

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Respuesta de *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue a la Relación  $\text{NO}_3^- / \text{K}^+$  en Diferentes Concentraciones

Por:

**CARLA IRENE CAMPOS BALON**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Respuesta de Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue a la Relación  $\text{NO}_3^- / \text{K}^+$  en Diferentes Concentraciones

Por:

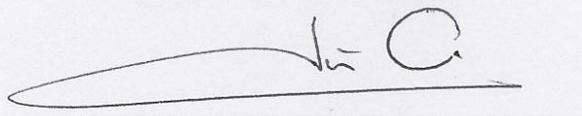
**CARLA IRENE CAMPOS BALON**

TESIS

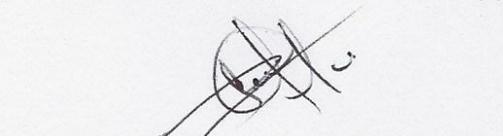
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

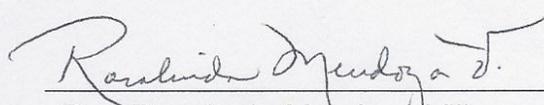
Aprobada por el Comité de Asesoría



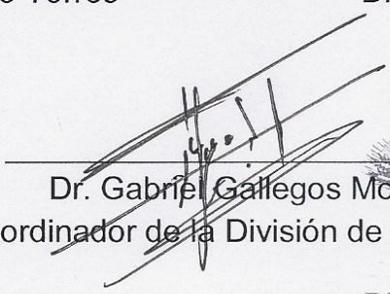
Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar  
Asesor Principal



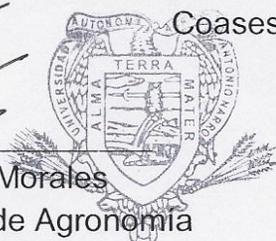
Dr. Valentín Robledo Torres  
Coasesor



Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal  
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2015

## **AGRADECIMIENTOS**

*Por la vida y por permitirme vivir este momento, y por estar siempre conmigo, te doy gracias Dios.*

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por haberme aceptado para continuar mis estudios, en especial al Departamento de Horticultura.

Al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar y Dra. Ana María Castillo González por haberme dado la oportunidad de realizar este trabajo, por la asesoría brindada, por sus conocimientos compartidos y por todo el apoyo en esta investigación.

Al Dr. Valentín Robledo Torres por el apoyo brindado, por compartir su tiempo y experiencia y por su colaboración para la revisión de este trabajo.

A la Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal por su apoyo brindado, por compartir su tiempo y experiencia y por su colaboración para la revisión de este trabajo.

Al Dr. Armando Hernández Pérez por su apoyo y colaboración brindados en este trabajo.

A la Universidad Autónoma Chapingo y Departamento de Fitotecnia por el apoyo y facilidades brindados para el establecimiento de este trabajo.

A mis padres por darme la oportunidad de estudiar una carrera, por todo su apoyo, esfuerzo y confianza.

A mi esposo Jorge, que de una u otra manera me estuvo apoyando durante el experimento, es una bendición compartir este trabajo contigo.

Y a todas aquellas personas que de alguna forma me dieron su apoyo para la realización de este trabajo.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de tesis a mi familia, a mis padres el Sr. Hector Jaime Campos Guadarrama y la Sra. Baleria Balon Romero, a mis hermanos Diana, Laura y Omar, que son las personas a las que más quiero, quienes a pesar de la distancia y el tiempo siempre me dieron su apoyo mientras llevaba a cabo mis estudios, y a el amor de mi vida Jorge Enrique Mendoza Paredes, a quien amo con todo mi ser y siempre llevo en mi corazón.

Carla.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS .....	i
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ii
RESUMEN .....	iv
I. INTRODUCCIÓN .....	1
Objetivo.....	3
Hipótesis .....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Generalidades del cultivo de lisianthus.....	4
2.1.1 Origen del cultivo .....	4
2.1.2 Clasificación botánica .....	4
2.1.3 Descripción botánica .....	5
2.1.4 Cultivares.....	6
2.2 Factores ambientales.....	7
2.2.1 Fotoperiodo .....	7
2.2.2 Temperatura .....	7
2.2.3 Intensidad Luminosa.....	8
2.3 Manejo del Cultivo .....	8
2.3.1 Propagación .....	8
2.3.2 Suelo .....	9
2.3.3 Trasplante y tutorado.....	9
2.3.4 Etapas de crecimiento .....	9
2.3.5 Riego .....	10

2.3.6 Fertilización .....	11
2.3.7 Cosecha .....	11
2.3.8 Plagas y Enfermedades.....	12
2.4 Cultivo sin suelo.....	12
2.5 Soluciones Nutritivas .....	13
2.6 Sustrato .....	13
2.7 Nitrógeno .....	14
2.8 Potasio.....	16
2.9 Interacciones nutrimentales .....	18
2.10 Interacciones de Nitrógeno y Potasio .....	19
2.11 Relaciones Nitrógeno/Potasio.....	21
2.12 Relaciones Nitrato/Potasio en lisianthus.....	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	24
3.1 Localización .....	24
3.2 Establecimiento del Experimento.....	24
3.2.1 Material Experimental .....	24
3.2.2 Trasplante.....	24
3.2.3 Control de Plagas y Enfermedades .....	25
3.2.4 Descripción y aplicación de los tratamientos .....	26
3.3 Variables Evaluadas .....	27
3.3.1 Peso seco de raíz, parte aérea y botón floral .....	28
3.3.2 Área foliar .....	28
3.3.3 Análisis mineral .....	28
3.4 Diseño Experimental y Análisis Estadístico .....	29

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	30
4.1 Biomasa de la planta .....	30
4.1.1 Peso seco de raíz .....	30
4.1.2 Peso seco parte aérea.....	32
4.1.3 Peso seco total .....	34
4.1.4 Peso seco de botón floral .....	36
4.1.5 Área foliar .....	37
4.2 Concentración nutrimental .....	38
4.2.1 Concentración de N en raíz .....	39
4.2.2 Concentración de N parte aérea.....	40
4.2.3 Concentración de N en botón floral .....	41
4.2.4 Concentración de K en raíz .....	42
4.2.5 Concentración de K en parte aérea .....	44
4.2.6 Concentración de K en botón floral.....	45
V. CONCLUSIONES .....	47
VI. LITERATURA CITADA .....	48

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Temperatura promedio del aire durante el periodo en que se realizó el experimento.....	25
Cuadro 2. Relación $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$ en la solución nutritiva correspondiente a los tratamientos evaluados en el estudio. ....	26
Cuadro 3. Fertilizantes utilizados y su fórmula química. ....	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flor de lisianthus (PanAmerican Seed, 2014).....	5
Figura 2. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$ en diferentes concentraciones en el peso seco de raíz en plantas de lisianthus ( <i>Eustoma grandiflorum</i> (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue. ....	30
Figura 3. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$ en diferentes concentraciones en el peso seco parte aérea en plantas de lisianthus ( <i>Eustoma grandiflorum</i> (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue .....	32
Figura 4. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$ en diferentes concentraciones en el peso seco total en plantas de lisianthus ( <i>Eustoma grandiflorum</i> (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue. ....	34
Figura 5. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$ en diferentes concentraciones en el peso seco de botón floral en plantas de lisianthus ( <i>Eustoma grandiflorum</i> (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue .....	36
Figura 6. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$ en diferentes concentraciones en el área foliar en plantas de lisianthus ( <i>Eustoma grandiflorum</i> (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue .....	37
Figura 7. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$ en diferentes concentraciones en la concentración de N en raíz en plantas de lisianthus ( <i>Eustoma grandiflorum</i> (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue .....	39

Figura 8. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$ en diferentes concentraciones en la concentración de N en la parte aérea en plantas de lisianthus ( <i>Eustoma grandiflorum</i> (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue. ....	40
Figura 9. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$ en diferentes concentraciones en la concentración de N en botón floral en plantas de lisianthus ( <i>Eustoma grandiflorum</i> (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue .....	41
Figura 10. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$ en diferentes concentraciones en la concentración de K en raíz en plantas de lisianthus ( <i>Eustoma grandiflorum</i> (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue .....	43
Figura 11. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$ en diferentes concentraciones en la concentración de K en parte aérea en plantas de lisianthus ( <i>Eustoma grandiflorum</i> (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue. ....	44
Figura 12. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$ en diferentes concentraciones en la concentración de K en botón floral en plantas de lisianthus ( <i>Eustoma grandiflorum</i> (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue .....	45

## RESUMEN

En la actualidad, el lisianthus se encuentra entre las flores de corte más importantes, y la nutrición una de las labores fundamentales que se realizan para el cultivo es de las plantas. Entre los nutrimentos necesarios por las plantas el N y el K son requeridos en mayores cantidades, por esto y por la importancia de conocer los efectos de las interacciones de nutrientes, en el presente trabajo se evaluó el efecto de la relación entre  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  y la concentración en la solución nutritiva sobre el crecimiento y estado nutrimental de las plantas. Se estudiaron tres relaciones de  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  (1.43, 2.14 y 4.29) con seis concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  (9 y 6.3, 9 y 4.2, 9 y 2.1, 12 y 8.5, 12 y 5.6, 12 y 2.85 meq  $\text{L}^{-1}$ ) y un tratamiento control (solución de Hoagland y Arnon). Las variables que se evaluaron fueron peso seco de raíz, peso seco parte aérea, peso seco de botón floral, peso seco total, área foliar y concentración de N y K en raíz, parte aérea y botón floral. La relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  de 2.14 registró mayor acumulación de biomasa total. En la relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  de 4.29 con una concentración de 12 y 2.85 meq  $\text{L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  se encontró la mayor concentración de N en la planta, mientras que en la relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  de 2.14 con una concentración 12 y 5.6 meq  $\text{L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  se obtuvo una mayor concentración de K. El tratamiento control no presentó significancia en las variables analizadas.

**Palabras Clave:** lisianthus, nitrato, potasio, relación, concentración.

Correo Electronico; Carla Irene Campos Balon, [carlacamposb@hotmail.com](mailto:carlacamposb@hotmail.com)



## I. INTRODUCCIÓN

El *lisianthus* es una flor que ha llegado de las planicies del occidente, encontrándose ahora entre las flores de corte más importantes (Gómez-Gómez, 2010). Es un cultivo relativamente nuevo, comparado con cultivos florícolas establecidos, como las rosas, claveles o crisantemos (Harbaugh, 2007). México es un país con historia en la horticultura ornamental, al ser centro de origen y aportar flores de uso tradicional desde la época prehispánica como la Nochebuena y la Dalia. Se cultivan alrededor de 14,228 ha de plantas ornamentales que incluye la producción de plantas en maceta y producción de flor de corte; en condiciones de cielo abierto 7,478 ha y bajo invernadero 6,750 ha. (Luna-Esquivel *et al.*, 2011).

Los estados con mayor producción de flores de corte son: Estado de México (principal productor de flores del país), Morelos, Puebla, Michoacán, Veracruz y otros en menor proporción (Gómez-Gómez, 2010). Ecuador, Colombia, Costa Rica y Brasil son los principales competidores de nuestro país en la producción de flores y follajes (Torres, 2010). El *lisianthus* es la décimo tercer flor más vendida y la octava mejor pagada en las subastas holandesas; en Japón ocupa el tercer lugar en ventas, mientras que en los Estados Unidos es la quinta flor más consumida (Mendoza, 2013).

Actualmente la producción de plantas ornamentales es una de las actividades más rentables del sector agrícola (Luna-Esquivel *et al.*, 2011) y el rendimiento que pueda tener dependerá de las labores que se le realicen, siendo una de las más importantes la nutrición de las plantas. La nutrición mineral es fundamental ya que

podemos mejorar el crecimiento y desarrollo de los cultivos; entre los elementos que son necesarios para las plantas, el  $\text{NO}_3^-$  es la forma de absorción del Nitrógeno, que junto con el  $\text{K}^+$  son los que se necesitan en mayores cantidades, por lo que se requiere conocer las relaciones que puedan tener con otros nutrimentos y entre ellos mismos, para que sean suministrados a la planta en las concentraciones adecuadas, lo cual permitiría entre otras cosas, que tanto los costos de producción, como efectos negativos sobre el ambiente se redujeran.

## **Objetivo**

Evaluar el efecto de la relación entre  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  y la concentración de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  sobre el crecimiento y estado nutricional en plantas de lisianthus.

## **Hipótesis**

La aplicación de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  a diferentes relaciones y concentraciones afectan el desarrollo de la planta de lisianthus, así como la absorción de nutrimentos.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades del cultivo de *lisianthus*

#### 2.1.1 Origen del cultivo

El *lisianthus* (Figura 1) es una planta originaria de las praderas húmedas de la zona meridional de los Estados Unidos y norte de México (Melgares de Aguilar, 1996a). En su tierra nativa se encuentra creciendo a lo largo de los ríos y en tierras bajas donde tiene acceso al agua (Verdugo *et al.*, 2007).

#### 2.1.2 Clasificación botánica

El *lisianthus* pertenece a la familia de las Gencianáceas (Melgares de Aguilar, 1996a). Esta planta fue comúnmente conocida como *Lisianthus russellianus*, solamente por un pequeño periodo de tiempo antes que el nombre científico fuera reconocido como *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. También es conocida como la campana azul de Texas, la rosa de la pradera y la genciana de la pradera (Harbaugh, 2007).



Figura 1. Flor de lisianthus (PanAmerican Seed, 2014).

### **2.1.3 Descripción botánica**

Es una planta de ciclo anual o bianual, que forma una roseta de hojas, sobre la que se desarrolla un tallo de 40 ó 50 cm de largo, apareciendo en el extremo las flores largamente pediceladas de 6 a 9 cm de diámetro (Melgares de Aguilar, 1996a) y de 7 a 10 cm de largo, estas flores pueden ser simples o dobles (Verdugo *et al.*, 2007). Las flores simples presentan una corola que consiste en cinco pétalos unidos a la base con cinco estambres los cuales a su vez se encuentran anclados a la garganta de la corona, se ha observado que cuando las flores abren por primera vez en un tallo tienden a tener 6 pétalos pero conforme las flores van abriendo estas deberían tener 5. El ovario está almacenado y el

estigma esta lobulado. El cáliz esta hecho de 5 sépalos de color verde los cuales tienen un ancho de menos de 1mm en el estado de botón los sépalos se extienden mas allá de los pétalos y podrían contener una coloración leve de azul o rosa dando una idea del color de los pétalos que tendrán antes que los pétalos desarrollen color (Harbaugh, 2007).

Las flores dobles, comúnmente tienen de dos a cinco filas de pétalos, y son semejantes a las rosas no solamente en el periodo de botón sino también cuando estas se encuentran abiertas (Harbaugh, 2007).

Generalmente los *lisianthus* tienen pétalos muy delgados sin embargo algunos tienen bordes curvilíneos los cuales dan una apariencia diferente a la flor (Harbaugh, 2007). Las hojas de esta especie herbácea son delgadas, suculentas y de color verde claro (Jamal *et al.*, 2013).

#### **2.1.4 Cultivares**

Se tienen varios cultivares para el mercado de flores de corte, la producción de flores de *lisianthus* a aumentado enormemente en años recientes. A principios de la década de los 80's se enlistó por primera vez en el catálogo de semillas en los Estados Unidos, las semillas estuvieron comercialmente disponibles en Japón a principios de 1933, los productores comerciales de flor de corte en ese país, hicieron la mayoría del mejoramiento genético temprano y no fue hasta aproximadamente 1977 que Sakata Seed Company comenzó por crear los híbridos F1 (Harbaugh, 2007).

En recientes décadas mejoradores genéticos han desarrollado variedades de cultivares con respecto a muchas características como una floración uniforme a través del año, carencia de arrocetamiento, tolerancia al calor, color de flor, tamaño de flor y forma, incluyendo flores dobles (Kawabata *et al.*, 2009). Los cultivares en producción actuales ofrecen un rango de colores incluyendo el rosa, morado, blanco y bicolores (Fox, 1998).

## **2.2 Factores ambientales**

### **2.2.1 Fotoperiodo**

El lisianthus es una planta de día largo, por lo que las plantas crecerán más rápido bajo días largos, pero eventualmente florecerá independientemente del fotoperiodo (Armitage y Laushman, 2003). En la floración podría mejorarse la calidad si se ilumina con luz complementaria en épocas de baja radiación, como puede ser invierno (ICAMEX, 2011), días largos (más de 14 horas luz) o la interrupción nocturna de 10 p.m. a 2 a.m. aceleran la floración (PanAmerican Seed, 2005).

### **2.2.2 Temperatura**

Tolera temperaturas de 12°C hasta 30°C. El rango óptimo es de 15°C a 26°C. No tolera temperaturas bajas (Martínez, 2012), así como también es sensible a las altas temperaturas lo que provoca la formación de roseta de hojas, que no desarrolle el tallo floral o que la floración se retrase, esto sucede con temperaturas de 30 a 35 °C de día y 20 a 25°C por la noche (ICAMEX, 2011).

### **2.2.3 Intensidad Luminosa**

Los niveles óptimos de luz son de 4,000 a 6,000 p.c. (40,000 a 60,000 Lux). Niveles más altos fomentan mayor número de botones y buen desarrollo de flores (PanAmerican Seed, 2005), no tolera el sol directo, se recomienda un sombreo de 40 a 50% (Martínez, 2012).

## **2.3 Manejo del Cultivo**

### **2.3.1 Propagación**

Su reproducción se realiza normalmente por semilla, aunque también se puede hacer por esqueje o por cultivo *in vitro* de tejidos (Melgares de Aguilar, 1996a). La siembra se realiza en charola plástica, se debe mantener el sustrato húmedo hasta la germinación (Domínguez, 2002), depositando las semillas en la parte superior del medio (no cubrir) y mantener una temperatura de 21-24°C (Armitage y Laushman, 2003) y un pH entre 6 y 6.5 (Domínguez, 2002).

La germinación normalmente ocurre entre 10 a 15 días, un factor importante en el momento de la germinación es la humedad para el rompimiento de la cápsula de la semilla recubierta (Verdugo *et al.*, 2007), después de la emergencia de la plántula se mantendrá una temperatura entre 15 y 27°C. Se recomienda evitar temperaturas extremas para no tener problemas de arrosetamiento, dar un poco más de luz y evitar exceso de humedad para prevenir enfermedades fungosas y estar revisando la plántula hasta completar 4 hojas verdaderas (Dominguez, 2002).

### **2.3.2 Suelo**

El pH adecuado para el desarrollo del cultivo es de 6.0 a 6.8 y la conductividad eléctrica debe tener 1.0 mmhos y libre de plagas y patógenos (ICAMEX, 2011).

En su hábitat nativo, en periodos de escasa lluvia, el lisianthus tiene un mecanismo de cobertura de déficit de agua que se basa en la emisión de raíces largas en el suelo para obtener agua en grandes profundidades, por esta razón, un manejo adecuado del sustrato y riego y proporcionar condiciones adecuadas para el desarrollo del sistema radicular es clave para su producción (Gruszynski, 2007). En el caso del sustrato se requiere que sea poroso pero con buena retención de humedad, manteniendo un pH de 6.5 a 7.2 (Martínez, 2012).

### **2.3.3 Trasplante y tutorado**

Para realizar el trasplante las plantas deben tener al menos 4 pares de hojas (Armitage y Laushman, 2003), la plantación se lleva a cabo con una densidad de 64 plantas por metro cuadrado (Melgares de Aguilar, 1996a). Se recomienda utilizar una a dos capas de maya de soporte (PanAmerican Seed, 2005) que servirá de entutorado, evitando que, debido al peso de los botones florales, los tallos se doblen o quiebren (Melgares de Aguilar, 1996a).

### **2.3.4 Etapas de crecimiento**

Melgares de Aguilar (1996a) describe tres fases del cultivo, después de la plantación:

Fase 1: Tiene una duración entre 20 y 30 días, en donde la planta desarrolla poco su parte aérea, al contrario que las raíces.

Fase 2: Comprende otros 30 días, en donde el tallo se alarga y la planta emite tallos secundarios, de tres a ocho según variedades, estos tallos ya alcanzan una altura de entre 30 y 50 cm, al final aparecen los botones florales.

Fase 3: Es la fase final, con una duración de otros 30 días aproximadamente, los botones engrosan y se desarrollan, a la vez que sus pedúnculos se alargan hasta alcanzar su altura definitiva, después los botones cambian de color verde al propio de la variedad y finalmente abren, en un número que oscila entre 4 y 10 por tallo.

El ciclo desde la plantación a la floración puede durar entre 90 y 120 días dependiendo de las variedades y épocas de plantación.

### **2.3.5 Riego**

Durante los primeros 15 a 20 días posteriores al trasplante es recomendable regar con manguera y una regadera fina, tratando de no maltratar las plantas y mantener el suelo con bastante humedad, después del establecimiento de la planta (20 días) el riego se realiza con cintas de goteo (Domínguez, 2002), disponiendo líneas con los goteros insertados cada 25 ó 35 cm según el tipo de terreno, colocando una línea cada dos filas de plantas (Melgares de Aguilar, 1996a).

### **2.3.6 Fertilización**

El lisianthus no requiere niveles de fertilización altos en comparación con crisantemo, se recomienda el uso de un fertilizante a base de nitrato de calcio, para construir tallos fuertes y reducir el crecimiento débil (Sakata, 2012), mantener la CE a 1.5 mmhos/cm, los altos niveles de sales atrasan la floración y pueden fomentar rosetamiento en variedades susceptibles (PanAmerican Seed, 2005).

### **2.3.7 Cosecha**

La recolección se puede realizar de dos maneras: arrancar la planta entera y cortar las raíces ó cortando los tallos escalonadamente según vayan floreciendo (Melgares de Aguilar, 1996b). La cosecha se realiza cuando los tallos tienen de 2 a 3 flores abiertas (Domínguez, 2002). El corte a las plantas vuelve a estimular una segunda cosecha, la cual ocurre de 6 a 8 semanas después de la primera y habrá un 30% de la cosecha inicial. Algunos productores trasplantan plántulas con una diferencia de 3 semanas entre estas para permitir cosechas sucesivas (Armitage y Laushman, 2003). Se recomienda cosechar en las mañanas cuando la flor y los tejidos de la planta están frescos, para quitar el calor de campo de los tallos y optimizar la vida poscosecha, manteniendo los tallos cosechados en áreas refrigeradas (PanAmerican Seed, 2005). Las flores tienen una vida poscosecha generalmente de 10 a 15 días (Fox, 1998).

### **2.3.8 Plagas y Enfermedades**

Se ha encontrado que Fungus gnat (*Basidysia* spp.) es la mayor plaga en *lisianthus*. Estas comen raíces, hojas que están en contacto con el suelo e incluso pequeñas plántulas. Otras plagas importantes que deben de ser controladas son: Mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), Áfidos (*Myzus persicae* and *Aphis gossypii*), Trips (incluyendo *Thrips palmi* y *Frankliniella occidentalis*) (Harbaugh, 2007), Minador o submarino (*Lyriomiza trifolii*), Orugas de noctuidos (*Heliothis* sp, *Plusia* sp.) y Gusanos del suelo que son larvas de coleópteros (gusanos de alambre, doradillas, gallinetas y gusanos blancos) (Melgares de Aguilar, 1996b).

Los problemas comunes de enfermedades incluyen: Moho gris (*Botrytis*), Tizón foliar por *Curvularia*, *Fusarium* de corona y pudrición de tallo, Pudrición de raíz por *Pythium* y *Rhizoctonia* de corona y de pudrición de tallo, Virus de la mancha necrótica (Harbaugh, 2007), Virus del bronceado del tomate (Tomato Spotted Wild Virus, TSWV), Oídio (*Leveillula taurica*) y Mal del Pie o mal del cuello, causada por los géneros *Phytophthora*, *Pythium*, *Fusarium* y *Rhizoctonia* (Melgares de Aguilar, 1996b).

### **2.4 Cultivo sin suelo**

El cultivo sin suelo es cualquier sistema que no emplea el suelo para su desarrollo, pudiéndose cultivar en una solución nutritiva, o sobre cualquier sustrato con adición de solución nutriente (Baixauli y Aguilar, 2002). Este sistema de producción requiere un continuo abastecimiento de nutrimentos (Favela, 2006).

## 2.5 Soluciones Nutritivas

Una solución nutritiva (SN) consta de agua con oxígeno y de todos los nutrimentos esenciales en forma iónica y, eventualmente, de algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de hierro y de algún otro micronutriente que puede estar presente (Favela, 2006), la cual es usada para lograr un crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas (Rodríguez *et al.*, 2001).

Es indispensable conocer los aspectos fundamentales para preparar una SN: el pH, la concentración iónica total (presión osmótica) determinada mediante la conductividad eléctrica, la relación mutua entre aniones, la relación mutua entre cationes, la concentración de amonio, la temperatura y el oxígeno disuelto (Favela, 2006).

El potencial osmótico y el pH son característicos de las soluciones nutritivas. La disponibilidad de los nutrientes depende fuertemente en el pH el cual no es un factor estable en el sustrato de crecimiento (Sooneveld y Voogt, 2009).

## 2.6 Sustrato

Es todo material sólido distinto del suelo *in situ*, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta (Abad *et al.*, 2004).

Los sustratos se clasifican en orgánicos e inorgánicos. Entre los inorgánicos se encuentran a los que pasan por un proceso de manufacturación y a los que no requieren de este proceso, que son denominados de origen natural, entre los que

se encuentran: la arena, las gravas y las tierras de origen volcánico (Baixauli y Aguilar, 2002).

La roca volcánica conocida como tezontle es un sustrato utilizado para la producción de hortalizas y flores en cultivos sin suelo en México (Vargas *et al.*, 2008); es un material considerado inerte, cuyo extracto de saturación tiene un pH próximo a la neutralidad, baja CIC, buena aireación, retención de humedad que varía con el diámetro de las partículas, generalmente está libre de sustancias tóxicas y tiene buena estabilidad física (Ojodeagua, 2008). El tezontle tiene una proporción variable de porosidad ocluida, la cual se define como el volumen de poros cerrados que no tienen conexión con los poros externos y son los espacios que no pueden ser ocupados por agua y por lo tanto no interviene en la relación agua-aire del sustrato. El beneficio de este tipo de porosidad es que disminuye la densidad aparente del tezontle y facilita su manejo (Vargas *et al.*, 2008).

## 2.7 Nitrógeno

Las formas iónicas preferentes de absorción de nitrógeno (N) por la raíz son el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) (Alcántar y Trejo, 2009). En un ambiente ácido el ( $\text{NO}_3^-$ ) es más fácilmente absorbido, mientras el ( $\text{NH}_4^+$ ) es mejor absorbido a un pH alto (Jones, 2005).

El N forma parte de un gran número de compuestos orgánicos, incluyendo aminoácidos, proteínas, coenzimas, ácido nucleico, clorofila, (Resh, 2013) fitohormonas, metabolitos secundarios (Hawkesford *et al.*, 2012) y es constituyente de la pared celular (Fageria, 2009).

En la planta, el N se distribuye en tres grupos: más del 50% se halla en compuestos de elevado peso molecular (proteínas y ácidos nucleicos); el resto, en forma de N orgánico soluble (aminoácidos, amidas, aminas) y N inorgánico (principalmente iones nitrato y amonio) (Azcón y Talón, 2008).

Es constituyente de un gran número de compuestos orgánicos que son esenciales en su metabolismo, forma parte de la estructura de todas las proteínas y de moléculas como las purinas y las pirimidinas, es componente de los ácidos nucleicos (ADN y ARN), básicos para la síntesis proteica. Se encuentra como constituyente de las clorofilas y enzimas del grupo de los citocromos (núcleo porfirínico), indispensables para la fotosíntesis y respiración; en varias coenzimas, como fosfato de piridoxal (transaminación aminoacidica) y los nicotinamida-adenin-dinucleotidos (NAD y NADP), fosfátidos, alcaloides, glucósidos, etc., son compuestos de N, abundantes e importantes en la planta (Navarro y Navarro, 2003).

El N es un elemento requerido en grandes cantidades por las plantas: de 1 a 5% del total del peso seco de la planta consiste en N (Hawkesford *et al.*, 2012). Es un nutriente móvil, debido a que las proteínas de una planta son sintetizadas y degradadas continuamente (Sánchez, 2004), y sus síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas bajas o viejas, primero aparecen en las puntas y en los márgenes de las hojas. Las plantas crecen más lento, sus hojas son más pequeñas, amarillentas y de color pálido debido a la pérdida de clorofila (Fageria, 2009), además se manifiesta con vegetación raquítica, plantas poco desarrolladas,

el peciolo se acorta y las nerviaciones son más pronunciadas, ya que el desarrollo de las partes suculentas se retrasa (Navarro y Navarro, 2003).

Los síntomas por excesos originan plantas suculentas, con pocas partes leñosas, disminución en el desarrollo de raíces y con un amplio desarrollo vegetal aéreo. Las hojas toman un color verde muy oscuro y la maduración se retrasa, estas plantas son susceptibles a enfermedades y ataques de insectos y tienen una mayor sensibilidad al cambio en las condiciones ambientales (Jones, 2005), (Navarro y Navarro, 2003).

## **2.8 Potasio**

El N y potasio (K) son los nutrimentos requeridos en mayores cantidades por las plantas (Hawkesford *et al.*, 2012). El K representa al catión que es absorbido en mayor cantidad (Alcántar y Trejo, 2009).

El K está caracterizado por una alta movilidad en plantas a todos los niveles, dentro de las células individuales, dentro de tejidos y así como en el transporte a larga distancia vía el xilema y floema (Hawkesford *et al.*, 2012).

Incrementa el crecimiento de la raíz y mejora la absorción de agua y nutrientes, forma parte para la construcción de celulosa, es requerido para activar al menos 60 diferentes enzimas involucradas en el crecimiento de la planta, reduce la respiración, previniendo pérdida de energía, ayuda en la fotosíntesis y en la translocación de azúcares y almidón, produce granos ricos en almidón, incrementa el contenido de proteínas en la planta, mantiene la turgencia y reduce la pérdida de agua y marchitez, ayuda a retrasar enfermedades en cultivos, esto

significa que parte de la función del K está relacionada a la formación de precursores de clorofila o a la prevención de la descomposición de la clorofila; neutraliza los ácidos producidos durante el metabolismo de los carbohidratos en la célula vegetal, y está íntimamente involucrado en la apertura y cierre de estomas (Fageria, 2009).

El K participa como regulador de la presión osmótica, existen evidencias de que el K se acumula en la superficie de los cloroplastos y que durante el proceso de fotosíntesis penetra en ellas. Tanto la fosforilación fotosintética, como la oxidativa (en respiración) requieren de K (Alcántar y Trejo, 2009), retiene el agua en los tejidos vegetales, transporta agua a larga distancia y asimilados en el floema y xilema. Interviene, igualmente en la estabilización del pH celular, contrarrestando la carga negativa de ácidos orgánicos y aniones inorgánicos, tales como  $\text{Cl}^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ . Es importante en el crecimiento primario de las células por su efecto en la elongación celular (Sánchez, 2004). Contribuye en la absorción y desplazamiento de otros nutrientes dentro de la planta, K y  $\text{NO}_3^-$  pueden desplazarse juntos (Thompson y Troeh, 1988).

El K tiene efectos positivos en la resistencia de la planta a estrés biótico y abiótico (Hawkesford *et al.*, 2012). La concentración de este nutriente varía entre 1 a 6% de materia seca. Se trata del catión más abundante en los tejidos vegetales (Sánchez, 2004).

Cuando el K se encuentra deficiente, el crecimiento se retarda, y el transporte neto de K de las hojas maduras y tallos se mejora. Las hojas bajo severas deficiencias se vuelven cloróticas y necróticas, dependiendo en la intensidad

luminosa a la cual son expuestas (Hawkesford *et al.*, 2012), presentan necrosis en la punta y en los bordes, las hojas tienden a curvarse hacia arriba, enrollándose cada vez más y adquiriendo un aspecto como si se hubieran quemado (Navarro y Navarro, 2003).

A pesar de que el K no es un constituyente de la clorofila, un síntoma característico de deficiencia es la destrucción de la clorofila (Fageria, 2009).

Al incrementar el aporte de K a las raíces se incrementa la concentración en varios órganos excepto granos y semillas (Hawkesford *et al.*, 2012). Los excesos apenas se pueden observar, en cultivos hidropónicos se han descrito los siguientes síntomas: crecimiento retardado, quemaduras y escarificación de las hojas y defoliación precoz (Sánchez, 2004).

Las alteraciones por exceso de K en la planta se presentan con menos frecuencia, y están basadas en los antagonismos: K/Mg, K/Ca, K/Fe y K/B. La absorción excesiva y su enriquecimiento hace disminuir la de otros, por ello, el exceso origina comúnmente situaciones a deficiencias de Mg, Fe y Zn (Navarro y Navarro, 2003).

## **2.9 Interacciones nutrimentales**

Las interacciones de nutrientes pueden clasificarse en dos categorías principales. La primera son las interacciones que ocurren entre iones, porque los iones son capaces de formar enlaces químicos, esto es debido a la formación de precipitados o complejos. La segunda forma de interacción es entre iones diferentes en los cuales sus propiedades químicas son suficientemente similares

que estos compiten por los sitios de adsorción, absorción, transporte y función en las superficies de las raíces o dentro de los tejidos de la planta, dichas interacciones son más comunes entre nutrientes de tamaño similar, carga, geometría de coordinación, y configuración electrónica (Fageria, 2001).

En nutrición mineral, las interacciones de nutrientes están designadas como sinergistas (positiva), cuando los nutrientes en combinación resultan en una respuesta al crecimiento que es mayor que la suma de los efectos individuales, cuando el efecto combinado es menor la interacción es antagonista (negativa), o cuando hay ausencia de interacción es neutral (Fageria, 2001).

### **2.10 Interacciones de Nitrógeno y Potasio**

Las interacciones de N y K son frecuentes en procesos metabólicos, en el proceso de reducción de  $\text{NO}_3^-$ , el K controla la cantidad de ácidos orgánicos que influyen en la reducción del nitrato (Sánchez, 2004).

Se ha mostrado que adecuados niveles de K son esenciales para el uso eficiente de N en plantas de cultivo. El K puede estar involucrado con la absorción de  $\text{NO}_3^-$ , a través de dos procesos. El primero, se ha encontrado de co-transportar en el xilema con el  $\text{NO}_3^-$  actuando como un ion acompañante de las raíces a las partes aéreas y luego ser regresadas o recicladas hacia abajo vía floema con la molécula de malato. Segundo, porque el  $\text{NO}_3^-$  es absorbido por las raíces de la planta vía un proceso activo, la absorción podría ser afectada a través de la influencia del K en la traslocación de asimilados fotosintéticos, necesarios para apoyar este proceso de absorción activo (Fageria, 2001).

En compensación de las cargas, el K es el catión dominante para contrapeso de los aniones inmóviles en el citoplasma, cloroplastos y a menudo también para aniones móviles en las vacuolas, el xilema y floema. La acumulación de aniones de ácidos orgánicos en tejidos de las plantas es usualmente la consecuencia del transporte de K sin aniones acompañantes en el citoplasma (White, 2012.)

Por otra parte, la absorción de nutrientes y el crecimiento vegetal pueden ser afectados por una interacción entre dos o más nutrientes (Adams, 2004). Al efectuar la absorción de K, la raíz puede mantener el equilibrio eléctrico mediante uno de los procedimientos siguientes: intercambiar otro catión, como  $H^+$ , por K o bien, absorber un anión, como  $NO_3^-$  o  $H_2PO_4^-$ , junto con el K. Los iones K cambiables no pueden desplazarse a las raíces a menos que sean sustituidos por otros cationes en los puntos de intercambio. Las raíces que se aproximan lo suficiente a esos iones K, pueden intercambiarlos por iones  $H^+$ , es un proceso llamado absorción por contacto (Thompson y Troeh, 1988).

La absorción de cationes y aniones ocurre a través de diferentes proteínas de transporte, por lo tanto interacciones directas de la absorción entre cationes y aniones es raro. La estimulación de la absorción de cationes por aniones, y la de aniones por absorción de cationes, es observada frecuentemente, y es generalmente una consecuencia de la necesidad para mantener un balance de cargas. Sin embargo, el sinergismo en la absorción de iones puede también ser el resultado de un incremento general en la actividad metabólica de la raíz cuando los nutrientes son suministrados después del periodo de privación (White, 2012).

La comprensión de los efectos de las interacciones de nutrientes permite evitar las respuestas inesperadas, las posibles pérdidas de rendimiento y calidad de cultivo. Algunas veces las interacciones de nutrientes tienen un efecto suave en el cultivo y otras veces éste es marcado. Por lo tanto, es esencial poseer algún conocimiento de estas respuestas, si se quiere tener un control real en la producción del cultivo (Adams, 2004).

### **2.11 Relaciones Nitrógeno/Potasio**

Está claro que no solamente la concentración absoluta de un nutriente determina la absorción por un cultivo, porque las relaciones mutuas entre nutrientes en el ambiente de la raíz son mayormente más importantes que las concentraciones absolutas (Sooneveld y Voogt, 2009). El balance o la relación de todos los nutrientes debería de ser tan importante así como el nivel de un nutriente específico (Huber y Arny, 1985).

Se han encontrado en diferentes cultivos que la relación N/K tiene respuestas específicas para cada especie, en un estudio de solución nutritiva altas tasas de K permitieron un eficiente uso de mas N el cual resultó en un precoz crecimiento vegetativo y mayor rendimiento de grano de trigo a la par que se incrementó la relación de K/N, el K puede afectar la absorción y la reducción del  $\text{NO}_3^-$ , una rápida absorción del  $\text{NO}_3^-$  depende de una adecuada concentración de K en la solución del suelo (Anónimo, 1998).

En palmas y otras plantas ornamentales, el efecto de tres niveles de relación N/K: se obtuvo que las altas relaciones N/K (2:1 o mayor) tienen un efecto

negativo en el aspecto de la calidad visual y nutricional de estas plantas, y que una relación baja N/K (2:3) fue más efectiva en producir plantas saludables (Broschat, 2008).

En otro experimento, cuatro relaciones molares de N:K que fueron (3/0.5, 3/1, 3/1.5 y 3/3), los resultados obtenidos en relación al rendimiento total se consiguió con el tratamiento 3/1.5, el peso por fruto con 3/1.5, los sólidos solubles con el 3/3, con respecto a la calidad individual del fruto se encontró que la firmeza fue mejor con el tratamiento 3/0.5, la acidez titulable se obtuvo con 3/1.5, a mayor concentración de K se incrementa el rendimiento total y el peso por fruto, a una relación baja de N/K se obtiene una mejor calidad de fresa el cual confirma la importancia del K en la nutrición con relación a la calidad de los frutos de fresa (Maldonade, 2012).

Otro estudio determinó que pastos de césped toman el N y el K aproximadamente en la relación 3:2 (Handreck y Black, 2002).

Finalmente los elementos que alimentan a las plantas cultivadas, incrementan su eficiencia cuando se adicionan en proporciones balanceadas y fraccionadas (Lazcano, 1996). Las plantas jóvenes tienen necesidades menores y normalmente prefieren relaciones N/K más altas; el clima puede influir en el equilibrio de nutrientes, por ejemplo, en invierno con escasez de luz, la relación N/K debe ser menor que en verano, con el fin de reducir un posible ahilamiento. Asimismo, la incidencia de enfermedades puede deberse al desbalance entre el N y el K debido a querer alcanzar niveles de producción más altos y los mayores rendimientos

económicos, el K debe de ser balanceado con el incremento adicional de N (Anónimo, 1998).

### **2.12 Relaciones Nitrato/Potasio en lisianthus**

A través de algunos experimentos, se ha encontrado que una relación 1:1.5 N/K ha resultado en una alta calidad de plantas con excelente longevidad poscosecha de flores de corte (Harbaugh, 2007), y que la relación óptima en lisianthus de N/K es 1:1.42 (Anónimo, 2006). Con respecto a la fertilización, cuando se aplica N, se debe ocupar en forma de  $\text{NO}_3^-$ , y el K debe ser igual al N aplicado (ejemplo: 15-0-15) (Armitage y Laushman, 2003).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Localización**

El experimento se estableció en un invernadero con cubierta de vidrio, ubicado dentro de las instalaciones del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, geográficamente ubicado en las coordenadas 19°20' latitud norte y 98°53' longitud oeste a 2240 msnm.

#### **3.2 Establecimiento del Experimento**

##### **3.2.1 Material Experimental**

Se utilizaron plántulas de la variedad *lisianthus* ABC 2 Blue, provenientes de la empresa Plántulas de Tetela S. de R.L. de C.V. ubicada en el Estado de Morelos.

El sustrato utilizado fue Tezontle, el cual fue cribado con una malla de alambre para que tuviera homogeneidad y obteniendo un tamaño de partícula de 2 a 3 mm de diámetro. Después fue incorporado en bolsas negras de polietileno con capacidad de 8 L.

##### **3.2.2 Trasplante**

El trasplante se realizó el día 6 de septiembre de 2013, cuando las plántulas tenían de 3 a 4 pares de hojas. Se colocaron cuatro plantas por bolsa y se acomodaron en siete hileras distribuidas al azar con siete repeticiones cada una,

con una separación entre hileras de 30 cm y entre bolsas de 3 a 5 cm, las bolsas fueron establecidas sobre un block para propiciar un mejor drenaje.

Posterior al trasplante, el día 7 de septiembre se colocó un termómetro de máximos y mínimos para registrar las temperaturas que se tenían dentro del invernadero, sus promedios se muestran en el Cuadro 1:

Cuadro 1. Temperatura promedio del aire durante el periodo en que se realizó el experimento.

Mes	Temperatura (°C)		
	Máxima	Mínima	Media
Septiembre	30.83	12.26	21.55
Octubre	30.35	11.03	20.69
Noviembre	28.17	8.30	18.24
Diciembre	29.7	6.1	17.9

Además fue colocado un ventilador para la recirculación del aire, con el fin de propiciar mejores condiciones en el ambiente dentro del invernadero; durante el día se humedecía frecuentemente el suelo para aumentar la humedad relativa, en días con alta radiación solar se colocó un malla sombra, que se retiraba inmediatamente después de que la intensidad solar disminuía.

### 3.2.3 Control de Plagas y Enfermedades

En el interior del invernadero se instalaron trampas plásticas de color azul y amarillo para detectar y capturar insectos. En el mes de Noviembre se presentaron daños en las hojas por larvas de mariposas y polillas (mariposas nocturnas), el día 13 del mismo mes se realizó una aplicación del insecticida botánico: Bug Clean 5

ml L<sup>-1</sup> haciendo una segunda aplicación 6 días después. En el transcurso del experimento hubo presencia mínima de pulgones y mosquita blanca debido a que se encontraban en otros cultivos que estaban en el mismo invernadero, los cuales no ocasionaron ningún daño, durante el establecimiento del trabajo no se presentaron enfermedades.

### 3.2.4 Descripción y aplicación de los tratamientos

En el experimento se evaluaron tres relaciones  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$ , con 2 diferentes concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  cada una, dando un total de seis tratamientos más un tratamiento control, el cual correspondía a la solución de Hoagland y Arnon (Cuadro 2).

Cuadro 2. Relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  en la solución nutritiva correspondiente a los tratamientos evaluados en el estudio.

Tratamiento	Relación $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$	$\text{NO}_3^-$ (meq L <sup>-1</sup> )	$\text{K}^+$ (meq L <sup>-1</sup> )
1	1.43	9	6.3
2	2.14	9	4.2
3	4.29	9	2.1
4	1.43	12	8.5
5	2.14	12	5.6
6	4.29	12	2.85
7=control	2.14	15	7

La fertilización se realizó mediante la aplicación de la solución nutritiva, la cual se preparó utilizando fertilizantes comerciales y se presentan en el Cuadro 3; adicionalmente, las soluciones nutritivas contenían los siguientes

micronutrientes: Fe-EDTA ( $1.90 \text{ mg L}^{-1}$ ), Mn-EDTA ( $0.90 \text{ mg L}^{-1}$ ), Zn-EDTA ( $0.18 \text{ mg L}^{-1}$ ), B ( $0.16 \text{ mg L}^{-1}$ ), Cu-EDTA ( $0.10 \text{ mg L}^{-1}$ ) y Mo ( $0.10 \text{ mg L}^{-1}$ ). Se realizaron mediciones de pH y CE de las soluciones nutritivas en laboratorio, obteniendo un pH promedio de 6.33 y una conductividad eléctrica promedio de  $2.34 \text{ dS m}^{-1}$ .

Cuadro 3. Fertilizantes utilizados y su fórmula química.

Fertilizante	Fórmula química
Nitrato de potasio	$\text{KNO}_3$
Nitrato de calcio	$5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]\text{NH}_4\text{NO}_3$
Fosfato monopotásico	$\text{KH}_2\text{PO}_4$
Nitrato de magnesio	$[\text{Mg}(\text{H}_2\text{O})_6](\text{NO}_3)_2$
Ácido nítrico	$\text{HNO}_3$
Sulfato de magnesio	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Ácido fosfórico	$\text{H}_3\text{PO}_4$
Sulfato de potasio	$\text{K}_2\text{SO}_4$

Durante la semana se aplicaban manualmente tres riegos en días alternados con solución nutritiva y los días restantes se aplicaba un riego con agua, el cual dependía de las condiciones ambientales que se presentaban en el invernadero. La aplicación de la solución nutritiva inició el día 14 de septiembre de 2013 con un volumen correspondiente a 250 ml por unidad experimental. A partir del 1 de noviembre el volumen aumentó a 300 ml finalizando las aplicaciones el día 22 de noviembre.

### 3.3 Variables Evaluadas

La cosecha de las plantas se realizó el día 15 de diciembre de 2013. Las variables evaluadas en el experimento fueron las siguientes: peso seco de raíz,

parte aérea, botón floral y total, área foliar y la concentración de N y K, mediante un análisis mineral en raíz, parte aérea y botón floral.

### **3.3.1 Peso seco de raíz, parte aérea y botón floral**

Las muestras utilizadas para obtener el peso seco, fueron sometidas a un proceso de secado, se realizó un lavado con agua de la llave y después dos lavados con agua destilada, se dejaron escurrir en toallas de papel y se colocaron en bolsas de papel separando, la raíz, el tallo, hojas y los botones florales. Finalmente se llevaron a una estufa de secado a una temperatura de 65°C donde estuvieron durante 72 horas, al final se pesaron en una báscula digital marca OHAUS y se registraron los datos.

### **3.3.2 Área foliar**

La medición del área se hizo en un integrador de área foliar LICOR-3100, los datos se reportaron en centímetros cuadrados, en este caso solo se tomaron dos plantas por cada repetición.

### **3.3.3 Análisis mineral**

Para la determinación de los nutrimentos, las partes secas de raíz, tallo-hoja y botón floral, fueron molidas en un molino de acero inoxidable marca Arthur H. Thomas, con malla del número 20. Se pesaron 0.25 g de cada muestra, y se sometieron a una digestión húmeda con una mezcla de ácido sulfúrico con ácido perclórico de la que se agregaron 2 ml + 1ml de peróxido de hidrógeno al 30%. Se

colocaron las muestras en una plancha de digestión a una temperatura de 350°C y al final se aforó a 25 ml con agua desionizada.

La determinación de nitrógeno total se realizó por el método de microKjeldahl, y la de K<sup>+</sup> con espectrofotómetro de emisión atómica de plasma por inducción acoplada ICP-VARIAN 725-ES.

### **3.4 Diseño Experimental y Análisis Estadístico**

El presente trabajo fue distribuido en un diseño de bloques completamente al azar, se utilizaron siete tratamientos con siete repeticiones por tratamiento, obteniendo 49 unidades experimentales. La unidad experimental estuvo constituida por 4 plantas distribuidas uniformemente. Se utilizó el programa estadístico SAS 9.0 para el análisis, de acuerdo a la prueba de Duncan al 0.05 de significancia.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En plantas que recibieron la solución nutritiva con un balance  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  de 2.14 y una concentración 9 y 4.2 meq  $\text{L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  se obtuvo un aumento significativo en peso seco de raíz (Figura 2), peso seco parte aérea (Figura 3) y peso seco total (Figura 4) en comparación con el tratamiento control. Sin embargo en plantas con el balance 2.14 de  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  pero con una concentración de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  de 12 y 5.6 meq  $\text{L}^{-1}$ , o bien, con un balance de 4.29 de  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  y una concentración de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  de 12 y 2.85 meq  $\text{L}^{-1}$  también se obtuvo una mayor materia seca de raíz (Figura 2) y peso seco total (Figura 4). En cuanto al peso seco del botón floral, no se encontraron diferencias significativas (Figura 5).

### 4.1 Biomasa de la planta

#### 4.1.1 Peso seco de raíz

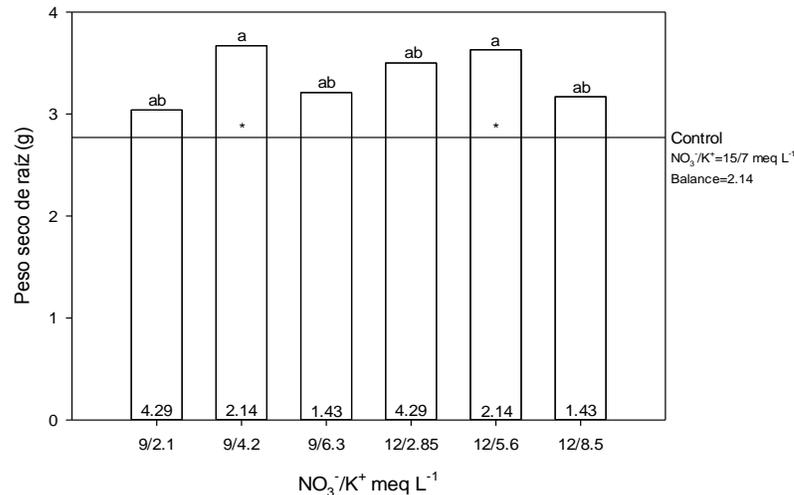


Figura 2. Efecto de la relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  en diferentes concentraciones en el peso seco de raíz en plantas de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue. La línea indica la respuesta al tratamiento control.

En diferentes investigaciones en *lisianthus* (Velázquez, 2008, García, 2010, y Mendoza, 2013) reportan que los órganos de la planta que mayor materia seca han acumulado a lo largo del ciclo del cultivo han sido el tallo y la hoja, seguido de la raíz y por último la flor. Pérez (2014) encontró que las flores fueron las que presentaron la mayor proporción del peso seco total, seguido por el tallo, las hojas y finalmente la raíz. La diferencia que se tiene entre los resultados obtenidos en el presente estudio en comparación a lo antes mencionado es que la raíz fue quien presentó mayor acumulación de biomasa por una mínima diferencia en comparación con la parte aérea, mientras la menor acumulación se obtuvo en el botón floral.

La interacción  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  en plántulas de melón híbrido Crusier, originó un aumento significativo en el peso seco de la raíz, con  $12 \text{ mol m}^{-3}$  de  $\text{NO}_3^-$  y  $8.5 \text{ mol m}^{-3}$  de  $\text{K}^+$ , sin embargo, manteniendo la misma concentración de  $\text{K}^+$  pero incrementando la concentración de  $\text{NO}_3^-$  de  $12$  a  $14 \text{ mol m}^{-3}$ , se disminuyó el peso seco de raíz (Preciado *et al.*, 2002). En este caso con  $12 \text{ meq L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  y  $8.5 \text{ meq L}^{-1}$  de  $\text{K}^+$  y un balance de  $1.43$  de  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  la acumulación de peso seco de raíz disminuyó pero fue superior al tratamiento control con la menor y mayor concentración de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$ , siendo los que menor materia seca presentaron en la raíz.

En otras investigaciones, la relación N:K también ha tenido efecto en el peso seco de raíz; se ha reportado, que cuando la relación fue de 2:1 con  $415 \text{ mg L}^{-1}$  de N y  $193 \text{ mg L}^{-1}$  de K se obtuvo el mayor peso seco de raíz en dos variedades de nochebuena, con valores de  $7.71$  y  $6.71 \text{ g}$ , a diferencia de las relaciones 1:1 y 3:1

(Cruz, 2013). Como se puede ver en los resultados anteriores, la concentración de N fue aproximadamente el doble de la concentración de K, este comportamiento fue similar cuando en el experimento la concentración de  $\text{NO}_3^-$  fue aproximadamente dos veces la cantidad aplicada de K, en donde se obtuvo la mayor acumulación de biomasa en la raíz, en este caso con la concentración de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  de 9 y 4.2 meq  $\text{L}^{-1}$  y con 12 y 5.6 meq  $\text{L}^{-1}$ , ambas concentraciones con una relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  de 2.14.

#### 4.1.2 Peso seco parte aérea

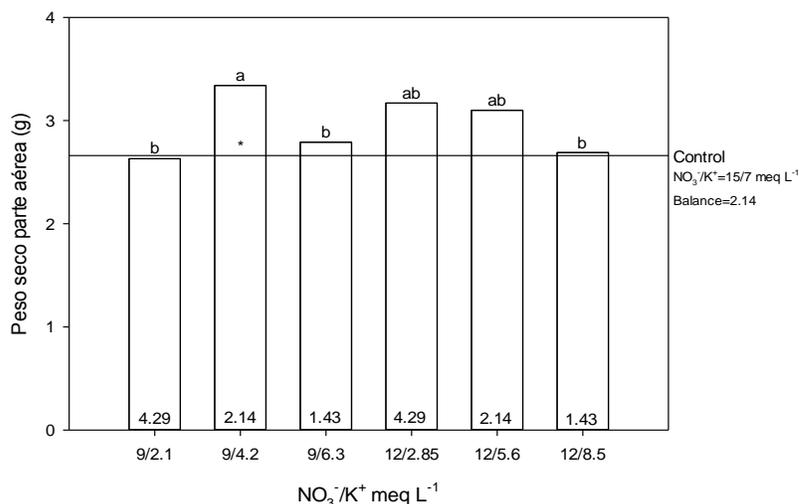


Figura 3. Efecto de la relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  en diferentes concentraciones en el peso seco parte aérea en plantas de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue. La línea indica la respuesta al tratamiento control.

Para el cultivo de tomate tanto en época de invierno como en primavera-verano la menor producción de biomasa en tallo y hoja correspondió a una relación N/K 1:1.5 y la mayor producción a relaciones 1:2.0, 1:2.5 y 1:3.0 ( $\text{mg L}^{-1}$ ),

también con estas tres últimas relaciones la extracción de N, K y Ca en estos mismos órganos fue superior (Hernández *et al.*, 2009), sugiriéndose que en donde la concentración de K fue mayor se presentó la misma tendencia en la producción de materia seca. En los tratamientos utilizados en este trabajo, la mayor acumulación de biomasa en los órganos analizados se presentó en una relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  de 2.14 en donde la concentración de  $\text{K}^+$  fue de  $4.2 \text{ meq L}^{-1}$  (Figura 3).

De acuerdo a Hernández (2011), cuando en plantas de *lisianthus* se aplicaron  $150 \text{ mg L}^{-1}$  de N se tuvo la mayor acumulación de materia seca en tallo y hojas con 4.5 y 3.61 g respectivamente. Por su parte García (2010) en el mismo cultivo realizó aplicaciones a diferentes dosis de K en la solución nutritiva, y encontró que el mayor peso seco registrado en el tallo y hoja, se presentó en la solución que tenía  $600 \text{ mg L}^{-1}$  de K con un valor de 4.10 g en tallo y 3.72 g en hoja, en los resultados obtenidos en el experimento la mayor acumulación de materia seca en tallo y hoja se presentó con una concentración de  $\text{NO}_3^-$  de  $9 \text{ meq L}^{-1}$  y una concentración de  $\text{K}^+$  de  $4.2 \text{ meq L}^{-1}$ .

### 4.1.3 Peso seco total

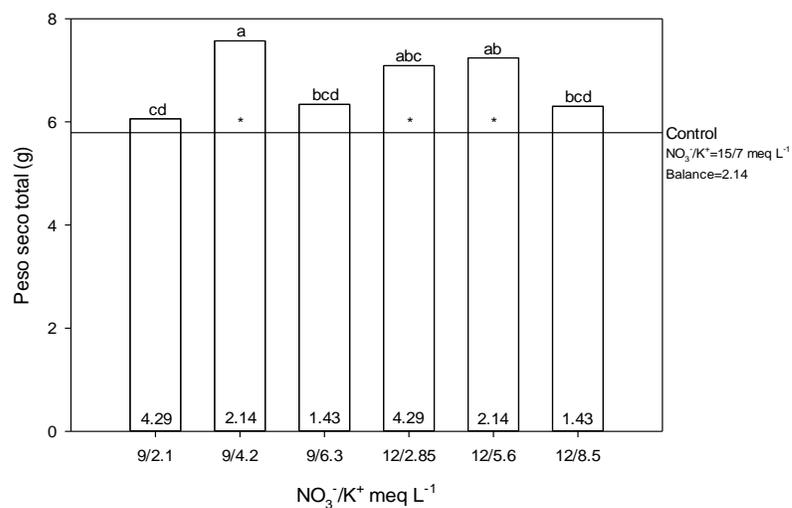


Figura 4. Efecto de la relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  en diferentes concentraciones en el peso seco total en plantas de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue. La línea indica la respuesta al tratamiento control.

La mayor acumulación de biomasa total se presentó cuando la relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  fue de 2.14, superando al tratamiento control. En este caso no importó la concentración de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  ya que cuando la relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  fue de 4.29, se obtuvo una biomasa similar pero solo si la concentración de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  es 12 y 2.85 meq L<sup>-1</sup> (Figura 4).

Al evaluar diferentes relaciones N:K (mmol L<sup>-1</sup>) en cultivo de pepino en sustrato, se obtuvo que la relación N:K 10:8 propició una mayor producción de materia seca total (Medrano *et al.*, 2013), comparando estos resultados con los obtenidos en el presente estudio con la concentración de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  de 9 y 4.2 meq L<sup>-1</sup> en donde se obtuvo la mayor acumulación de biomasa total, se observa que aún cuando la concentración de K es menor, esta no afectó al peso seco total.

Asimismo, Cruz (2013) comenta que en relaciones N/K en plantas de nochebuena, para las relaciones con niveles de N más alto se observó que la acumulación de peso seco total fue mayor, pudiendo deberse a que N y K presenten un antagonismo, así para tener una mejor calidad y producción de materia seca es necesario tener niveles altos de N.

Por otra parte, una relación N:K de 1:2.0 en tomate es suficiente para garantizar un adecuado rendimiento durante la época de primavera-verano, además en esta época es posible variar la relación N:K con una mayor eficiencia de la fertilización debido a la utilización de menores dosis de nutrientes principalmente de K, Ca y Mg (Hernández *et al.*, 2014). De acuerdo a los resultados obtenidos una relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  de 2.14 con una concentración de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  de 9 y 4.2 meq L<sup>-1</sup> es preferible para una buena acumulación de biomasa, ya que con este tratamiento se obtuvieron los mayores valores de peso seco, esto en base a lo mencionado por (Peil y Galvez, 2005) en donde el rendimiento de un cultivo viene dado por la capacidad de acumular biomasa en los órganos que se destinan a la cosecha, así un incremento proporcional de la biomasa destinada a estos órganos garantiza un incremento del rendimiento.

#### 4.1.4 Peso seco de botón floral

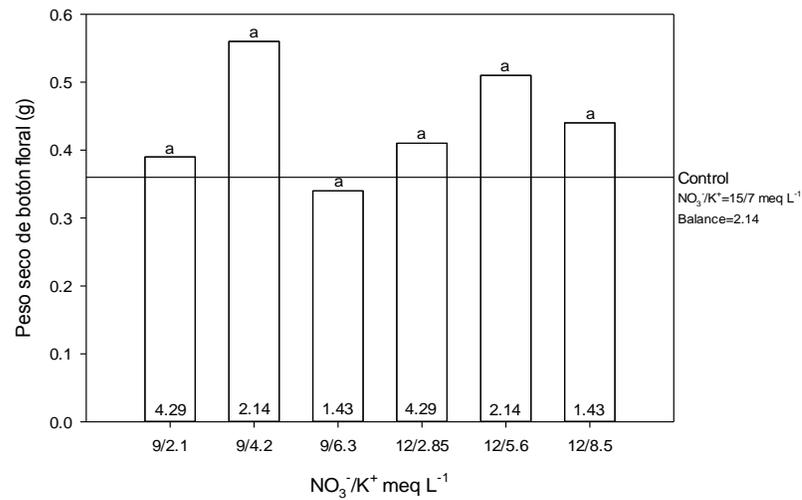


Figura 5. Efecto de la relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  en diferentes concentraciones en el peso seco de botón floral en plantas de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue. La línea indica la respuesta al tratamiento control.

Los resultados muestran que no hubo efecto en el peso seco de botones florales en las plantas en comparación al testigo (Figura 5), de tal forma que las concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  no influyeron en los resultados. En trabajos relacionados con  $\text{NO}_3^-$  se ha encontrado que al evaluar la relación  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$  en lisianthus cv. Mariachi Yellow en dos diferentes sustratos (turba y lana de roca), muestran que cuando la proporción de  $\text{NO}_3^-$  fue de 25% y la proporción de  $\text{NH}_4^+$  de 75%, se obtuvo que el peso seco en botones florales fue mayor, a diferencia de las demás relaciones en donde la proporción de  $\text{NO}_3^-$  siempre fue mayor (Paz, 2009). Por su parte García (2010) reportó que el mayor peso seco de flor se obtuvo en las plantas del tratamiento que no tuvo suministro de potasio con un

valor de 1.4 g, esto en un trabajo de aplicaciones de K en diferentes dosis en *lisianthus* cv. Echo Blue.

#### 4.1.5 Área foliar

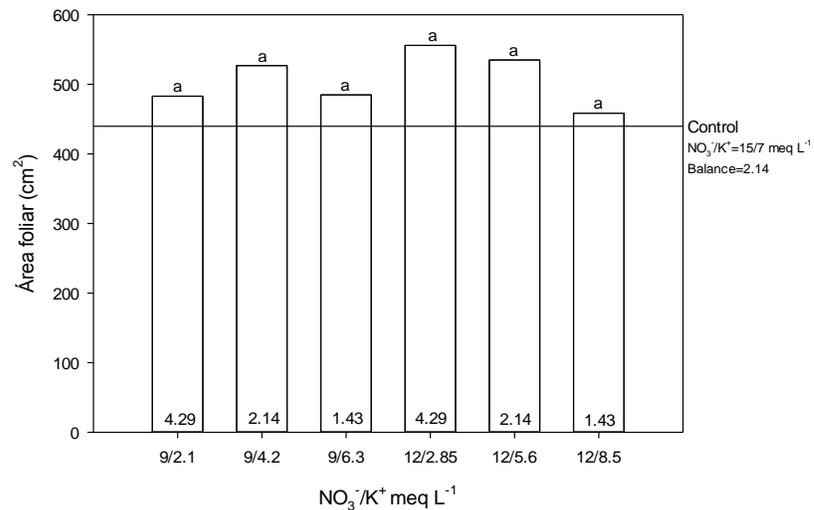


Figura 6. Efecto de la relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  en diferentes concentraciones en el área foliar en plantas de *lisianthus* (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue. La línea indica la respuesta al tratamiento control.

En área foliar los resultados muestran que no hubo efecto en las plantas en comparación al testigo (Figura 6), debido a que las concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  no influyeron en los resultados obtenidos. Preciado *et al.* (2002) mencionan que la importancia fisiológica del área foliar radica en una mayor área para realizar la fotosíntesis, al mismo tiempo que encontraron en plántulas de melón, que los cultivares analizados manifestaron respuesta al  $\text{NO}_3^-$  en el área foliar, en donde los mayores valores se alcanzaron con 12 y 14 mol m<sup>-3</sup> de  $\text{NO}_3^-$  pero solo en uno de los cultivares. Paz (2009) encontró en *lisianthus* que la mayor área foliar se

registró con las menores proporciones de  $\text{NO}_3^-$ , con las relaciones 50:50 y 25:75 ( $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ), en este caso con la relación 100:0 fue menor el área foliar en cv. Mariachi Yellow, el análisis de estos resultados indicó que al aumentar la proporción de  $\text{NO}_3^-$  disminuyó el área foliar.

#### **4.2 Concentración nutrimental**

Los resultados obtenidos muestran que en plantas que recibieron la solución nutritiva con un balance de 4.29 de  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  y una concentración de 12 y 2.85 meq  $\text{L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  presentaron la mayor concentración de N en raíz (Figura 7) y parte aérea (Figura 8) en comparación con el tratamiento testigo. Sin embargo en plantas que recibieron un balance  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  de 2.14 y una concentración de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  de 12 y 5.6 meq  $\text{L}^{-1}$ , y plantas con un balance de  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  de 1.43 y una concentración de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  de 9 y 6.3 meq  $\text{L}^{-1}$ , de igual forma también se obtuvo una mayor concentración de N en raíz (Figura 7) y parte aérea (Figura 8), mientras que la concentración de N en botón floral no manifestó efecto significativo en las plantas (Figura 9).

Se ha encontrado según (Velázquez, 2008) y (Pérez, 2014) que los nutrimentos más demandados en lisianthus son el N y K, seguidos de Mg, Ca y P. Hawkesford *et al.* (2012) mencionan que el N y el K son los nutrimentos requeridos en mayores cantidades por las plantas. Velázquez (2008) observó que la extracción nutrimental por las diferentes partes vegetativas del lisianthus cv. Mariachi dependió de la etapa fenológica en que se encontraba la planta.

#### 4.2.1 Concentración de N en raíz

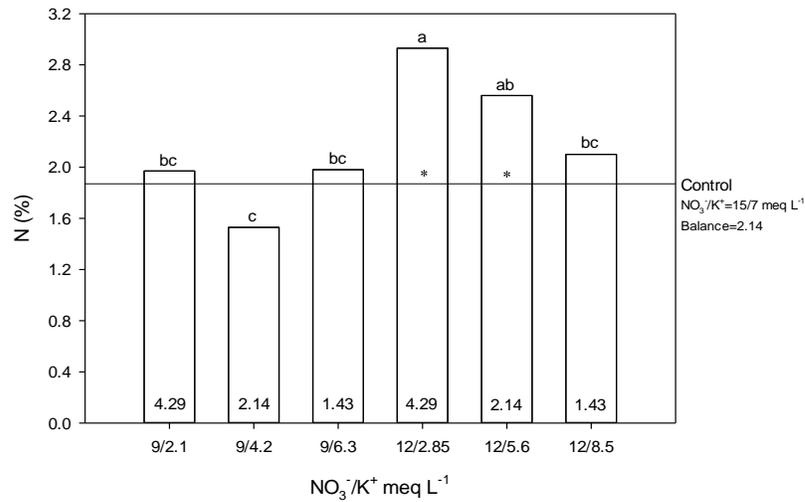


Figura 7. Efecto de la relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  en diferentes concentraciones en la concentración de N en raíz en plantas de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue. La línea indica la respuesta al tratamiento control.

Las mayores concentraciones de N en la raíz se obtuvieron cuando la concentración de  $\text{NO}_3^-$  fue mayor con 12 meq L<sup>-1</sup> en comparación con 9 meq L<sup>-1</sup>, es decir, cuando fue mayor la concentración de  $\text{NO}_3^-$  aplicado, aumentó la concentración de N en la planta. En tulipán se observa un resultado similar, en donde la fertilización nitrogenada aumentó significativamente la concentración de N en raíces de 140 a 182 días después de la plantación, mientras que en tallos, hojas y flores la concentración no cambió (Artacho-Vargas y Pinochet-Tejos, 2008). Estos mismos autores encontraron que las concentraciones de N en raíces, tallos y hojas presentaron valores máximos durante la emergencia de los brotes (112 días después de la plantación), los que disminuyeron posteriormente.

En una investigación en donde evaluaron relaciones nitrato/amonio/urea en plántulas de tomate y dos concentraciones de potasio (7 y 9 mol m<sup>-3</sup>) se encontró que con una relación 85/7.5/7.5 de nitrato/amonio/urea con 7 mol m<sup>-3</sup> de K<sup>+</sup>, se presentó un aumento altamente significativo en la concentración de N en la raíz, con respecto a la misma relación y 9 mol m<sup>-3</sup> de K<sup>+</sup> (Parra-Terraza *et al.*, 2010). Los resultados obtenidos muestran que en las mayores concentraciones de N en la raíz, cuando en la concentración de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y K<sup>+</sup> la concentración de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> fue 12 meq L<sup>-1</sup> con 2.85 meq L<sup>-1</sup> de K<sup>+</sup> la concentración de N fue mayor en la raíz, en comparación con la misma concentración de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> pero con una concentración de K<sup>+</sup> de 5.6 meq L<sup>-1</sup> (Figura 7).

#### 4.2.2 Concentración de N parte aérea

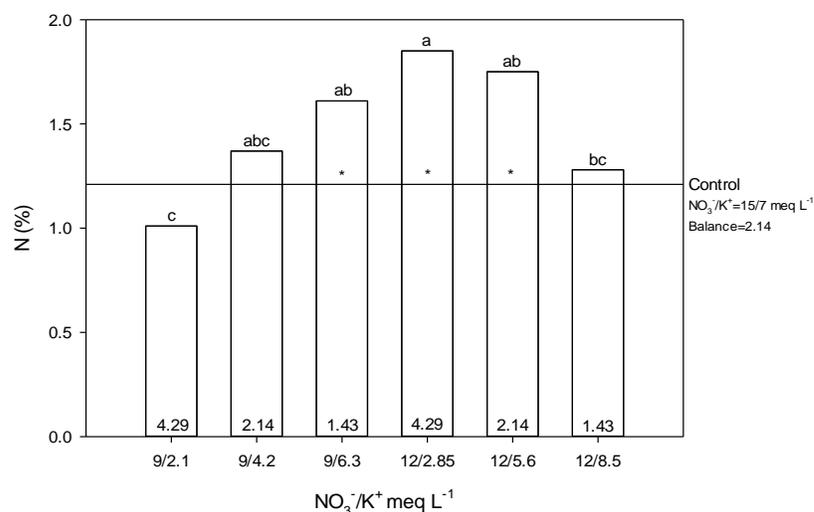


Figura 8. Efecto de la relación NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/K<sup>+</sup> en diferentes concentraciones en la concentración de N en la parte aérea en plantas de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue. La línea indica la respuesta al tratamiento control.

En un estudio de relaciones N/K en tomate, se encontró que la extracción de N en hoja y tallo fue menor en la relación 1:1.5, esta relación tuvo la menor concentración de  $K^+$  con  $1.5 \text{ mg L}^{-1}$ , mientras que en las relaciones con mayor concentración de  $K^+$ , la extracción de N y K fue mayor (Hernández *et al.*, 2009a), en comparación a los resultados obtenidos en el experimento, la mayor concentración de N en la parte aérea se obtuvo cuando en la concentración de  $\text{NO}_3^-$  y  $K^+$ , la concentración de  $K^+$  fue menor con  $2.85 \text{ meq L}^{-1}$ .

#### 4.2.3 Concentración de N en botón floral

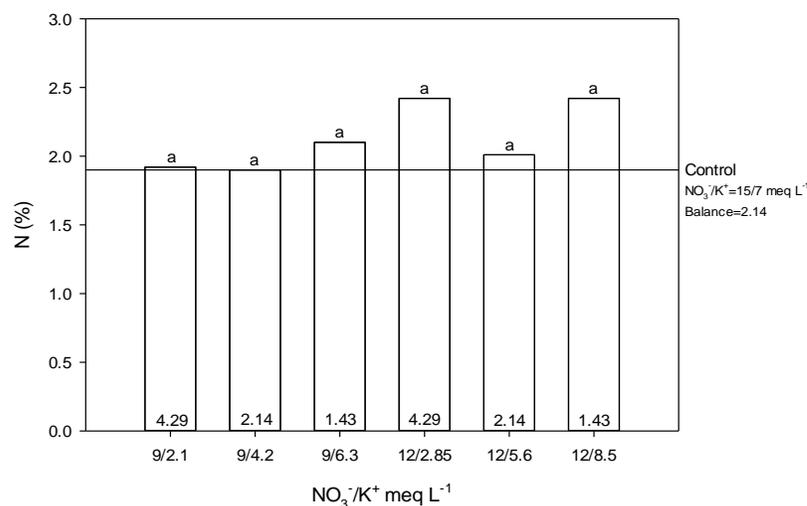


Figura 9. Efecto de la relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  en diferentes concentraciones en la concentración de N en botón floral en plantas de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue. La línea indica la respuesta al tratamiento control.

Los resultados obtenidos en la concentración de N en los botones florales muestran que no hubo efecto en las plantas en comparación al testigo (Figura 9),

al no influir las concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  en los resultados. Se ha comentado que la acumulación de N en la etapa de botón está relacionada con la concentración del mismo; se ha encontrado en cultivos ornamentales que las formas de nitrato son más requeridas a partir de la formación de los botones florales, para conseguir flores de mayor tamaño y consistencia (Calvache, 2012), por su parte, Pérez, (2014) encontró que la etapa de mayor absorción de N coincidió con el periodo de floración en *lisianthus*.

Esto coincide con Velázquez, (2008), quien reportó que la etapa de mayor demanda nutrimental fue en la floración, en la cual se presentaron los valores máximos de absorción de nutrimentos, entre ellos N y K.

#### **4.2.4 Concentración de K en raíz**

En plantas que recibieron la solución nutritiva con un balance 2.14 de  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  y una concentración 12 y 5.6 meq  $\text{L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  se obtuvo una mayor concentración de K en la raíz (Figura 10) y en la parte aérea (Figura 11) en comparación al testigo. Sin embargo con un balance de 4.29 de  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  y una concentración de 12 y 2.85 meq  $\text{L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  o bien con un balance de  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  de 1.43 sin importar la concentración de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$ , también se obtuvo una mayor concentración de K en raíz (Figura 10) y parte aérea (Figura 11). Con respecto a la concentración de K en botón floral, no se detectó efecto significativo (Figura 12).

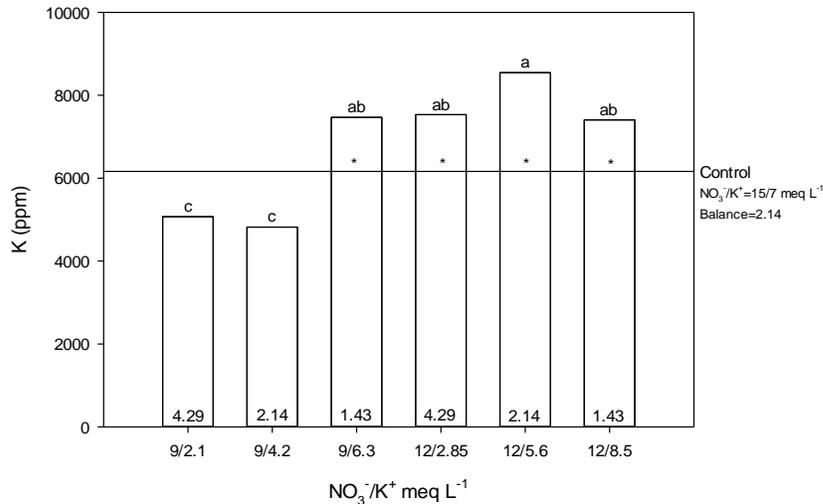


Figura 10. Efecto de la relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  en diferentes concentraciones en la concentración de K en raíz en plantas de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue. La línea indica la respuesta al tratamiento control.

Al igual que los tallos, las raíces pueden constituir un importante órgano para el almacenamiento de agua, minerales y carbohidratos (Meléndez y Molina, 2002). En una investigación de nutrición potásica en plantas de *Lilium*, cuando la concentración de K se elevó de 10 a 20 mmol, la concentración de K ya no se incrementó en los órganos de la planta, con excepción de la raíz (Barrera-Aguilar *et al.*, 2012), en el experimento cuando la concentración de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  fue de 12 y 5.6 meq L<sup>-1</sup> se obtuvo la mayor concentración de K en la raíz, es probable que esto haya sido porque la concentración de K con 5.6 meq L<sup>-1</sup> fue una de las más altas entre las concentraciones empleadas.

#### 4.2.5 Concentración de K en parte aérea

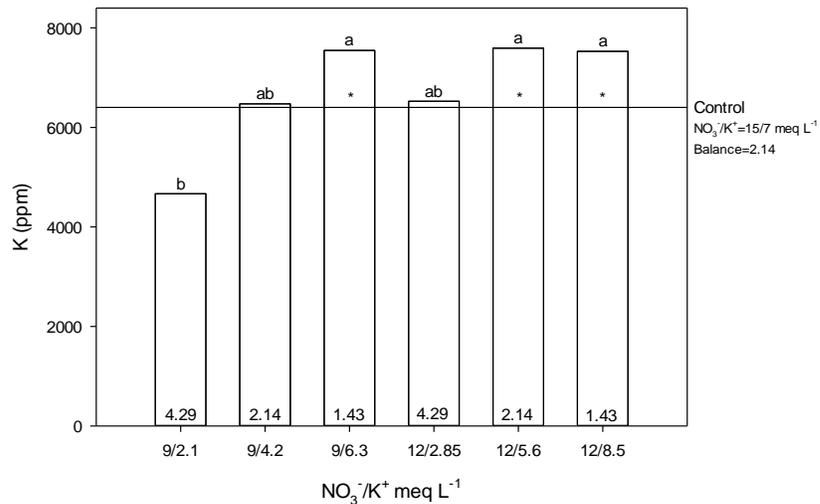


Figura 11. Efecto de la relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  en diferentes concentraciones en la concentración de K en parte aérea en plantas de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue. La línea indica la respuesta al tratamiento control.

La extracción de K en tallo y hojas de tomate fue superior en plantas que recibieron las relaciones N/K con mayor concentración de K, en las relaciones la concentración de N siempre correspondió a  $1 \text{ mg L}^{-1}$  y la concentración de K tuvo valores de 2.0, 2.5 y  $3.0 \text{ mg L}^{-1}$  (Hernández *et al.*, 2009), en los resultados obtenidos la mayor concentración de K en la parte aérea se presentó cuando las concentraciones de  $\text{K}^+$  aplicado fueron mayores en la concentración de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$ .

Al evaluar la relación  $\text{K}^+/\text{Ca}^{2+}$  en el cultivo de tulipán, (Ramírez *et al.*, 2010) se encontró que la mayor relación de acumulación de K en tallo/hojas fue registrada en los tratamientos con las menores concentraciones de K con  $5.5 \text{ mol}_c \text{ m}^{-3}$ , en comparación con las mayores concentraciones de 7.0 y  $8.5 \text{ mol}_c \text{ m}^{-3}$  de K,

tomando en cuenta solamente las concentraciones de  $K^+$  en las relaciones, en el presente trabajo se obtuvo que cuando las concentraciones de  $K^+$  fueron mayores con 5.6, 6.3 y 8.5 meq  $L^{-1}$  la concentración de K en la parte aérea fue mayor a diferencia de las relaciones con menor concentración de  $K^+$  (2.1, 2.85 y 4.2 meq  $L^{-1}$ ).

#### 4.2.6 Concentración de K en botón floral

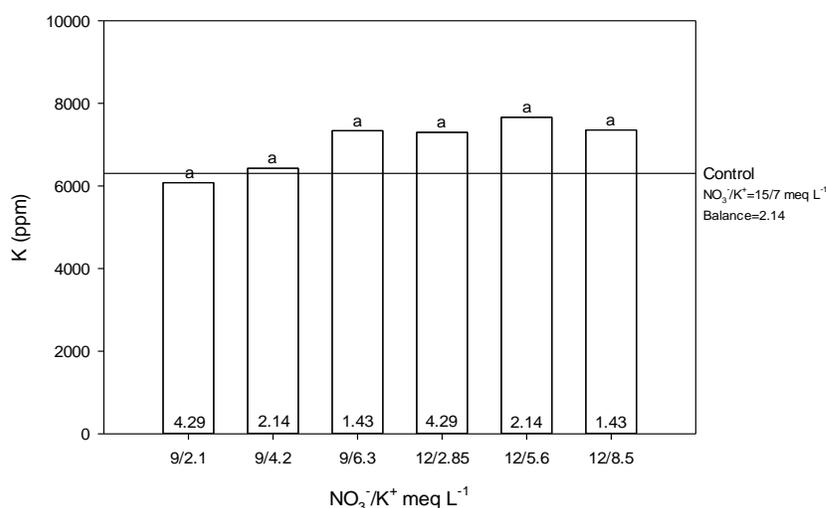


Figura 12. Efecto de la relación  $NO_3^-/K^+$  en diferentes concentraciones en la concentración de K en botón floral en plantas de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue. La línea indica la respuesta al tratamiento control.

La concentración de K en botones florales no respondió a las concentraciones de  $NO_3^-$  y  $K^+$ , derivado a esto los resultados muestran que no hubo efecto en la concentración de K en botón floral en las plantas en comparación al testigo (Figura 12). Calvache (2012) menciona que en botón y estado de formación de botón o en

floración la demanda de K es mayor y sus efectos se reflejan en parámetros de calidad. Medina *et al.* (1999) encontraron que en *Gypsophila paniculata* L. las concentraciones más altas de K se presentaron durante la etapa de inducción floral. Por otra parte (Cruz, 2013) reporta que la flor de nochebuena al entrar en la etapa de floración deja de consumir N para el crecimiento y en vez de este es utilizado el K no importando el nivel de concentración de nitrógeno ya que a partir del inicio de la floración y pigmentación en brácteas el crecimiento ya no se incrementó.

## V. CONCLUSIONES

Con una relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  de 2.14 se logra obtener el mayor peso seco total en una concentración de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  de 9 y 4.2 meq  $\text{L}^{-1}$ , manteniendo la relación con una concentración de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  de 12 y 5.6 meq  $\text{L}^{-1}$  se puede también obtener mayor biomasa total, así como la mayor concentración de K en la planta.

En peso seco total, con una relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  de 2.14 al aplicar mayor concentración de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  se obtiene mayor peso seco, pero al aplicar menor concentración de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  se logra obtener el mayor peso seco total, lo cual indica que se puede disminuir la concentración de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  y los costos de producción.

La mayor concentración de N en la planta se encontró en la relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  de 4.29 con una concentración de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  de 12 y 2.85 meq  $\text{L}^{-1}$ , este efecto se puede deber a que la concentración de  $\text{NO}_3^-$  aplicado es mayor.

Los resultados indican que existieron tratamientos que superaron a la solución de Hoagland aplicada en el tratamiento control en donde se tuvieron las mayores concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  con 15 y 7 meq  $\text{L}^{-1}$ , por lo tanto se puede disminuir la concentración de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$ , y favorecer al productor con un ahorro en la fertilización.

## VI. LITERATURA CITADA

Abad B., M.; Noguera M., P. y Carrión B., C. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. 113 – 158 pp. En: Tratado de cultivo sin suelo 3er ed. Urrestarazu, M. (Ed.). Ediciones Mundi-Prensa. España.

Adams P. 2004. Aspectos de nutrición mineral en cultivos sin suelo en relación al suelo. 81 – 112 pp. En: Tratado de cultivo sin suelo 3er ed. Urrestarazu, M. (Ed.). Ediciones Mundi-Prensa. España.

Alcántar, G. G.; Trejo-Téllez L. I. 2009. Nutrición de cultivos. Colegio de Postgraduados. Ediciones Mundi Prensa. 454 p.

Anónimo. 1998. Effects of potassium on plant diseases. In: Better crops. 82 (3): 37-39.

Anónimo. 1998. Potassium interactions with other nutrients. In: Better crops. 82(3). 2 p.

Anónimo. 2006. Lisianthus (*Eustoma grandiflorum-E. russellianum*). (<http://www.sergiofiorenza.it/lisianthus.htm>). Consultado 2 de Abril 2015.

Armitage, A. M. and Laushman, J. M. 2003. Specialty cut flowers. The production of annuals, perennials, bulbs, and woody plants for fresh and dried cut flowers. 2nd Ed. Timber Press, Inc. Portland, Oregon, U.S.A.

Artacho-Vargas, P. y Pinochet-Tejos, D. 2008. Producción de materia seca y absorción de nitrógeno del cultivo del tulipán (*Tulipa gesneriana* L.). *Agrociencia* 42(1): 37-45.

Azcón, B. J., Talón M. Fisiología Vegetal. 2008. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Editorial McGraw-Hill. Segunda edición. España. 639 p.

Baixauli S., C. A.; Aguilar O., J. M. 2002. Cultivo sin Suelo de Hortalizas. Generalitata Valencia. España. 110 p.

Barrera-Aguilar, E.; Valdez-Aguilar, L. A.; Castillo-González, A. M.; Ibarra-Jiménez, L.; Rodríguez-García, R. y Alia-Tejacal, I. 2012. La nutrición potásica afecta el crecimiento y fotosíntesis en *Lilium* cultivado en turba ácida. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(5): 1011-1022.

Broschat, T. K.; Sandrock, D. R.; Elliott, M. L. and Gilman, E. F. 2008. Effects of fertilizer type on quality and nutrient content of established landscape plants in Florida. *Hort Technology* 18(2):278-285.

Calvache U., M. 2012. Fertirrigación en cultivos ornamentales. Fertirrigación en cultivos de flores. 15 p.

Cruz E., L. D. 2013. Relación nitrógeno potasio en la solución nutritiva sobre el desarrollo y calidad en plantas de nochebuena. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo, México. 107 p.

Domínguez, R. A. 2002. Cultivo del Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*). Flores de altura A. M. 10 p.

Fageria, N. K. 2009. The use of nutrients in crops plants. CRC Press Taylor & Francis Group. New York. 430 p.

Fageria V. D. 2001. Nutrient interactions in crop plants. Journal of Plant Nutrition 24(8):1269-1290.

Favela C., E.; Preciado R., P.; Benavides M., A. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, México. 146 pp.

Fox, R. 1998. Lisianthus: A specialty cut flower. Practical hydroponics and greenhouses. Issue 40.

García V., E. 2010. Respuesta de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* Raf.) cv. Echo blue a diferentes dosis de K en la solución nutritiva. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo, México. 77 p.

Gómez-Gómez, A. A. 2010. La situación de las flores de corte mexicanas dentro de la política comercial internacional de México. Tecsisistecatl: Economía y Sociedad de México. 2(9). (<http://www.eumed.net/rev/tecsistecatl.htm>). Consultado 10 de Abril 2015.

Gruszynski, C. 2007. Lisianthus Información básica para el cultivo comercial. Cirilo Gruszynski tecnologia em horticultura y floricultura. (<http://www.cultivodeflores.com.br/lisianthus.htm>). Consultado 8 de abril 2015.

Gutiérrez S., M. V. 2002. Aspectos básicos de la nutrición mineral de las plantas absorción foliar de sustancias útiles en la aplicación de agroquímicos al follaje. Fertilización foliar. In: Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones. Laboratorio de Suelos y Foliare CIA/UCR Universidad de Costa Rica. Centro de Investigaciones Agronómicas 1-6. Laboratorio de Suelos y Foliare. Meléndez, G. y Molina, E. Universidad de Costa Rica.

Handreck, K. and Black, N. 2002. Growing media for ornamental plants and turf. 4th. Ed. UNSW Press. Australia.

Harbaugh, B. K. 2007 *Lisianthus Eustoma grandiflorum*, p. 645-663. In: Flower Breeding and Genetics Issues, Challenges and Opportunities for the 21 st Century. Anderson, N.O. (Ed.) Springer, U.S.A.

Hawkesford, M.; Horst, W.; Kichey, T.; Lambers, H.; Schjoerring, J.; Møller, I.S. and White, P. 2012. Functions of Macronutrients. 135 – 189 pp. In: Marschner's mineral nutrition of higher plants 3<sup>rd</sup> Ed. MARSCHNER, P. (Ed.). Elsevier. United States of America.

Hernández D., M. I.; Chailloux L., M.; Moreno P., V.; Mojena G., M. y Salgado P., J. M. 2014. Relaciones nitrógeno-potasio en fertirriego para el cultivo protegido del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en la época de primavera-verano. Cultivos tropicales 35(4): 106-115.

Hernández H., C. 2011. Respuesta de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* Raf.) cv. Echo blue a diferentes dosis de nitrógeno, calcio y magnesio. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Chapingo, México. 126 p.

Hernández, M. I.; Chailloux, M.; Moreno, V.; Mojena, M. y Salgado, J. M. 2009. Relaciones nitrógeno-potasio en fertirriego para el cultivo protegido del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y su efecto en la acumulación de biomasa y extracción de nutrientes. Cultivos tropicales 30(4): 71-78.

Huber, D. M. and Arny, D. C. 1985. Interactions of potassium with plant disease. pp 467. In: Potassium in Agriculture.

ICAMEX. 2011. Cultivo de lisianthus. Departamento de Investigación Florícola. Gobierno del estado de México. (<http://www.portal.edomex.gob.mx/icamex/index.htm>). Consultado 20 de Febrero 2015.

Jamal U., A.F.M.; Islam, M. S.; Mehraj, H.; Roni, M.Z.K. and Shahrin, S. 2013. An evaluation of some Japanese lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) varieties grown in Bangladesh. *The agriculturists* 11(1): 56-60.

Jones, J. B. 2005. Hydroponics: a practical guide for the soilless grower. CRC PRESS (Ed). 2nd ed. United States of America.

Kawabata, S.; Yokoo, M. and Nii, K. 2009. Quantitative analysis of corolla shapes and petal contours in single-flower cultivars of lisianthus. *Scientia Horticulturae* 121: 206-212.

Lazcano-Ferrat, I. 1996. El potasio y el concepto de la fertilización balanceada. Instituto de la potasa y el fósforo. *Informaciones agronómicas* 1(6):1-16.

Luna-Esquivel. G., Rodríguez-Rodríguez, B. B., Juárez-López, P., Santillán-Ortega C., Flores-Canales, R., Isordia-Aquino, N., Cambero-Campos, O. J., Robles-

Bermúdez, A. Memoria de resúmenes del XIII Congreso Nacional y VI Internacional de Horticultura Ornamental. 23 al 28 de Octubre del 2011. Nuevo Vallarta, Nayarit, México.

Maldonade, I. R.; Guedes, I. M. R. and Filho, M., M. 2012. Effect of N:K molar ratio in fertigation on quality of greenhouse-grown strawberries in Brazil. *Acta horticulturae*. 927: 291-294.

Martínez M., F. 2012. Guia para el cultivo de lisianthus (*Eustoma grandiflorum*). Plántulas de Tetela. (<http://www.plantulasdetetela.com.mx/download/Lisianthus>). Consultado 17 de febrero 2015.

Medina, G. A.; Orozco de A., M.; Bolívar, J. L. y Ramírez, P. J. 1999. Acumulación y concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en *Gypsophila paniculata* L. cv. Perfecta. *Agronomía Colombiana* 16(1-3): 46-50.

Medrano, E.; Lorenzo, P.; Sánchez-Guerrero, M. C.; García, M. L.; Caparrós, I. y Alonso, F. J. 2013. Respuesta del cultivo de pepino en sustrato a la relación N:K en términos de bioproductividad y eficiencia. VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas. Madrid España. 384 p.

Melgares de Aguilar, C. J.1996a. El cultivo del lisianthus. Primera Parte. *Horticultura*. 113: 13-16.

Melgares de Aguilar, C. J. 1996b. El cultivo del lisianthus. Segunda Parte. Horticultura. 114: 47-50.

Mendoza F., L. G. 2013. Fertilización silíceas en lisianthus (*Eustoma grandiflorum* L.) cv. mariachi. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo, México. 75 p.

Navarro B., S. y Navarro G., G. 2003. Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal 2 ed. Ediciones Mundi Prensa. España. 487 p.

Ojodeagua A., J. L.; Castellanos R., J. Z.; Muñoz R., J. J.; Alcántar G., G.; Tijerina C., L.; Vargas T., P. y Enríquez R., S. 2008. Eficiencia de suelo y tezontle en sistemas de producción de tomate en invernadero. Revista Fitotecnia Mexicana 31(4): 367-374.

PanAmerican Seed. 2005. Lisianthus para flor de corte. Grower facts. 3 p.

PanAmerican Seed. 2014. Cut flowers. Kieft Seed. Lisianthus. 8-11 p.

Parra-Terraza, S.; Salas-Núñez, E.; Villareal-Romero M.; Hernández-Verdugo, S. y Sánchez-Peña, P. 2010. Relaciones nitrato/amonio/urea y concentraciones de potasio en la producción de plántulas de tomate. Revista Chapingo Serie Horticultura 16(1): 37-47.

Paz C., C. 2009. Evaluación de la relación  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$  en lisianthus (*Eustoma grandiflorum* Raf.) cultivado en invernadero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México. 66 p.

Peil, R. M. y Galvez, J. L. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. Revista brasileira de agrociencia 11(1):05-11.

Pérez V., N. N. 2014. Extracción de macronutrientes en Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México. 52 p.

Preciado R., P.; Baca C., G. A.; Tirado T., J. L.; Kohashi-Shibata, J.; Tijerina C., L. y Martínez G., A. 2002. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. Terra 20(3): 267-276.

Ramírez M., M.; Trejo-Téllez, L. I.; Gómez M., F. C. y Sánchez G., P. 2010. La relación  $\text{K}^+/\text{Ca}^{2+}$  de la solución nutritiva afecta el crecimiento y calidad postcosecha del tulipán. Revista Fitotecnia Mexicana 33(2): 149-156.

Resh, M. H. 2013. Hydroponic Food Production. A definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower. Séptima edición. CRC Press. Boca Ratón. 560 p.

Rodríguez D., A.; Hoyos R., M.; Chang LR., M. 2001. Soluciones nutritivas en hidroponía, formulación y preparación. Universidad La Molina. Lima. 99 pp.

Sakata. 2012. Lisianthus flor de corte. Sakata ornamentals. Morgan Hill California. 2 p.

Sánchez P. A. 2004. Análisis y diagnóstico nutricional en cultivos sin suelo. 49 – 79 pp. En: Tratado de cultivo sin suelo 3er ed. Urrestarazu, M. (Ed.). Ediciones Mundi-Prensa. España.

Sooneveld, C.; Voogt, W. 2009. Plant Nutrition of greenhouse crops. Springer. USA. 423 pp.

Thompson L. M.; Troeh F. R. Los suelos y su fertilidad. 1988. Cuarta edición. Editorial Reverté. España. 661 p.

Torres, B. C. 2010. Lisianthus: alternativa de negocio florícola. El Porvenir. Disponible en: <http://www.elporvenir.com.mx>.

Vargas-Tapia, P.; Castellanos-Ramos, J. Z.; Muñoz-Ramos, J. J.; Sánchez-García, P.; Tijerina-Chávez, L.; López-Romero, R. M.; Martínez-Sánchez, C. y Ojodeagua-Arredondo, J. L. 2008. Efecto del tamaño de partícula sobre algunas propiedades

físicas del tezontle de Guanajuato, México. *Agricultura Técnica en México* 34(3): 323-331.

Velázquez M., J. 2008. Extracción nutrimental en *lisianthus (Eustoma grandiflorum Raf.)* cv. Mariachi. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo, México. 97 p.

Venning, Frank D. Flores silvestres. 1992. Editorial Trillas. México. 340p.

Verdugo, R. G.; Montesinos, V. A.; Zárate, F.; Erices, Y.; Gonzáles, C. A.; Barbosa, E. P. y Biggi, T. M. A. 2007. Manual producción de flores cortadas V región. Manuales FIA de apoyo a la formación de recursos humanos para la innovación agraria. Fundación para la Innovación Agraria-Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Pp. 68-72.

Villanueva-Couoh, E.; Alcántar-González, G.; Sánchez-García, P.; Soria-Fregoso, M. y Larque-Saavedra, A. 2010. Nutrición mineral con nitrógeno, fósforo y potasio para la producción de *Chrysanthemum morifolium* Ramat. Con sustratos regionales en Yucatán, México. *Terra Latinoamericana* 28(1): 43-52.

White, P.J. 2012. Ion Uptake Mechanisms of Individual Cells and Roots: Short-distance Transport. 7 – 47 pp. In: Marschner's mineral nutrition of higher plants 3<sup>rd</sup> Ed. Marschner, P. (Ed.). Elsevier. United States of America.