $n = 288$; $P = 0.449$); a pesar de esto al momento del corte se observó una mayor frecuencia del tono claro (28 A) cuando se aplicaron 6 meq L^{-1} (Figura 8), a esta misma concentración en senescencia la frecuencia mayor se torna (Figura 9) hacia el tono oscuro (32 A).

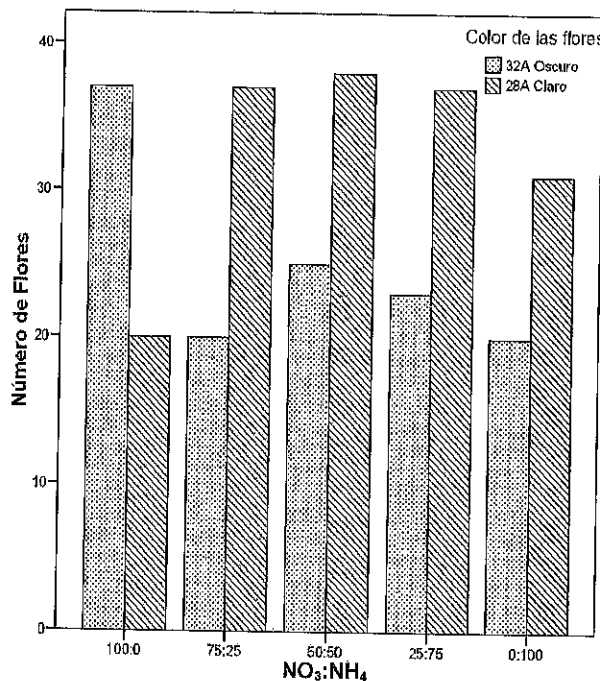


Figura 6. Efecto de la proporción $\text{NO}_3:\text{NH}_4^+$ en la frecuencia de tonos anaranjados de flores de gerbera cultivar Tambre en cultivo hidropónico, al momento de corte.

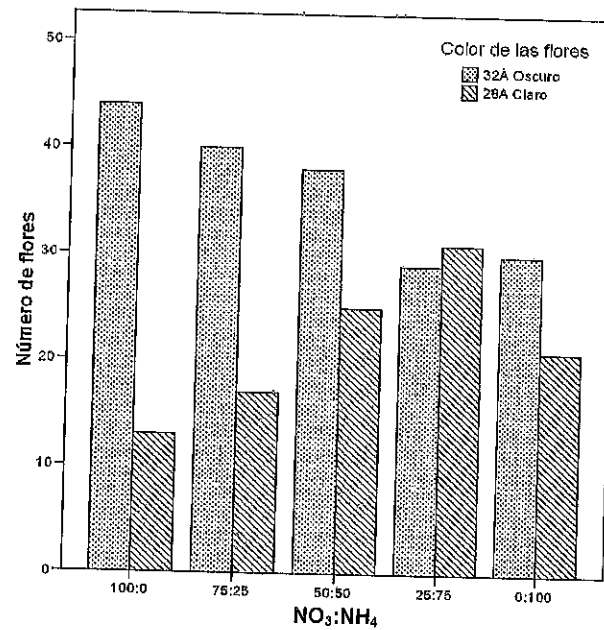


Figura 7. Efecto de la proporción $\text{NO}_3:\text{NH}_4^+$ en la frecuencia de tonos anaranjados de flores de gerbera cultivar Tambre en cultivo hidropónico, en senescencia.

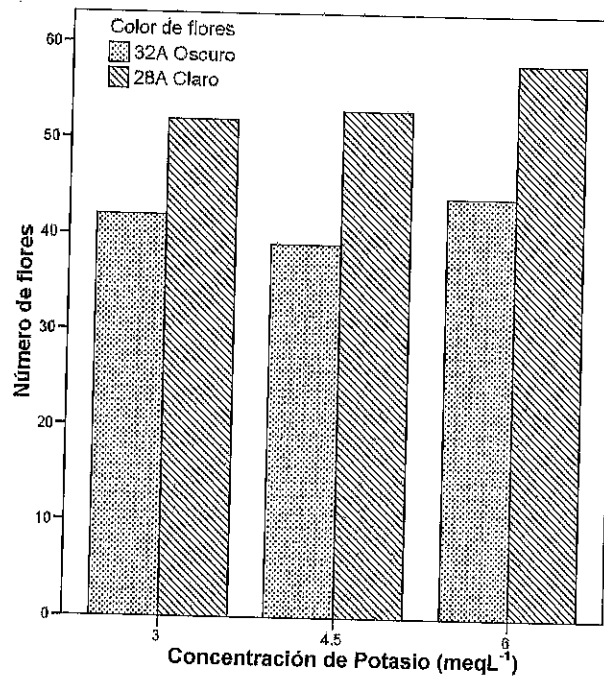


Figura 8. Efecto de la concentración de K^+ en la frecuencia de tonos anaranjados de flores de gerbera cultivar Tambre en cultivo hidropónico, al momento de corte.

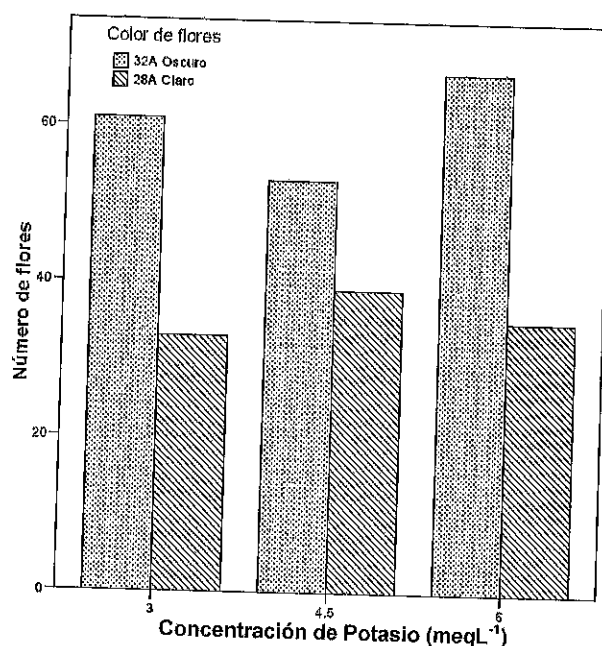


Figura 9. Efecto de la concentración de K^+ en la frecuencia de tonos anaranjados de flores de gerbera cultivar Tambre en cultivo hidropónico, en senescencia.

4.2.6. Tasa relativa de crecimiento del escapo floral

Los escapos florales bajo los distintos tratamientos crecieron a una tasa igual estadísticamente ($P > 0.05$) en las tres primeras semanas (Cuadro 4). En la semana cuatro la tasa relativa de crecimiento fue estadísticamente mayor ($P \leq 0.05$) en las plantas fertilizadas con la mayor proporción de NO_3^- (100%) con relación a las fertilizadas con 100% de NH_4^+ (Figura 10).

A partir de la quinta semana la tasa relativa de crecimiento disminuyó en todos los tratamientos (Figura 10), no obstante, las plantas fertilizadas con 100% de NH_4^+ mostraron una tasa relativa de crecimiento significativamente menor ($p \leq 0.05$) a la de los tratamientos 100:0 y 75:25 $NO_3^-:NH_4^+$ (Cuadro 4).

De la sexta semana y hasta el final de los registros las tasas relativas de crecimiento de los escapos florales continuaron disminuyendo sin que se observaran diferencias significativas ($P>0.05$) entre tratamientos (Figura 10). Las concentraciones de K^+ no generaron diferencias significativas en esta variable, no obstante en la primera semana de crecimiento se registró una interacción significativa proporción $NO_3^-:NH_4^+$ $\times$ concentración de K^+ (Cuadro 4).

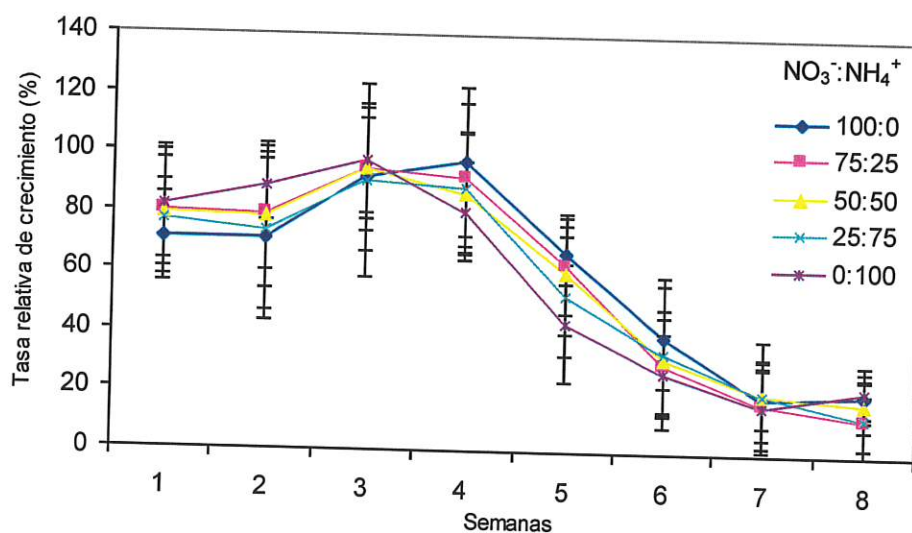


Figura 10. Tasas relativas de crecimiento del escapo floral de gerbera cultivar Tambre bajo diferentes proporciones $NO_3^-:NH_4^+$ y concentraciones de K^+ , en cultivo hidropónico.

Cuadro 4. Efecto de la proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentración de K^+ (meq L^{-1}) en la tasa relativa de crecimiento (%) del escape de flores de gerbera cultivar Tambre, en cultivo hidropónico.

	Semana 1			Semana 2			Semana 3			Semana 4			Semana 5			Semana 6			Semana 7			Semana 8		
	K=3	K=4,5	K=6	K=3	K=4,5	K=6	K=3	K=4,5	K=6	K=3	K=4,5	K=6	K=3	K=4,5	K=6	K=3	K=4,5	K=6	K=3	K=4,5	K=6	K=3	K=4,5	K=6
NO ₃ :NH ₄																								
100:0	77.9	66.3	70.1	76.2	76.3	61.5	92.5	87.2	95.7	107.2	84.1	102.6	62.6	67.6	69.2	32.7	44.6	40.3	21.1	17.8	18.9	18.8	30.6	16.4
75:25	66.0	94.5	80.7	73.1	76.8	87.7	84.9	100.3	101.4	90.5	89.8	95.8	76.3	54.4	55.6	38.1	23.9	26.0	21.0	16.6	12.5	17.2	6.62	8.2
50:50	87.5	78.7	71.3	82.3	77.8	75.2	90.2	94.0	100.1	95.7	81.9	81.4	56.7	53.3	70.2	21.3	36.3	37.1	13.6	26.3	21.9	25.2	18.8	10.8
25:75	75.4	77.4	77.5	81.9	70.2	71.0	96.7	85.9	90.9	84.1	90.4	90.1	45.2	59.8	52.0	29.5	38.1	34.2	14.7	29.2	16.9	15.9	5.2	18.0
0:100	73.1	97.0	77.0	90.0	91.5	77.0	99.9	94.8	90.2	87.8	68.4	84.4	49.6	35.6	41.1	27.1	26.0	28.6	20.3	8.3	21.2	18.2	16.9	33.6
ANOVA ^z																								
NO ₃ :NH ₄	NS				NS		NS				*			**		NS		NS		NS		NS		NS
K	NS				NS		NS				NS			NS		NS		NS		NS		NS		NS
Interacción	*				NS		NS				NS			NS		NS		NS		NS		NS		NS

^zAnálisis de varianza, NS, *, **, no significativo y significativo a $P \leq 0.05$ y $P < 0.01$, respectivamente.

4.2.7. Tasa neta de asimilación de CO₂

En ninguna de las tres mediciones hechas se determinaron efectos significativos ($P > 0.05$) en la tasa de asimilación de CO₂, debido a la proporción NO₃⁻:NH₄⁺, ni a la concentración de K⁺ ni a la interacción proporción NO₃⁻:NH₄⁺ × concentración de K⁺ (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto de la proporción NO₃⁻:NH₄⁺ y concentración de K⁺ (meq L⁻¹) en la tasa de asimilación de CO₂ de gerbera cultivar Tambre, en cultivo hidropónico.

NO ₃ ⁻ :NH ₄ ⁺	Fotosíntesis 1 (μmol m ⁻² s ⁻¹)			Fotosíntesis 2 (μmol m ⁻² s ⁻¹) ¹⁾			Fotosíntesis 3 (μmol m ⁻² s ⁻¹)		
	K=3	K=4.5	K=6	K=3	K=4.5	K=6	K=3	K=4.5	K=6
100:0	10.74	9.19	9.60	5.93	5.53	9.00	9.90	8.00	9.84
75:25	10.31	6.70	9.16	6.16	6.65	7.52	13.10	8.90	9.31
50:50	7.73	8.68	9.50	6.02	7.04	6.84	11.90	9.70	11.10
25:75	7.32	7.59	9.83	7.06	6.64	6.00	7.43	8.13	9.73
0:100	9.70	8.75	9.64	8.04	8.69	5.78	10.84	9.65	9.90
ANOVA ^z									
NO ₃ :NH ₄		NS			NS			NS	
K		NS			NS			NS	
Interacción		NS			NS			NS	

^zAnálisis de varianza, NS, no significativo. Fotosíntesis 1, 2 y 3 determinadas durante el tiempo de producción de las flores, corresponde a las fechas 23 de enero, 23 de febrero y 13 de marzo de 2007 respectivamente.

4.3. Variables poscosecha

4.3.1. Firmeza de escapos florales

La proporción NO₃⁻:NH₄⁺ tuvo efectos estadísticos significativos en la firmeza de tallos o escapos florales ($X^2 = 9.96$; $n = 295$; $P = 0.041$). Se evaluó como frecuencia de doblamiento del escapo floral, fue estadísticamente mayor en flores de plantas

fertilizadas con una proporción 100:0 y 75:25 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ (Figura 11). Las concentraciones de K^+ no tuvieron efectos significativos ($X^2 = 3.70$; $n = 295$; $P = 0.157$) en la firmeza de los escapos; aún sin diferencias significativas, se observó una mayor tendencia de doblamiento al aplicar la concentración de K^+ más baja y la más alta (Figura 12).

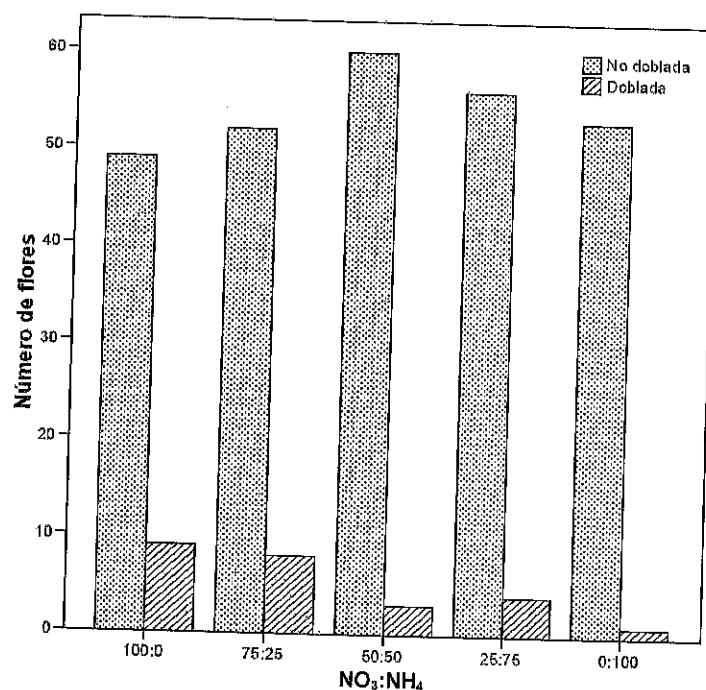


Figura 11. Efecto de la proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ en la frecuencia de doblamiento de escapos de flores de gerbera cultivar Tambre, en cultivo hidropónico.

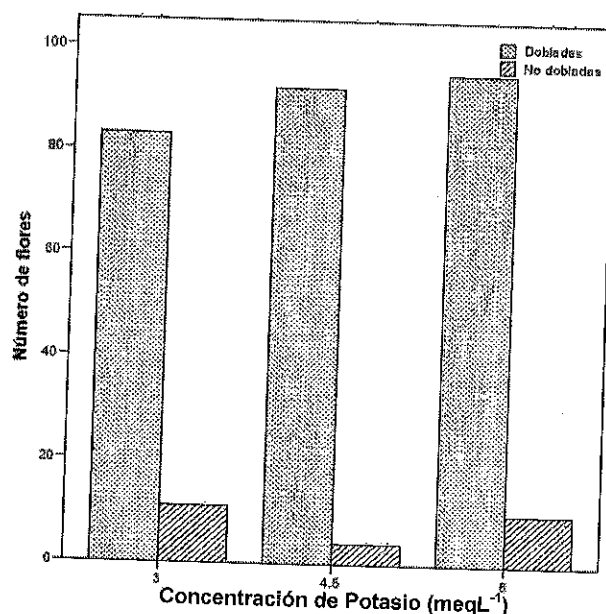


Figura 12. Efecto de la concentración de K^+ en la frecuencia de doblamiento de escapos de flores de gerbera cultivar Tambre, en cultivo hidropónico.

4.3.2. Vida poscosecha

La proporción $NO_3^-:NH_4^+$ no afectó de forma significativa ($P>0.05$) el tiempo de vida en florero de las flores cosechadas; de igual manera, no se registraron diferencias significativas ($P>0.05$) debido a la concentración de K^+ ni a la interacción proporción $NO_3^-:NH_4^+ \times$ concentración de K^+ (Cuadro 2). Sin embargo es importante indicar que las flores con mayor tiempo promedio de vida (13 ± 3.2 días), fueron las que se cortaron de plantas a las que se les suministró una proporción 0:100 de $NO_3^-:NH_4^+$ (Anexo 1). En relación al K^+ , el mayor tiempo de vida se registró cuando se aplicaron 4.5 meq L^{-1} (12.5 ± 2.7 días) (Anexo 2). El modelo de regresión estimado (Cuadro 3) predice que se lograrán flores con una máxima vida de florero (16 días) cuando se aplique una proporción 0:100 de $NO_3^-:NH_4^+$ y 4.5 meq L^{-1} de K^+ (Figura 13 a, b y c).

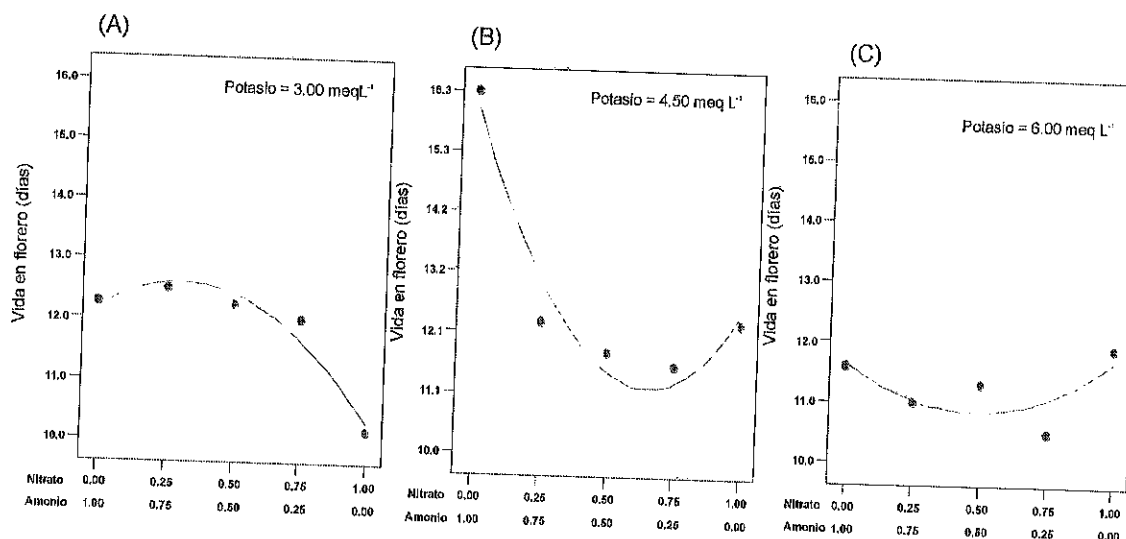


Figura 13. Curvas de regresión ajustadas para el tiempo de vida en florero o de poscosecha de flores de gerbera cultivar Tambre, bajo diferentes proporciones $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y tres concentraciones de K^+ a) 3 meq L^{-1} , b) 4.5 meq L^{-1} y c) 6 meq L^{-1} , en cultivo hidropónico.

4.4. Variables nutrimentales

4.4.1. Nitrógeno

El contenido de nitrógeno (N) en las hojas fue significativamente mayor ($P \leq 0.05$) al aplicar NH_4^+ en proporciones de 75 y 100% (Cuadro 6), se acumuló 2.86 y 3.06% respectivamente (Anexo 3). En el resto de los tratamientos no se mostraron diferencias significativas. La concentración de K^+ , así como la interacción proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+ \times$ concentración de K^+ no tuvieron efectos significativos ($P > 0.05$) en la concentración de N (Cuadro 6). Aún que el K^+ no tuvo efectos significativos, la mayor concentración de N (2.86%) se registró al aplicar la mayor concentración de éste (Anexo 4 y Figura 14 a, b y c).

La ecuación de regresión (Cuadro 7) estima que la concentración mayor de N (3.1 a 3.2%) se obtendrá con una proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ de 3.0:97.0 y 1.0:99.0 respectivamente y 6 meq L^{-1} de K^+ (Figura 14 a, b y c).

Cuadro 6. Efecto de la proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentración de K^+ (meq L^{-1}) en la concentración de nutrimentos en hojas de gerbera cultivar Tambre, en cultivo hidropónico.

$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	N (%)			K (%)			Ca (%)			Mg (%)			S (%)		
	K=3	K=4.5	K=6	K=3	K=4.5	K=6	K=3	K=4.5	K=6	K=3	K=4.5	K=6	K=3	K=4.5	K=6
100:0	2.51	2.91	2.94	1.86	2.20	2.10	1.41	1.21	1.05	0.56	0.61	0.53	0.10	0.15	0.13
75:25	2.75	2.71	2.72	1.83	2.02	2.20	1.10	1.10	0.95	0.70	0.74	0.64	0.16	0.15	0.13
50:50	2.78	2.72	2.60	1.56	2.32	2.23	1.06	1.20	0.90	1.02	1.00	1.00	0.26	0.21	0.32
25:75	2.81	2.81	2.95	2.00	2.25	1.89	0.90	0.82	0.72	1.02	1.10	0.82	0.30	0.40	0.35
0:100	2.95	3.12	3.10	1.85	1.73	1.90	0.73	0.63	0.83	0.85	0.91	0.98	0.34	0.52	0.73
ANOVA ²															
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$		***			NS			***			***			***	
K		NS			*			NS			NS			**	
Interacción		NS			NS			NS			NS			*	

²Análisis de varianza, NS, *, **, *** no significativo y significativo a $P<0.05$, $P<0.01$ y $P<0.001$, respectivamente.

Cuadro 7. Modelos estimados para determinar el efecto de las proporciones $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentraciones de K^+ en la concentración de nutrimentos en gerbera cultivar Tambre, en cultivo hidropónico.

Elemento	Modelo estimado	Significancia	R^2	R^2 ajustada
Nitrógeno	$= 2.79 \text{ NO}_3^- + 3.06 \text{ NH}_4^+ - 0.81 \text{ NO}_3^- * \text{NH}_4^+ + 0.19 \text{ NO}_3^- * \text{K}^+ + 0.11 \text{ NH}_4^+ * \text{K}^+ - 0.79 * \text{NO}_3^- * \text{NH}_4^+ * \text{K}^+$	$P<0.0018$	0.85	0.76
Potasio	$= 2.07 \text{ NO}_3^- + 1.91 \text{ NH}_4^+$	$P<0.3132$	0.07	0.00
Calcio	$= 1.21 \text{ NO}_3^- + 0.72 \text{ NH}_4^+ - 0.16 \text{ NO}_3^- * \text{K}^+ + 0.012 \text{ NH}_4^+ * \text{K}^+$	$P<0.0001$	0.85	0.81
Magnesio	$= 0.53 \text{ NO}_3^- + 0.92 \text{ NH}_4^+ + 0.78 \text{ NO}_3^- * \text{NH}_4^+$	$P<0.0001$	0.80	0.77
Azufre	$= 0.12 \text{ NO}_3^- + 0.53 \text{ NH}_4^+ - 0.34 \text{ NO}_3^- * \text{NH}_4^+ + 0.022 \text{ NO}_3^- * \text{K}^+ + 0.18 \text{ NH}_4^+ * \text{K}^+ + 0.39 \text{ NO}_3^- * \text{NH}_4^+ * \text{K}^+$	$P<0.0001$	0.96	0.93

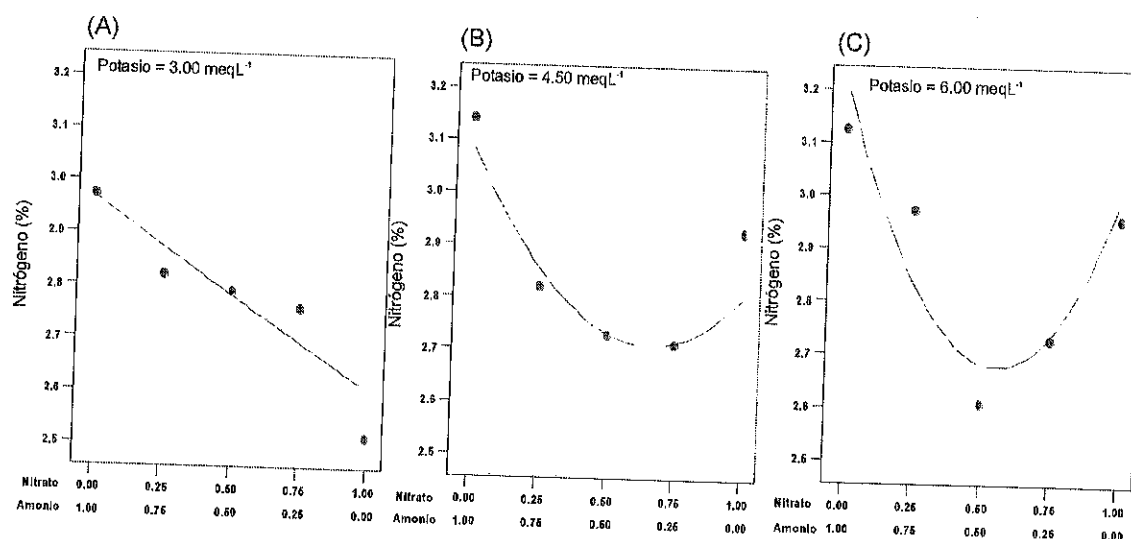


Figura 14. Curvas de regresión ajustadas para la concentración de N en hojas de gerbera cultivar Tambre, bajo diferentes proporciones $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y tres concentraciones de K^+ a) 3 meq L^{-1} , b) 4.5 meq L^{-1} y c) 6 meq L^{-1} , en cultivo hidropónico.

4.4.2. Potasio

La concentración de potasio (K) en hojas no fue significativamente diferente ($P > 0.05$) debido a las proporciones de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ o debido a la interacción proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+ \times$ concentración de K^+ . Se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) debidas a la concentración de K^+ aplicada, la diferencia se presentó al aplicar la mínima concentración en relación a la intermedia y la mayor que no difieren estadísticamente (Cuadro 6). La concentración mayor (2.10 %) se registró al aplicar 4.5 meq L^{-1} y la menor (1.82%) con 3 meq L^{-1} de K^+ (Anexo 4 y Figura 15 a, b y c). En este caso no se obtuvo un modelo de regresión significativo (Cuadro 7).

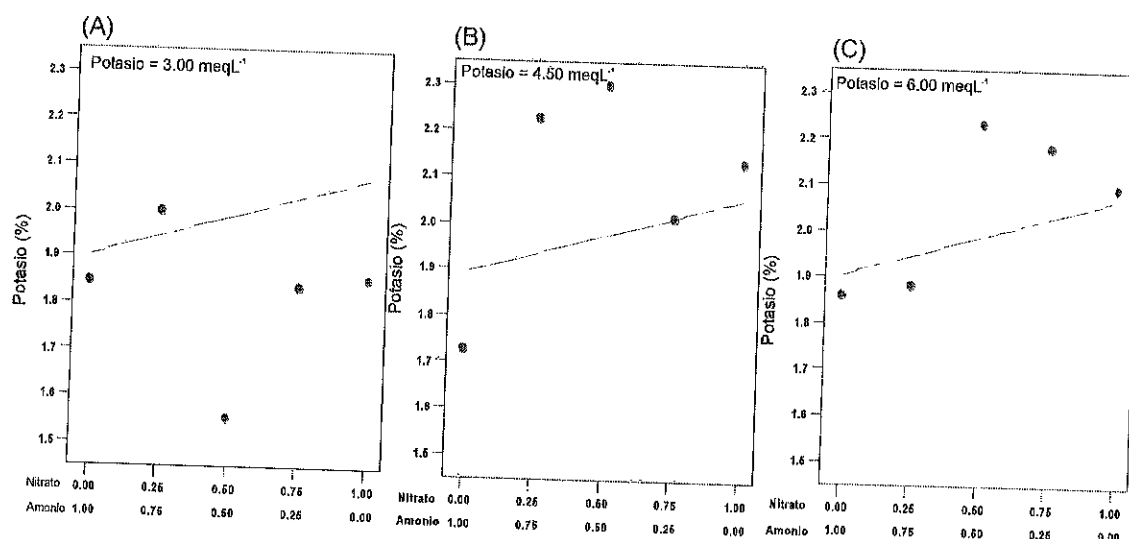


Figura 15. Curvas de regresión ajustadas para la concentración de K⁺ en hojas de gerbera cultivar Tambre, bajo diferentes proporciones NO₃⁻:NH₄⁺ y tres concentraciones de K⁺ a) 3 meq L⁻¹, b) 4.5 meq L⁻¹ y c) 6 meq L⁻¹, en cultivo hidropónico.

4.4.3. Calcio

La concentración de calcio (Ca) en hojas fue afectada significativamente ($p \leq 0.05$) por la forma de N suministrado (Cuadro 6). La concentración mayor (1.22%) se presentó cuando la proporción NO₃⁻:NH₄⁺ fue de 100:0 y la menor (0.77%) con una proporción 0:100 (Anexo 3). La concentración de Ca²⁺ al aplicar 75:25 y 50:50 de NO₃⁻:NH₄⁺, no difiere estadísticamente con la máxima concentración determinada (con 100% de NO₃⁻). La concentración de K⁺ así como la interacción proporción NO₃⁻:NH₄⁺ × concentración de K⁺ no influyó significativamente ($P > 0.05$) en la concentración de Ca²⁺ (Cuadro 6). Aunque el efecto de la concentración de K⁺ no fue significativo, se observó que al emplear 3.0 meq L⁻¹, el Ca²⁺ acumulado fue mayor (1.03%) (Anexo 4 y Figura 16 a, b c).

El modelo de regresión que explica la concentración de Ca^{2+} (Cuadro 7) fue altamente significativo ($P \leq 0.0001$), muestra que la máxima concentración (1.4%) se obtendrá cuando se aplique a las plantas una proporción 100:0 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y 3 meq L^{-1} de K^+ (Figura 16 a, b y c).

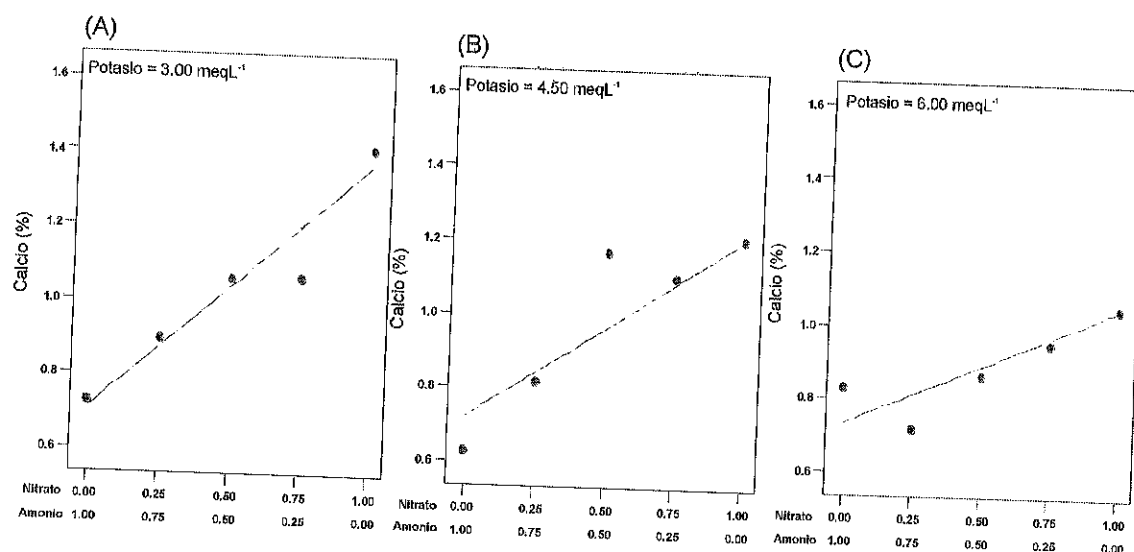


Figura 16. Curvas de regresión ajustadas para la concentración de Ca^{2+} en hojas de gerbera cultivar Tambre, bajo diferentes proporciones $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y tres concentraciones de K^+ a) 3 meq L^{-1} , b) 4.5 meq L^{-1} y c) 6 meq L^{-1} , en cultivo hidropónico.

4.4.4. Magnesio

La proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ afectó significativamente ($P \leq 0.05$) la concentración de magnesio (Mg) en las hojas (Cuadro 6); a diferencia de lo que ocurrió con los otros elementos, el Mg^{2+} se incrementó al aumentar la proporción de NH_4^+ . Las concentraciones mayores de Mg^{2+} fueron 0.99 y 0.98% y corresponden a hojas de plantas que recibieron 50:50 y 25:75 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$, en tanto que la concentración menor (0.57%) se determinó en plantas que recibieron 100:0 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ (Anexo 3). El efecto de la concentración de K^+ en la concentración de Mg^{2+} no fue

significativo ($P>0.05$), pero se observó que al aplicar 4.5 meq L^{-1} de éste, se registró la concentración mayor de Mg^{2+} (0.86%) (Anexo 4 y Figura 17 a, b y c). Asimismo, la interacción proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ $\times$ concentración de K^+ , no afectó de manera significativa la concentración de Mg^{2+} en hojas (Cuadro 6).

El modelo de regresión para esta variable fue altamente significativo (Cuadro 7), la ecuación indica que la máxima concentración de Mg^{2+} (1.0%) se obtendrá cuando las plantas se fertilicen con una proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ de 25:75 y 4.81 meq L^{-1} de K^+ (Figura 17 a, b y c).

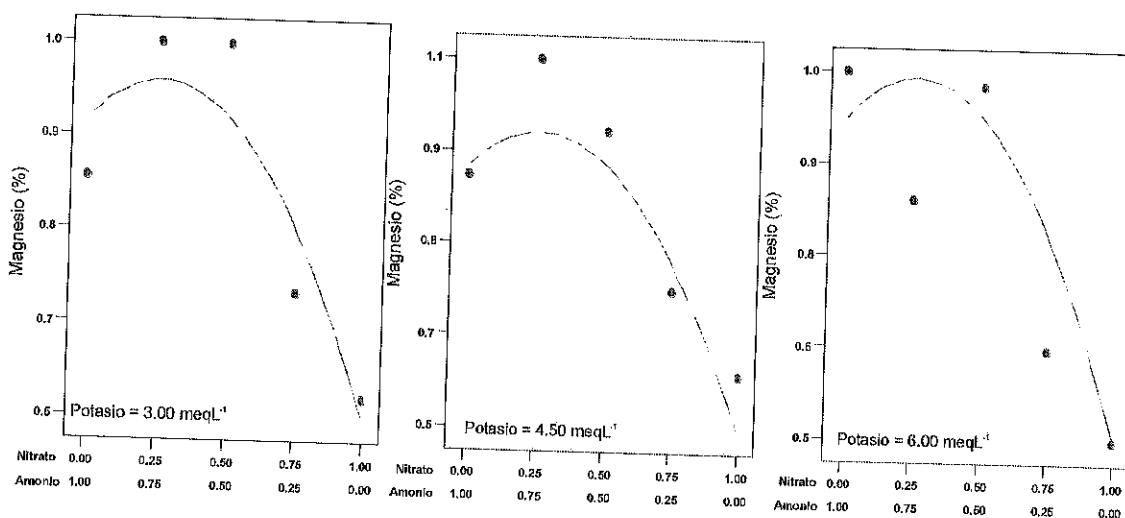


Figura 17. Curvas de regresión ajustadas para la concentración de Mg^{2+} en hojas de gerbera cultivar Tambre, bajo diferentes proporciones $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y tres concentraciones de K^+ a) 3 meq L^{-1} , b) 4.5 meq L^{-1} y c) 6 meq L^{-1} , en cultivo hidropónico.

4.4.5. Azufre

La concentración de azufre (S) en las hojas fue significativamente afectado ($P\leq 0.05$) por la proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ (Cuadro 6); presentó un comportamiento similar al Mg^{2+} ya que la concentración mayor (0.53%) se registró en las hojas de plantas que

recibieron una proporción 0:100 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y la menor (0.12%) en las que recibieron 100:0 (Anexo 3). Asimismo, la concentración de K^+ afectó significativamente ($P \leq 0.05$) la concentración de S, ésta fue mayor (0.33%) en hojas de plantas que recibieron 6.0 meq L^{-1} de K^+ y menor (0.23%) en las que recibieron 3.0 meq L^{-1} (Anexo 4 y Figura 18 a, b y c). De igual manera, la interacción proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+ \times$ concentración de K^+ (Figura 19) influyó significativamente en la concentración de S (Cuadro 6).

El modelo de regresión establecido para esta variable es significativo (Cuadro 7). Si se considera la ecuación definida, es posible predecir que la máxima concentración de S (0.7%) se obtendrá cuando se fertilice con una proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ de 0:100 y 6 meq L^{-1} de K^+ (Figura 18 a, b y c).

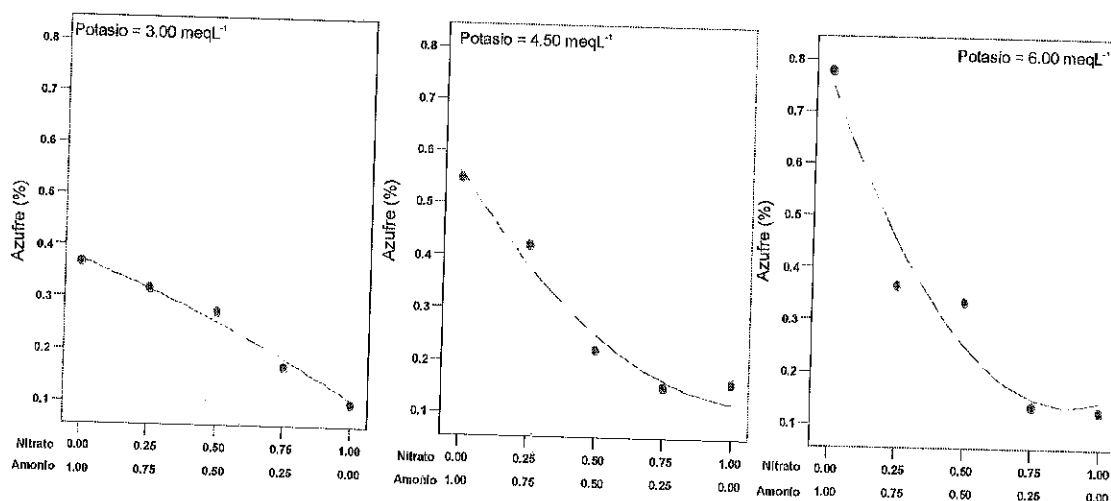


Figura 18. Curvas de regresión ajustadas para la concentración de S en hojas de gerbera cultivar Tambre, bajo diferentes proporciones $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y tres concentraciones de K^+ a) 3 meq L^{-1} , b) 4.5 meq L^{-1} y c) 6 meq L^{-1} , en cultivo hidropónico.

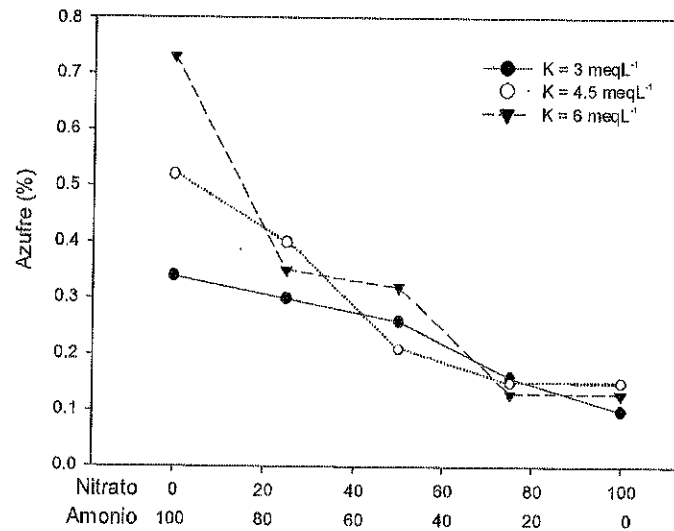


Figura 19. Efecto de la interacción proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ $\times$ concentración de K^+ sobre la concentración de azufre en hojas de gerbera cultivar Tambre, en cultivo hidropónico.

V. DISCUSIÓN

La respuesta de crecimiento y desarrollo de las plantas de ornato a la forma en que se suministra el N (NO_3^- o NH_4^+) depende de la especie y tiene efectos diversos. Clark *et al.* (2003) encontraron que con NO_3^- como forma predominante de N, dos cultivares de azalea exhibieron menor crecimiento vegetativo. En contraste Roude *et al.* (1991), obtuvieron en crisantemo, cultivar Iridon [*Dendranthema x grandiflorum* (Ramat.) Kitamura], que las plantas fertilizadas con 100:0 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ fueron más altas que las fertilizadas con 0:100 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$.

Los datos obtenidos en el presente estudio con gerbera cultivar Tambre muestran que los mejores resultados en diámetro de flor, longitud de escapo, diámetro superior e inferior del escapo, tasa de crecimiento del escapo y color se obtuvieron al nutrir las plantas sólo con NO_3^- o una mayor proporción de éste.

De acuerdo con Marschner (1995), en algunas especies la fertilización sólo con NH_4^+ genera un crecimiento pobre, debido en parte al consumo que hace la planta de fotosintatos y agua para mantener un pH óptimo en las células. Asimismo, Urrestarazu (2004) señala que al nutrir con NH_4^+ , el crecimiento se inhibe y es pobre por la presencia de NH_3 libre. En este sentido también Dole y Wilkins (2005) señalan que generalmente para mejorar el desarrollo y poscosecha de las flores, el NH_4^+ es reducido o eliminado al final del ciclo de cultivo.

La fertilización sólo con NO_3^- o con una mayor proporción de éste (75%), permitió que la concentración de Ca^{2+} fuera mayor y de acuerdo con Albino-Garduño *et al* (2008) esto influye en la producción de flores de mayor tamaño, como fue el caso de gerbera, sólo que al alcanzar un tamaño más grande se favoreció la frecuencia de doblamiento del escapo.

La interacción proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ x concentración de K^+ afectó significativamente el diámetro de la flor, esto significó que al aplicar una misma concentración de K^+ e ir modificando la proporción de NO_3^- de cero a 100% el diámetro obtenido varió, con tendencia a incrementarse. Este comportamiento pudiera relacionarse con el efecto sinérgico del K^+ con el NO_3^- , dado que se involucra en su incorporación al realizar un cotransporte con NO_3^- en el xilema; por otro lado, debido a que el NO_3^- es incorporado a través de un proceso activo, el K^+ se ve involucrado en la asignación de fotosintatos para que este proceso se realice (Fageria, 2001). Asimismo, el K^+ se considera esencial para el uso eficiente del N, elemento que es necesario para la formación de muchos compuestos esenciales (Salisbury y Ross, 2000). Los compuestos formados de alguna manera integran estructuras vivas que permiten incrementar la biomasa, la que en este caso, pudo destinarse para incrementar el tamaño de flor.

Otra característica de calidad de las flores de gerbera es la presencia de escapos largos, por lo menos de 45 cm de longitud, para flores de primera clase (Oszkinis y Lisiecka, 1990). En este experimento, las longitudes que rebasaron este estándar para los escapos florales se obtuvieron en plantas fertilizadas sólo con NO_3^- . De igual manera, los de plantas que se fertilizaron con 75 y 50 % de NO_3^- también rebasaron este estándar, lo que da la posibilidad de considerar fertilizar con un porcentaje de

NH_4^+ que no rebase el 50%, ya que al incrementar su concentración se observó una menor tendencia al doblamiento, pero no favoreció el tamaño de la flor. En relación a esto Dole y Wilkins (2005) señalan que si se considera nutrir a gerbera con NH_4^+ , este no debe rebasar el 50% del total de N suministrado, y que en todo caso, es recomendable una proporción 70:30 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$.

Los escapos florales de mayor longitud obtenidos en plantas que recibieron sólo NO_3^- o una mayor proporción de éste (75 y 50 %), presentaron también el mayor diámetro en la parte superior e inferior, por el contrario, los escapos de menor longitud en plantas fertilizadas sólo con NH_4^+ desarrollaron diámetros menores. No se observó una reducción del diámetro en la porción cercana a la cabeza de la flor por lo que la apariencia fue armónica entre grosor del escapo y tamaño de la flor. Un grosor del escapo acorde al tamaño de la flor da la apariencia de escapos fuertes, requisito importante en la definición de calidad en gerbera (Vernett *et al.*, 1996 a).

De igual manera Oszkinis y Lisiecka (1990) indican que dentro de las características de primera calidad, se considera que esta porción cercana a la cabeza de la flor debe ser proporcional al resto del escapo, por lo que no se acepta una marcada reducción en el diámetro por debajo de los capítulos. Los tallos florales deben armonizar con las inflorescencias, evitando que flores grandes estén colocadas sobre tallos demasiado delgados y flores pequeñas sobre tallos demasiado gruesos.

En relación al color, la mayor proporción de NO_3^- produjo flores con tono anaranjado más oscuro, lo cual incrementa su calidad ya que resultan visualmente más atractivas. El incremento en la frecuencia del tono anaranjado más oscuro registrado

al momento de la senescencia pudo ser producto de las reacciones de oxidación de los pigmentos (Dey and Hardborne, 1997). La concentración de K^+ no tuvo efectos significativos en el color al corte y en senescencia. Al momento del corte se observó una frecuencia mayor de tono anaranjado claro similar en las tres concentraciones; esto pareciera indicar que el K^+ favorece la presencia de esta tonalidad. La tendencia de la frecuencia anterior se invierte en senescencia, con un ligero incremento de tono anaranjado oscuro al aplicar 6 meq L^{-1} ; como se indicó este cambio pudo ser causado por la oxidación de pigmentos.

Las diferencias observadas en las tasas relativas de crecimiento del escapo floral, expresadas en la cuarta y quinta semanas, produjeron una reducción en la longitud de los escapos de flores de plantas que recibieron sólo NH_4^+ , dando como resultado flores con escapos cortos. Este comportamiento es similar al observado por Osorio *et al.* (2003), en plantas de *Colocasia esculenta*, que disminuyeron su crecimiento al aplicar sólo NH_4^+ . En ninguno de los tiempos registrados se observó alguna tendencia de crecimiento determinada por efecto del K^+ , lo que pudiera sugerir explorar concentraciones de K^+ abajo y arriba de las consideradas, dado que se registran efectos cuando es deficiente o se encuentra en exceso y ninguno de éstos es el caso de este experimento. Por ejemplo Taiz y Zeiger (2002) indican que los tallos deficientes de K^+ pueden ser delgados y débiles con entrenudos anormalmente cortos; asimismo Barker y Pilbeam (2005) señalan que una deficiencia de K^+ en plantas retarda su crecimiento, en dicotiledóneas la tasa de crecimiento de los entrenudos se afecta provocando plantas arrosetadas. En el caso de gerbera hay una reducción en la

tasa de crecimiento del escapo por efecto de la proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$, sólo que al final esto se refleja en escapos cortos, acorde con su diámetro y el de la flor.

En todos los tratamientos la tasa neta de asimilación de CO_2 fue similar, sin efectos significativos debidos a la proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ o a la concentración de K^+ , no obstante difieren en su patrón de asignación de recursos, ya que las plantas fertilizadas con más NO_3^- los destinaron a la producción de flores de mayor tamaño, en tanto que las fertilizadas sólo con NH_4^+ , emplearon parte de los recursos al gasto energético para regular el pH de las células (Marschner, 1995), lo que podría explicar la producción de flores de menor tamaño.

El porcentaje mayor de doblamiento de escapos florales, registrado en plantas fertilizadas con 100 y 75% de NO_3^- , podría estar relacionado con el tamaño que alcanzaron tanto las flores como los escapos. Oszkinis y Lisiecka (1990) indican que a causa de un excesivo crecimiento, los peciolos y los tallos suelen ser poco leñosos, suaves y débiles, lo que hace que las flores, después de ser cortadas sean susceptibles al doblamiento y por lo tanto de poca duración. En este caso es importante considerar también que el Ca^{2+} se determinó en hojas, más no en escapos florales, donde pudo encontrarse en menor concentración al no ser asignado en la misma proporción que en hojas; por lo tanto, los escapos florales resultaron ser débiles.

Es importante también resaltar que en gerbera se reporta carencia de lignina debajo de la cabeza de la flor (Mencarelli *et al.*, 1995; Gerasopoulos y Chebli, 1998), lo que explica el doblamiento, cuando el tamaño y consecuentemente el peso es mayor.

El tiempo de vida en florero fue mayor (aunque no diferente estadísticamente) en los tratamientos donde se fertilizó con una mayor proporción de NH_4^+ (75 y 100%), y en los que se obtuvieron escapos menos largos. No obstante, en estas plantas se registró una menor concentración de Ca^{2+} , elemento importante para el vigor de las estructuras de las plantas (Castellanos *et al.*, 2000). Por consiguiente, en estas plantas al encontrarse el Ca^{2+} en menor concentración, se hubiera esperado menor tiempo de vida en florero, no fue así, por consiguiente el mayor tiempo de vida que se registró en estas flores, pudiera deberse al menor tamaño que alcanzaron. Un tamaño menor evitó que el escapo soportara mayor peso, disminuyendo así la frecuencia de doblamiento y por consiguiente la senescencia prematura.

La senescencia prematura, que en el caso de gerbera se relaciona con el doblamiento del escapo floral (Gerasopoulos y Chebli, 1998) se registró con mayor frecuencia precisamente en flores cosechadas de plantas que recibieron una mayor proporción de NO_3^- , debido probablemente, como se indicó, al mayor tamaño de las flores y longitud del escapo, lo que afectó sin duda la vida poscosecha.

Por otro lado, las flores se cosecharon en diferentes tiempos y por consiguiente bajo diferentes condiciones ambientales (parte del invierno y primavera), lo que pudo influir negativamente en esta variable. Gerasopoulos y Chebli (1998) consideran que la senescencia prematura de gerbera está relacionada no sólo con las diferencias genéticas, sino también con las condiciones de crecimiento como fertilización, luminosidad y riego.

Las concentraciones de K^+ no influyeron significativamente en las variables de calidad; sin embargo, es importante considerar una adecuada aplicación de este elemento, ya que se ha determinado que en altas concentraciones tiene efectos negativos en la asimilación de otros nutrimentos reflejándose en términos de producción, por ejemplo al aplicarlo en altas concentraciones en tomate y pepino aumenta la severidad de deficiencia de Mg^{2+} causando reducciones considerables en rendimiento (Urrestarazu, 2004). Por el contrario, Salisbury y Ross (1992) señalan que una deficiencia de K^+ en el maíz y otros cereales produce tallos débiles. Asimismo Taiz y Zeiger (2002) indican que en general una deficiencia de K^+ en las plantas provoca que los tallos sean delgados y débiles.

En todos los tratamientos las plantas acumularon N en el nivel de suficiencia para gerbera (1.50 a 3.5%) (Jones *et al.*, 1991). No obstante, el N se acumuló en una mayor cantidad cuando se suministró como NH_4^+ . Sin embargo esto no se reflejó en una mayor cantidad de biomasa y en flores de mejor calidad. El crecimiento pobre de las plantas y flores que recibieron 100% de NH_4^+ concuerda con lo encontrado por Roude *et al.*, (1991) en crisantemo (*Dendranthema x grandiflorum* (Ramat.) Kitamura).

De acuerdo con Fageria (2001) el N juega un rol fundamental en el metabolismo de las plantas, y es decisivo para su crecimiento, ya que al aumentar el suministro de N se incrementa la demanda de otros nutrimentos, lo que se refleja en un mejor desarrollo. Epstein y Bloom (2005) señalan que el no aprovechar el N absorbido como NH_4^+ pudiera estar relacionado con la estrategia de las plantas de acumularlo dentro de las vacuolas para evitar efectos dañinos. El NO_3^- si puede ser acumulado por las plantas en altos niveles y ser trasladado de tejido a tejido sin que cause

efectos negativos. En el cultivar Tambre, como en otras especies, la nutrición de N solo con NH_4^+ , causó efectos negativos en la calidad de las flores.

El K^+ es un elemento que se requiere en concentraciones tan o más altas que las de N (Castellanos *et al.*, 2000). Gerbera requiere del 1.5 al 3.5% de N y de K de 2.5 a 4.5% en el nivel de suficiencia (Jones *et al.*, 1991). El contenido foliar de K^+ fue bajo (1.6-2.3%) en todos los tratamientos, no obstante la mayor concentración se obtuvo cuando se suministró el N sólo como NO_3^- o en mayor proporción. Lo anterior es importante ya que un adecuado nivel de K^+ es esencial para el uso eficiente de N en plantas cultivadas (Fageria, 2001); favorece también el metabolismo de N amoniacal debido a que reduce el efecto tóxico de este, como resultado de su efecto sobre el metabolismo del N, no porque exista un sinergismo entre NH_4^+ y K^+ , puesto que se registra entre ambos iones una competencia (catión-catión) por los sitios de absorción (Castellanos *et al.*, 2000); esto es, el NH_4^+ compite directamente con el K^+ en el momento de la absorción radical (Epstein y Bloom, 2005). El K^+ favorece el metabolismo del N, al parecer no solamente porque activa la nitrato reductasa, sino que también es requerido para su síntesis (Marschner, 1995).

La menor concentración de K^+ al incrementar el NH_4^+ podría explicarse por el efecto antagónico de estos dos iones (Cadahía, 2005; Castellanos *et al.*, 2000), lo cual coincide con lo consignado por Clark *et al.* (2003) quienes registraron un bajo contenido foliar de K^+ en dos cultivares de azalea cuando se suministró el N como NH_4^+ . Por otro lado, al suministrar el 100% de N como NH_4^+ las fuentes utilizadas fueron sulfatos y de acuerdo a Marschner (1995), cuando un ión se encuentra en altas

concentraciones (en este caso anión SO_4^{2-}) y se incorpora relativamente lento puede deprimir la incorporación de otro de carga opuesta que es más móvil (en este caso K^+).

En el caso del Ca^{2+} , la máxima concentración fue de 1.22%, se obtuvo al aplicar sólo NO_3^- como forma de N. Dicho valor se encontró dentro del intervalo de suficiencia nutrimental para gerbera, 1.0-3.5% (Jones *et al.*, 1991). Se registró una cantidad en el mismo intervalo al aplicar 75 y 50% de NO_3^- , al rebasar el 50% de N suministrado como NH_4^+ , el Ca^{2+} acumulado llegó a un nivel nutrimental bajo. La reducción en la concentración de Ca^{2+} al incrementar la cantidad de NH_4^+ puede ser producto de la competencia entre estos dos cationes (Castellanos *et al.*, 2000), ya que generalmente, el exceso de un catión en el medio nutritivo, reduce la incorporación de otros cationes (Fageria, 2001).

Resultados similares a estos se encontraron en dos cultivares de azalea (Clark *et al.*, 2003), en crisantemo (Bugarin *et al.*, 1998) y en geranio y petunia (Tew y Goldsberry, 1982). La cantidad de Ca^{2+} asimilado en gerbera es fundamental para la calidad de las flores ya que es un elemento determinante para dar firmeza a los tejidos (Castellanos *et al.*, 2000) y fortalecer en este caso al escapo floral, lo que ayuda a incrementar la vida en florero (Gerasopoulos y Chebli, 1998). Por lo tanto, si se aplica NH_4^+ éste no debe rebasar el 50% del total de N suministrado. De no ser así se reduciría la asimilación de Ca^{2+} y se afectaría la calidad de las flores cosechadas.

Los resultados obtenidos en gerbera, mostraron que a pesar de que el contenido foliar de Ca^{2+} fue mayor en plantas que recibieron 100% de NO_3^- , los tallos florales de éstas presentaron mayor frecuencia de doblamiento. Esta característica que se observó

pudiera relacionarse con una diferencia en la asignación de Ca^{2+} en los escapos florales y hojas; en relación a esto, Urrestarazu (2004) señala que en las plantas no hay una distribución uniforme de nutrientes. Es posible añadir también que hay un efecto de dilución del elemento debido al tamaño mayor que alcanzaron los escapos.

El Mg^{2+} se acumuló en el nivel de suficiencia, 0.20-0.7% (Jones *et al.*, 1991), cuando se fertilizó con 100 y 75% de NO_3^- (0.57 y 0.69%, respectivamente). Al incrementar la proporción de NH_4^+ (50, 75 y 100%; se registró 0.99, 0.98 y 0.91%, respectivamente), la concentración de Mg^{2+} fue mayor y alcanzó el nivel nutrimental alto ($>0.7\%$); este comportamiento del Mg^{2+} fue contrario a la relación antagónica que se reporta en la absorción de los cationes Mg^{2+} y NH_4^+ (Castellanos *et al.*, 2000). El efecto antagónico entre Mg^{2+} y NH_4^+ también se ha registrado en especies como petunia y geranio (Tew y Goldsberry, 1982) y en crisantemo (Bugarin *et al.*, 1998), ya que al incrementar la concentración de NH_4^+ , los análisis de tejidos mostraron un decremento en la concentración de Mg^{2+} .

Considerando lo anterior, en el caso de gerbera el Mg^{2+} debió asimilarse en mayor cantidad cuando se tenía una menor proporción de NH_4^+ y mayor de NO_3^- , pero los resultados mostraron lo contrario. Este comportamiento del Mg^{2+} podría relacionarse con que el NO_3^- favorece la absorción tanto de Ca^{2+} como de Mg^{2+} , sólo que en este caso, se favoreció únicamente la asimilación Ca^{2+} . En relación a esto se documenta que el Ca^{2+} inhibe la absorción de Mg^{2+} , como resultado de una competencia catión-catión. En este sentido Marschner (1995) señala que el catión Ca^{2+} compite efectivamente con Mg^{2+} e inhibe fuertemente su tasa de asimilación.

El S determinado en plantas fertilizadas con una mayor proporción de NO_3^- (100 y 75%, 0.12 y 0.15% respectivamente) se encontró en un nivel nutrimental bajo para gerbera 0.16-0.24%. Se alcanzó el nivel de suficiencia 0.25-0.7% (Jones *et al.*, 1991) al incrementar la proporción de NH_4^+ (de 50 a 100%, 0.26 a 0.53%). Esta respuesta se relaciona con el sinergismo entre el ión NH_4^+ y el SO_4^{2-} (Castellanos *et al.*, 2000), además de que la nutrición con nitrógeno tiene una fuerte influencia de regulación en la asimilación de S y viceversa (Fageria, 2001; Epstein y Bloom, 2005). Cabe señalar que en este experimento, al incrementar la proporción de NH_4^+ las fuentes de Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} y el mismo NH_4^+ , se suministraron en forma de sulfatos (CaSO_4 , K_2SO_4 , MgSO_4 y $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), lo que incrementó la cantidad de S disponible.

El efecto positivo de las concentraciones de K^+ en la incorporación de S, indica que hay un sinergismo entre el K^+ y S tal como lo señala Castellanos *et al* (2000).

La interacción significativa proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+ \times$ concentración de K^+ sobre la asimilación de S, indica que al utilizar una misma concentración de K^+ la cantidad de S asimilado fue diferente al variar la proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Se favoreció la concentración de S al incrementarse la proporción de NH_4^+ y disminuir la de NO_3^- en las tres concentraciones de K^+ , que de igual manera a cada incremento en su concentración, se favoreció la concentración de S. Como se indicó, tanto el NH_4^+ como el K^+ favorecen la asimilación de S.

VI. CONCLUSIONES

La forma de nitrógeno utilizado en la nutrición de gerbera cultivar Tambre no afectó significativamente la producción de flores, el efecto fue significativo en su calidad, de tal manera que al fertilizar con 100 y 75 % de NO_3^- se produjeron flores de mayor diámetro, mayor longitud y diámetro superior e inferior del escapo, características que cubren las exigencias del mercado como flores de primera calidad. La fertilización con más NO_3^- (100 y 75%) permitió un incremento en las concentraciones de Ca^{2+} y K^+ ; en contraste, las concentraciones de Mg^{2+} , S y N se incrementaron al incrementar la proporción de NH_4^+ . Las concentraciones de K^+ empleadas no generaron diferencias estadísticas en la mayoría de las variables evaluadas, excepto en el contenido foliar de K^+ y S. Es conveniente explorar un intervalo de concentraciones de K^+ mayor que las consideradas en este experimento.

VII. LITERATURA CITADA

- Abdel-Kader, H. and M. N. Rogers. (1986). **Postharvest treatment of *Gerbera jamesonii***. Acta Hort. 181:169-176.
- Accati, E. G. (1989). **Parameters influencing gerbera cut flower longevity**. Acta Hort. 261:63-68.
- Amariutei, A., I. Burzo and C. Alexe. (1986). **Researches concerning some metabolism aspects of cut gerbera flowers**. Acta Hort. 181:331-337.
- Albino-Garduño, R., H. A. Zavaleta-Mancera, L. M. Ruiz-Posadas, M. Sandoval-Villa and A. Castillo-Morales. (2008). **Response of gerbera to calcium in hydroponics**. Journal of Plant Nutrition 31:91-101.
- Alcántar G., G. y V. Sandoval. (1999). **Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal**. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. México. 156 p.
- Barker, A. V. and D. J. Pilbeam. (2005). **Handbook of plant nutrition**. Taylor & Francis. New York. 613p.
- Bar-Tal, A., B. Aloni, L. Karni, J. Oserovitz, A. Hazan, M. Itach, S. Gantz, A. Avidan, I. Posalki, N. Tratkovski and R. Rosenberg. (2001 a). **Nitrogen nutrition of greenhouse pepper. I. Effects of nitrogen concentration and $\text{NO}_3:\text{NH}_4$ ratio on yield, fruit shape, and the incidence of blossom-end rot in relation to plant mineral composition**. HortScience 36(7): 1244-1251.
- Bar-Tal, A., B. Aloni, L. Karni and R. Rosenberg. (2001 b). **Nitrogen nutrition of greenhouse pepper. II. Effects of nitrogen concentration and $\text{NO}_3:\text{NH}_4$ ratio on growth, transpiration, and nutrient uptake**. HortScience 36(7): 1252-1259.
- Bugarin 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.
- Buys, C. (1978). **Quality problems in gerbera**, p. 255-262. In: L. Guagliotti and A. Baldi (eds.). **Genetics and breeding of carnation and Gerbera**. Proc. Eucarpia Mtg., 24-28 Apr. Alassio, Italy.
- Cadahía, C. (2005). **Fertirrigación, Cultivos Hortícolas, Frutales y Ornamentales**. 3ª edición. Ediciones Mundi-Prensa. México. 681p.

- Castellanos, J. Z., J. X. Uvalle-Bueno y A. Aguilar-Santelises. (2000). **Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas**. 2^{da} edición. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola. México. 226p.
- Clark, M. B., H. A. Mills, C. D. Robacker and J. G. Latimer. (2003). **Influence of nitrate: ammonium ratios on growth and elemental concentration in two azalea cultivars**. Journal of Plant Nutrition 26(12):2503-2520.
- Chapman, H. D., y P. E. Pratt. (1973). **Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas**. Trad. del Inglés por A. Contin. Editorial Trillas. México, D. F. 195 pp.
- De Jong, J. (1978). **Dry storage and subsequent recovery of cut gerbera flowers as an aid in selection for longevity**. Scientia Hort. 9:389-397.
- Dey, P. M. and J. B. Harborne. (1997). **Plant Biochemistry**. Academic Press, Inc. San Diego, California, USA. 554p.
- Dole J. M. and H. F Wilkins. (2005). **Floricultura, Principles and Species**. Second edition. Pearson Prentice Hall. New Jersey. 1023p.
- Epstein, E., and A. J. Bloom. (2005). **Mineral nutrition of plants: Principles and perspective**. Second edition. Sinauer Associates, Inc. Publishers. U.S.A. 400 p.
- Fageria, V. D. (2001). **Nutrient interactions in crop plants**. Journal of Plant Nutrition 24(8), 1269-1290.
- García, E. (1988). **Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen**. 4^{ta} edición. UNAM. México, D. F. 246p.
- Gerasopoulos, D. and D. Chebli. (1998). **Effects of scape-injected 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) on the vase life of "Testarossa" cut gerberas**. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123(5): 921-924.
- Hansen, H. V. (1985). **A taxonomic revision of the genus *Gerbera* (Compositae, Mutisieae) sections *Gerbera*, *Parva*, *Piloselloides* (in África), and *Lasiopus***. Opera Bot. 78.
- Hothem, S. D., K. A. Marley and R. A. Larson. (2003). **Photochemistry in Hoagland's nutrient solution**. Journal of Plant Nutrition. 26(4): 845-854.
- Huterwal, G. O. (1998). **Hidroponia**. Ed. Albatros. Buenos Aires, Argentina. 251p.
- Jiménez, S. and M. T. Lao (2005). **Influence of nitrogen form on the quality of *Diattebachia amoena* "Tropic snow"**. HortScience" 40(2).

- Jones, J. B., Jr B. Wolf and H. A. Mills. (1991). **Plant analysis Handbook a Practical Sampling, preparation, analysis, and interpretation guide**. Micro-Macro Publishing, Inc. 203p.
- Larson R., A. (1998). **Introducción a la floricultura**. AGT EDITOR, S.A. Carolina del Norte. 551p.
- Marousky, F. J. and S. S. Woltz. (1975) **Relationship of floral preservatives to water movement, fluoride distribution, and injury in gladiolus and other cut flowers**. Acta Hort. 41:171-182.
- Marschner, H. (1995). **Mineral nutrition of higher plants**. Second edition. Academic Press Inc. San Diego, CA. 889 p.
- Mencarelli, F., R. Agostini, R. Botondi and R. Massantini. (1995). **Ethylene production, ACC content, PAL and POD activity in excised portions of straight and bent gerbera scapes**. J. Hort. Sci. 70:409-416.
- Morgan, L. (2000). **El gran debate: amonio vs nitrato ¿Cómo quieren las plantas que le sirvan el nitrógeno?**. Practical Hydroponics & Greenhouses No. 50.
- Osorio, N. W., X. Shuai, S. Miyasaka, B. Wang, R. L. Shirey and W. J. Wigmore. (2003). **Nitrogen level and form affect taro growth an nutrition**. HortScience 38(1): 36-40.
- Oszkinis, K. y A. Lisiecka. (1990). **Gerbera**. EDAMEX. Estado de México. México. 260p.
- Paparozzi, E. T. (2003). **Nutrition of Floricultural Crops: How Far Have We Come?**. HortScience 38(5): 1031-1035.
- Roude, N. A., T. Nell and J. E. Barrett. (1991). **Longevity of Potted Chrysanthemums at Various Nitrogen and Potassium Concentrations and $\text{NH}_4\text{:NO}_3$ Ratios**. HortScience 26(2): 163-165.
- Salisbury, F.B. y C. W. Ross, (1992). **Fisiología de las plantas**. Paraninfo. México. 988 p.
- Sánchez del Castillo, F. y E. R. Escalante-Rebolledo. (1988). **Hidroponía**. Tercera edición. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México. México. 194p.
- Scoggins, H. and H. Mills. (1998). **Poinsettia growth, tissue nutrient concentration, and nutrient uptake as influenced by nitrogen form and stage of growth**. Journal of Plant Nutrition 21:191-198.

- Taiz, L. and E. Zeiger. (2002). **Plant physiology**. Third edition. Sinauer Associates, Inc., Publishers. Massachusetts. 690p.
- Ter Hell, B. and L. Hendriks. (1995). **The influence of nitrogen nutrition on keeping quality of pot plants**. Acta Horticulturae 405.
- Tew S., P. A. and K. L. Goldsberry. (1982). **Growth responses of seed geranium and petunia to N source and growing media**. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107(2):348-352.
- Tourjee, K. R., J. Harding and T. G. Byrne. (1994). **Early development of gerbera as a floricultural crop**. HortTechnology 4(1): 34-40.
- Urrestarazu G., M. (2004). **Tratado de cultivo sin suelo**. Ediciones Mundi-Prensa. 3ª edición. México. pp:81-95.
- van Meeteren, U. (1978). **Water relations and keeping quality of cut gerbera flowers. I. The cause of stem break**. Scientia Hort. 8:65-74.
- Vázquez G., L. M. y T. H. Norman M. (1996). **Crónicas de la Evolución de la Floricultura en México**. Universidad Autónoma del Estado de México. 89 p.
- Wernett, H. C., T. J. Sheehan, G. J. Wilfred, F. J. Marousky, P. M. Lyrene and D. A. Knauft. (1996 a). **Postharvest longevity of cut-flower gerbera. I. Response to selection for vase life components**. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121 (2):216-221.
- Wernett, H. C., G. J. Wilfred, T. J. Sheehan, P. M. Lyrene, F. G. Martin, T. L. White, G. L. Powell, Ch. J. Wilcox. (1996 b). **Postharvest longevity of cut-flower gerbera. II. Heritability of vase life**. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121 (2):216-221.
- Wilberg, B. (1973). **Physiologische untersuchungen zum knicker-problem als voraussetzung fur die slektion haltbar gerbera-schnittblumen**. Z. Pflanzenzucht. 69:107-114.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Efecto de la proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ en variables morfológicas y vida de florero de gerbera cultivar Tambre, en cultivo hidropónico.

Variable	Proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$				
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
Diámetro de flor (cm)	9.54 a	9.53 a	9.29 ab	8.91 bc	8.92 bc
Longitud del escapo floral (cm)	52.30 a	49.92 a	49.84 a	42.70 b	41.02 b
Diámetro superior del escapo floral (cm)	0.51 a	0.51 a	0.50 ab	0.48 ab	0.47 b
Diámetro inferior del escapo floral (cm)	0.77 a	0.76 a	0.76 a	0.73 ab	0.72 ab
Vida de florero (días)	11.52 a	11.39 a	11.76 a	11.90 a	13.0 a

En las filas, medias seguidas por la misma letra indican que las diferencias no son significativas (Tukey, $P>0.05$).

Anexo 2. Efecto de la concentración de K^+ en la concentración de nutrimentos en variables morfológicas y vida de florero de gerbera cultivar Tambre, en cultivo hidropónico.

Variable	Concentración de K^+ (meq L^{-1})		
	3.0	4.5	6.0
Diámetro de flor (cm)	9.40 a	9.12 a	9.20 a
Longitud del escapo floral (cm)	48.40 a	46.30 a	47.30 a
Diámetro superior del escapo floral (cm)	0.50 a	0.50 a	0.49 a
Diámetro inferior del escapo floral (cm)	0.75 a	0.74 a	0.76 a
Vida de florero (días)	11.90 a	12.50 a	11.30 a

En las filas, medias seguidas por la misma letra indican que las diferencias no son significativas (Tukey, $P>0.05$).

Anexo 3. Efecto de la proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ en la concentración (%) de nutrimentos en hojas de gerbera cultivar Tambre, en cultivo hidropónico.

Nutrimento	Proporción $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$				
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
Nitrógeno	2.79 b	2.72 b	2.70 b	2.86 ab	3.06 a
Potasio	2.04 a	2.04 a	2.03 a	2.01 a	1.81 a
Calcio	1.22 a	1.04 ab	1.03ab	0.81 bc	0.77 c
Magnesio	0.57 c	0.70 bc	0.99 a	0.98 a	0.91 ab
Azufre	0.12 c	0.15 c	0.26 b	0.35 b	0.53 a

En las filas, medias seguidas por la misma letra indican que las diferencias no son significativas (Tukey, $P>0.05$).

Anexo 4. Efecto de la concentración de K^+ en la concentración (%) de nutrimentos en hojas de gerbera cultivar Tambre, en cultivo hidropónico.

Nutrimento	Concentración de K^+ (meq L^{-1})		
	3.0	4.5	6.0
Nitrógeno	2.80 a	2.90a	2.90a
Potasio	1.82 b	2.10 a	2.05 ab
Calcio	1.03 a	0.98 a	0.88 a
Magnesio	0.83 a	0.86 a	0.79 a
Azufre	0.23 b	0.29 ab	0.33 a

En las filas, medias seguidas por la misma letra indican que las diferencias no son significativas (Tukey, $P>0.05$).