



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

ÉPOCA DE PRODUCCIÓN, SOLUCIÓN NUTRITIVA Y CAMBIOS
FISIOLÓGICOS EN LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum*)

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
DIRECCIÓN DE EXÁMENES PROFESIONALES

PRESENTA:

CECILIA OSORIO RAMÍREZ

Chapingo, Estado de México; Abril de 2016



Instituto de Horticultura

**ÉPOCA DE PRODUCCIÓN, SOLUCIÓN NUTRITIVA Y CAMBIOS
FISIOLÓGICOS EN LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum*)**

Tesis realizada por Cecilia Osorio Ramírez, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

Directora


Dra. María Teresa Colinas León

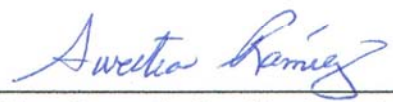
Asesor


Dr. Rogelio Castro Brindis

Asesor


Dra. María Teresa Martínez Damián

Asesor

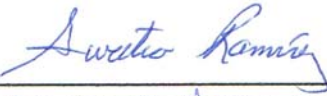
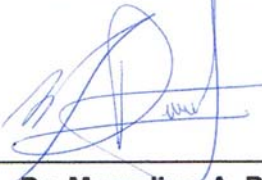

Dra. Sweetia Paulina Ramírez Ramírez

Asesor


Dr. Marcelino A. Pérez Viver

**ÉPOCA DE PRODUCCIÓN, SOLUCIÓN NUTRITIVA Y CAMBIOS
FISIOLÓGICOS EN LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum*)**

Jurado que revisó y aprobó el examen de grado de Cecilia Osorio Ramírez,
autor de la presente tesis de Doctor en ciencias en Horticultura, estuvo
constituido por:

Directora	 _____ Dra. María Teresa Colinas León
Asesor	 _____ Dr. Rogelio Castro Brindis
Asesor	 _____ Dra. María Teresa Martínez Damián
Asesor	 _____ Dra. Sweetia Paulina Ramírez Ramírez
Asesor	 _____ Dr. Marcelino A. Pérez Vivar
Lector externo	 _____ Dr. Manuel Mandujano Piña

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el apoyo económico otorgado para lograr el grado académico.

A la Universidad Autónoma Chapingo, por la realización de los estudios y por brindarme la posibilidad de terminar una meta más en la vida profesional.

A la Dra. Ma. Teresa Colinas León, por su apoyo tanto profesional como económico para la realización de este trabajo, gracias por todas las facilidades otorgadas.

Al Dr. Rogelio Castro Brindis, por las herramientas necesarias para la realización del trabajo de campo, gracias por su excelente colaboración a la presente.

A la Dra. Sweetia Paulina Ramírez Ramírez, por el material y equipo prestado para la realización de este trabajo, gracias por todo.

A los Doctores Ma. Teresa Martínez Damián, Marcelino Pérez Vivar y Manuel Mandujano Piña, por las facilidades otorgadas, para la culminación de la presente.

A los Doctores. Alejandro Barrientos Priego y Juan Ayala Arreola por los equipos y laboratorio que amablemente accedieron a prestarme, herramientas esenciales para la tesis.

Al Dr. Joel Pineda Pineda y la laboratorista Regina por permitirme utilizar su laboratorio para el análisis de tejido vegetal.

A mis compañeros y amigos: Marcelo Garrido, Diana López, Sandra Potrero e Isabel Nativitas, por el apoyo otorgado.

A todos aquellos que de manera directa o indirecta contribuyeron en la culminación de este proyecto.

DEDICATORIA

A mis padres Ramón Osorio y Rogelia Ramírez, quienes son la base de mi vida, y que a través de sus consejos y enseñanzas lograron crear en mí la responsabilidad, pero sobre todo el deseo de superarme día a día, gracias por la confianza, los amo.

A mi pequeño, Koko⁺, especialmente a ti mi Ángel, quién tanta falta me hace, gracias por quererme tanto, y yo sé que donde quiera que te encuentres estas orgulloso de tu hermanita, te quiero mijo, porque más que mi hermano menor siempre fuiste mi niño, fue maravilloso compartir excelentes momentos en la vida, ¡Te extraño!

A mis hermanos Pancho y Aly quienes son la fuente de inspiración, y aunque la distancia nos separa, siempre estaremos unidos, los quiero.

A mis sobrinos Alondra Monserrat, Ignacio y Rocío Ivonne, pequeños que con sus ocurrencias y travesuras me hacen ver que la vida aún tiene sentido.

A mi amiga Gina, por esa amistad de años y que siempre ha estado ahí para todo.

A mis compañeros de generación del Doctorado en Ciencias en Horticultura (2012-2015).

A todos aquellos que de una u otra forma han contribuido en mi vida, tanto en lo personal como profesionalmente.

DATOS BIOGRÁFICOS

La autora de este trabajo es originaria de la comunidad de San Francisco Coatlán, Municipio de San Pablo Coatlán, Oaxaca. La educación media superior lo realizó en el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario 109, ubicado en el Municipio de Capulálpam de Méndez, Oaxaca (1999-2002), culminando esta etapa como Técnico Agropecuario. En el 2003 ingresa a la Universidad Autónoma Chapingo donde realizó el año propedéutico (2003-2004), y en el periodo de 2004-2008 cursó la carrera de Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia, en el Departamento de Fitotecnia, obtuvo el grado el 30 de septiembre del 2008 con la tesis titulada “Fertilización edáfica y foliar de cuatro genotipos de *Phaseolus vulgaris*”. Del 2009-2010 cursó la Maestría en Ciencias en Horticultura, en el Instituto de Horticultura, defendiendo el grado con la tesis titulada “Conductividad Hidráulica del tallo y su relación con la vida de florero en *Rosa sp.*” el 7 de septiembre del 2011, titulándose por unanimidad y mención honorífica. En enero del 2012 inicio los estudios de Doctorado en Ciencias en Horticultura.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN GENERAL	1
ÉPOCA DE PRODUCCIÓN Y SOLUCIÓN NUTRITIVA EN LISIANTHUS (<i>Eustoma grandiflorum</i>) 'Mariachi Blue'	1
EXTRACCIÓN DE MACRO Y MICRONUTRIMENTOS EN LISIANTHUS (<i>Eustoma grandiflorum</i>) 'Mariachi Blue'	18
CALIDAD POSCOSECHA EN LISIANTHUS (<i>Eustoma grandiflorum</i>) 'Mariachi Blue', BAJO DIFERENTES CONCENTRACIONES DE SOLUCIÓN STEINER	43
DISCUSIÓN GENERAL	70
LITERATURA CITADA GENERAL	71
ANEXOS	73

LISTA DE CUADROS

Capítulo 1. ÉPOCA DE PRODUCCIÓN Y SOLUCIÓN NUTRITIVA EN LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum*) ‘Mariachi Blue’

Cuadro 1. Altura de planta en dos épocas del año en el cultivo de Lisianthus, bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.	5
Cuadro 2. Número de hojas por planta en dos épocas del año en el cultivo de Lisianthus, bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.	6
Cuadro 3. Número de brotes por planta en dos épocas del año en el cultivo de Lisianthus, bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.	8
Cuadro 4. Diámetro del tallo en dos épocas del año en el cultivo de Lisianthus, bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, en Chapingo, México.	9
Cuadro 5. Días a cosecha en los ciclos otoño-invierno (2013-2014) y verano-otoño (2014), en diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.	10

Cuadro 6. Vida de florero en los ciclos otoño-invierno (2013-2014) y verano-otoño (2014), con diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner durante el desarrollo del cultivo, Chapingo, México.....	12
Cuadro 7. Número de flores abiertas en los ciclos otoño-invierno (2013-2014) y verano-otoño (2014), con diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, durante el desarrollo, Chapingo, México.	15

Capítulo 2. EXTRACCIÓN DE MACRO Y MICRONUTRIMENTOS EN LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum*) ‘Mariachi Blue’

Cuadro 1. Acumulación de materia seca en la parte aérea, en plantas de Lisianthus cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.....	22
Cuadro 2. Peso fresco por planta de Lisianthus, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.....	24
Cuadro 3. Área foliar por planta de Lisianthus, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo México.....	25
Cuadro 4. Número de hojas promedio por planta de Lisianthus, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.	27

Cuadro 5. Contenido de nitrógeno en plantas de Lisianthus, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.	28
Cuadro 6. Contenido de fósforo en plantas de Lisianthus, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.	29
Cuadro 7. Contenido de potasio en plantas de Lisianthus, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.	30
Cuadro 8. Contenido de calcio en plantas de Lisianthus, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.....	32
Cuadro 9. Contenido de magnesio en plantas de Lisianthus, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.	33
Cuadro 10. Contenido de hierro en plantas de Lisianthus, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.	34
Cuadro 11. Contenido de Zinc en plantas de Lisianthus, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner; Chapingo, México.....	35

Cuadro 12. Contenido de manganeso en plantas de Lisianthus, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.	36
Cuadro 13. Fotosíntesis neta, en hojas maduras de plantas de Lisianthus cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.	37
Cuadro 14. Unidades SPAD en hojas maduras plantas de Lisianthus, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.	38

Capítulo 3. CALIDAD POSCOSECHA EN LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum*) ‘Mariachi Blue’, BAJO DIFERENTES CONCENTRACIONES DE SOLUCIÓN STEINER.

Cuadro 1. Consumo de agua, en tallos de Lisianthus ‘Mariachi Blue’, cultivados bajo diferentes concentraciones de solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.	53
Cuadro 2. Pérdida de peso promedio en tallos de Lisianthus ‘Mariachi Blue’, cultivados bajo diferentes concentraciones de solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.	54

Cuadro 3. Apertura floral en flores de <i>Lisianthus</i> ‘Mariachi Blue’, cultivadas bajo diferentes concentraciones de solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.	56
Cuadro 4. Luminosidad promedio en pétalos de las flores de <i>Eustoma grandiflorum</i> , ‘Mariachi Blue’, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.	57
Cuadro 5. Croma promedio en pétalos de las flores de <i>Lisianthus</i> ‘Mariachi Blue’; cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner; Chapingo, México.	58
Cuadro 6. Hue promedio en pétalos de las flores de <i>Lisianthus</i> ‘Mariachi Blue’, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner; Chapingo, México.	59
Cuadro 7. Antocianinas promedio en pétalos de flores de <i>Lisianthus</i> ‘Mariachi Blue’, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.	60
Cuadro 8. Clorofila a, evaluada en hojas de <i>Lisianthus</i> ‘Mariachi Blue’, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner; Chapingo, México.	61
Cuadro 9. Clorofila b, en hojas de <i>Lisianthus</i> ‘Mariachi Blue’, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.	63

Cuadro 10. Clorofila total, en hojas de Lisianthus 'Mariachi Blue', cultivados bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.	64
Cuadro 11. Unidades SPAD en hojas de Lisianthus 'Mariachi Blue', cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.	65
Cuadro 12. Comportamiento de los carotenoides en poscosecha, evaluados en hojas de Lisianthus 'Mariachi blue', cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner; Chapingo, México.....	66

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1. ÉPOCA DE PRODUCCIÓN Y SOLUCIÓN NUTRITIVA EN LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum*) ‘Mariachi blue’

Figura 1. Pérdida de peso en poscosecha de flores de Lisianthus, en dos épocas del año, con diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, durante el desarrollo; Chapingo, México..... 13

Figura 2. Consumo de agua en poscosecha de tallos florales de Lisianthus, en dos épocas del año, con diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, durante el desarrollo, Chapingo, México. 14

Capítulo 3. CALIDAD POSCOSECHA EN LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum*) ‘Mariachi blue’, BAJO DIFERENTES CONCENTRACIONES DE SOLUCIÓN STEINER.

Figura 1. Vida de florero de Lisianthus 'Mariachi Blue', cultivados bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. Las letras son obtenidas de la comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$)..... 50

Figura 2. Número de flores abiertas por tallo en Lisianthus ‘Mariachi Blue’, cultivadas bajo diferentes concentraciones de solución nutritiva de Steiner,

Chapingo, México. Las letras son obtenidas de la comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$)	55
--	----

ANEXOS

Figura 1. Desarrollo vegetativo-reproductivo en plantas de Lisianthus (<i>Eustoma grandiflorum</i>) 'Mariachi Blue'	73
Figura 2. Desarrollo vegetativo-reproductivo en plantas de Lisianthus (<i>Eustoma grandiflorum</i>) 'Mariachi Blue'	74

**ÉPOCA DE PRODUCCIÓN, SOLUCIÓN NUTRITIVA Y CAMBIOS FISIOLÓGICOS EN LISIANTHUS
(*Eustoma grandiflorum*)**

**PRODUCTION PERIOD, NUTRIENT SOLUTION AND PHYSIOLOGICAL CHANGES IN LISIANTHUS
(*Eustoma grandiflorum*)**

RESUMEN GENERAL

En este trabajo se evaluó la dinámica de crecimiento y la calidad poscosecha en dos estaciones del año, otoño-invierno (O-I) y verano-otoño (V-O), con plantas de Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) 'Mariachi Blue' en sistema hidropónico bajo cuatro concentraciones (50, 75, 100 y 125%) de la solución nutritiva de Steiner. Se usó el diseño experimental completamente al azar (DCA) con 10 repeticiones, se realizó análisis de varianza y comparación de medias de Tukey. En la estación O-I el tratamiento con mayor respuesta en altura de planta y días a cosecha fue el de 75 %, en vida de florero sobresalió el tratamiento de 125 % (24 días); en la estación V-O los tratamientos de 75 y 100 % (20±1 día); en número de flores abiertas (11-21 flores); la mejor temporada fue verano-otoño. Se realizó análisis de extracción nutrimental de la planta en cinco concentraciones de solución nutritiva de Steiner (25, 50, 75, 100 y 125 %), en diferentes etapas de desarrollo, utilizando un DCA con 3 repeticiones; el tratamiento donde se obtuvo mayor respuesta en biomasa, área foliar, contenido nutrimental y unidades SPAD, fue la concentración de 100 %. Para la evaluación poscosecha se utilizaron tallos cultivados en cinco concentraciones de solución nutritiva de Steiner (25, 50, 75, 100 y 125 %) y se evaluó el efecto en la calidad poscosecha, se usó un DCA con 6 repeticiones; en vida de florero (50, 75 y 100 % (20±1 día); número de flores abiertas, (25 y 100 % (19 y 21 flores abiertas)); en antocianinas y clorofilas, el tratamiento con mayor contenido fue la concentración de 125 %. De acuerdo a los resultados a más baja concentración de solución nutritiva se encontraron excelentes características de calidad que se pueden apreciar visualmente, en vida de florero, y número de flores abiertas.

Palabras clave: dinámica de crecimiento, calidad, nutrición mineral, longevidad, pigmentos.

ABSTRACT

In this study the growth dynamics and postharvest quality of Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) 'Mariachi Blue' plants grown hydroponically with four concentrations of Steiner nutrient solution (50, 75, 100 and 125 %) in two seasons, autumn-winter (A-W) and summer-autumn (S-A), were evaluated. A completely randomized experimental design with 10 replicates was used. An analysis of variance and Tukey's means comparison test were performed. In the A-W period the 75 % treatment had the best response in plant height and days to harvest; in vase life, the 125 % treatment (24 days) stood out, whereas in the S.A period the 75 and 100 % treatments (20±1 day) were the best. In open flowers (11-21 flowers), the best season was summer-autumn. Analysis of nutrient removal by the plant at five concentrations of Steiner nutrient solution (25, 50, 75, 100 and 125 %), at different stages of development, using DCA with 3 replicates, was also performed. The treatment with the best response in biomass, leaf area, nutrient content and spad units was the 100 % concentration. For the post-harvest evaluation, stems grown in five concentrations (25, 50, 75, 100 and 125 %) were used and the effect on post-harvest was evaluated, using DCA with 6 replicates; in vase life (50, 75 and 100 % (20±1 day); number of open flowers (25 and 100 % (19 and 21 open flowers respectively)); in anthocyanins and chlorophylls, the treatment with the highest content was the one with the 125 % concentration. According to the results at a lower concentration of nutrient solution excellent quality features that can be seen visually in vase life and number of open flowers were found.

Keywords: growth, quality, mineral nutrition, longevity, pigments.

INTRODUCCIÓN GENERAL

En México, la actividad ornamental ha ido en aumento, por lo que es una alternativa rentable debido al incremento de la demanda nacional e internacional. Los estados más importantes en producción de ornamentales son: Michoacán, Morelos, Puebla, Veracruz y Estado de México, este último ocupa el primer lugar a nivel nacional. La superficie nacional es de 15 mil 221 hectáreas, de las cuales aproximadamente 7 mil 074 hectáreas se cultivan en el Estado de México, la producción anual es de 5 mil millones 254 tallos (corte, en gruesas, manojos y macetas) (SAGARPA, 2014). Se siembran alrededor de 70 especies de flor de corte y follaje, las especies más cultivadas son: rosa, clavel, crisantemo y gladiolos; sin embargo uno de los problemas existentes para comercializar las flores ornamentales es la calidad de la flor cortada la cual se determina por el tamaño del tallo; la forma, color, y los pétalos (forma), además de la duración de esta (vida de florero). Dentro de las flores de corte hay especies que han tomado importancia, tal es el caso de Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) (Cruz-Crespo *et al.*, 2006), la cual tiene una gran aceptación en el mercado, por su variedad de colores. El Lisianthus es una herbácea que se puede encontrar como planta de maceta y como flor de corte.

La calidad de los tallos florales y la duración en florero de las flores de corte depende de muchos factores precosecha que inciden sobre procesos bioquímicos y fisiológicos, estos factores son: manejo de plagas y enfermedades, daños mecánicos, calidad de luz, balance hídrico, nutrición mineral (Juárez-López *et al.*, 2011). La nutrición mineral se considera el factor de producción de

mayor relevancia después de la disponibilidad de agua, cuya finalidad es aportar los nutrimentos esenciales en las cantidades necesarias en el momento adecuado para lograr el potencial máximo (Quesada y Bertsch, 2013).

La nutrición es un factor precosecha muy importante, sin embargo muy poco estudiado en ornamentales, si lo comparamos con hortalizas o gramíneas, cada planta, variedad o especie, tiene requerimientos diferentes de nutrimentos y responde de manera distinta a ellos, cuando no son suministrados de forma adecuada y en cantidad necesaria, pueden surgir deficiencias o excesos que provocan desordenes nutrimentales y afectar procesos bioquímicos y fisiológicos que influyen en el correcto desarrollo y crecimiento de las plantas. Debido a lo anterior, es imprescindible realizar formulaciones de acuerdo a las necesidades de la especie, etapa de la planta, el órgano a cosechar, la época de aplicación y las condiciones hídricas, luz, temperatura. De ahí la importancia de las curvas de extracción nutrimental; las cuales permiten el conocimiento de la demanda de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo, indicando así la época de mayor absorción, permitiendo de esta manera la eficiencia en la aplicación de fertilizantes.

Entre los estudios realizados en especies ornamentales donde se ha obtenido un efecto favorable en características de calidad; se pueden mencionar: los de *Tulipa sp* (Ohyama *et al.*, 2006 y Ramírez *et al.*, 2010); en *Rosa sp.* los de Khoshgoftarmanesh *et al.* (2008); Juárez-López *et al.* (2011). En cuanto a extracción mineral, se han realizado estudios en nochebuena de sol por Galindo-García *et al.* (2015); en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianapolis White el de (Valdez-Aguilar *et al.*, 2015).

ÉPOCA DE PRODUCCIÓN Y SOLUCIÓN NUTRITIVA EN LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum*) 'Mariachi Blue'

PRODUCTION PERIOD AND NUTRIENT SOLUTION IN LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum*) 'Mariachi Blue'

RESUMEN

Se hicieron dos ensayos en dos periodos (otoño-invierno (O-I) y verano-otoño (V-O), con *Eustoma grandiflorum* 'Mariachi Blue'. El objetivo fue evaluar la dinámica de crecimiento y la calidad poscosecha utilizando la solución nutritiva de Steiner. Se estableció un sistema hidropónico considerando la solución nutritiva a diferentes concentraciones (50, 75, 100 y 125 %). Se usó un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones, se realizó un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey. Con los siguientes resultados, en altura de planta el tratamiento con mayor respuesta fue el de 75 % de concentración con una altura de 62.08 y 60.08 cm (O-I y V-O); para la variable días a cosecha el tratamiento estadísticamente significativo se encontró a una concentración del 75 % en las dos épocas (135 O-I y 91 días V-O). En vida de florero el tratamiento con el que se observó mayor duración fue el de 125 % en O-I (24 días) y en V-O los tratamientos de 75 y 100 % (20 ± 1 día); hubo menor número de flores abiertas en O-I que en V-O (7-13 y 11-21 flores, respectivamente); en cuanto al número de hojas, número de brotes, consumo de agua y pérdida de peso, el tratamiento con mejor respuesta se obtuvo con el 75 %. La mejor temporada fue verano-otoño para altura de planta, días a cosecha y número de flores abiertas y la concentración del 75 % generó mejores resultados de crecimiento y calidad en ambos periodos.

Palabras clave: dinámica de crecimiento, calidad poscosecha, concentraciones nutritivas.

ABSTRACT

Two trials were conducted in two periods (autumn-winter (A-W) and summer-autumn (S-A) with *Eustoma grandiflorum* 'Mariachi Blue'. The objective was to evaluate the dynamics of growth and postharvest quality using the Steiner solution. Was established a hydroponic system, and evaluated the Steiner solution at different concentrations (50, 75, 100 and 125%). The experimental design was completely randomized with 10 repetitions, being realized analysis variance and means comparison test of Tukey. In plant height greater treatment response was 75 % concentration with a height of 62.08 and 60.08 cm (A-W and S-A); for variable days to harvest treatment was found statistically significant at a concentration of 75 % in the two periods (135 A-W and 91 days S-A). In vase life treatment which was longer observed in the 125 % in A-W (24 days) and S-A the treatments 75 % and 100 % (20 ± 1 day), there were fewer open flowers in A-W in S-A (7-13 and 11-21 flowers respectively); in the number of leaves, number of shoots, water consumption and weight loss, better treatment response was 75 %. The best season was summer-autumn to plant height, days to harvest and number of open flowers, however, the concentration of 75 % showed better growth and quality in both periods.

Key words: growth, postharvest quality, nutrient concentrations.

INTRODUCCIÓN

Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) es una flor de corte con mucho potencial de producción, tiene gran variación de colores y número de botones florales (Cruz-Crespo *et al.*, 2006.), dependiendo de la variedad y el ambiente donde se desarrolla tiene un ciclo relativamente corto de 3-4 meses (Camargo *et al.*, 2004). Uno de los problemas en esta especie es la escasa información, principalmente en el aspecto nutrimental.

La falta de conocimiento sobre el requerimiento nutrimental de este cultivo para el Valle de México, ha provocado el uso excesivo de fertilizantes causando un incremento en los costos de producción y un impacto negativo al medio ambiente.

Chahín *et al.* (2002) mencionan que los nutrientes que más afectan la duración de la flor son excesos de N, P y B, y deficiencias de K, Ca y B. Además, el exceso de sales, especialmente cloruros, acorta la vida útil de las flores al acelerar la senescencia.

En lo que a nutrición mineral se refiere, se encuentran investigaciones realizadas en diferentes cultivares de *Lisianthus*, por Camargo *et al.* (2004); De La Riva *et al.* (2013). En otras especies como *Tulipa sp.* Ramírez *et al.* (2010) observaron mejores resultados en calidad al aplicar una relación de K^+/Ca^{++} de 8.5 /9.0 en precosecha. En *Rosa sp.* Juárez-López *et al.* (2011) hicieron aplicaciones de fósforo en precosecha para observar su efecto en aspectos poscosecha y encontraron que en la variable transpiración foliar en poscosecha tuvo efecto significativo.

Con base en lo anterior, en el presente trabajo se planteó como objetivo evaluar diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner sobre el crecimiento y calidad de *Lisianthus*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en invernadero dentro de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada en Texcoco, México. Se consideraron dos épocas del año (otoño-invierno 2013-2014 y verano-otoño 2014). La temperatura promedio en otoño-invierno fue 7 ± 2 ° C y 17 ± 2 ° C en verano-otoño, durante la noche, y 30 ± 2 ° C, y 35 ± 3 ° C, durante el día para cada época respectivamente. La luminosidad fue $599.4-999 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ en otoño-invierno y $799.2-1198.8 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ en verano-otoño. Se utilizó el cultivar Mariachi Blue, la cual fue establecida en sistema hidropónico abierto en el que se utilizó tezontle rojo como sustrato y como contenedor se emplearon macetas de 12 L, el trasplante se realizó cuando las plantas tenían tres pares de hojas verdaderas y una altura promedio de 2 cm, con una densidad de planta de $3 \text{ plantas} \cdot \text{m}^2$; se evaluó el efecto de cuatro concentraciones (50 %, 75 %, 100 % y 125 %) de la solución nutritiva de Steiner. Para establecer el experimento se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones, en el cual se consideró una planta como unidad experimental.

Las variables evaluadas fueron altura de planta, diámetro del tallo (a 5 cm de la base del tallo), número de brotes cada 15 días a partir del trasplante.

Adicionalmente se registró los días a cosecha, días de vida de florero, consumo de agua, pérdida de peso y número de flores abiertas.

El número de brotes se inició 30 días después del trasplante; para días a cosecha, se consideró el intervalo de tiempo transcurrido de trasplante hasta que en los tallos fueron observados 2 a 3 flores abiertas; la vida de florero consistió en registrar los días transcurridos desde el momento de corte del tallo hasta que el 70 % de las flores perdieron turgencia; los datos de consumo de agua y pérdida de peso fueron registrados cada tercer día a partir de la cosecha hasta que las hojas de la parte media inferior del tallo perdieron turgencia; y número de flores abiertas se consideró el total de flores abiertas durante todo el periodo de poscosecha. Las variables antes citadas fueron evaluadas mediante un análisis de varianza y prueba de medias (Tukey $P \leq 0.05$) mediante el programa SAS 9.0.)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La dinámica de crecimiento en *Lisianthus* 'Mariachi Blue' mostró diferencias estadísticas significativas en la mayoría de las evaluaciones excepto a los 0 y 105 días después del trasplante en la otoño-invierno, y en verano-otoño todos los tratamientos evaluados mostraron diferencias estadísticas en todas las evaluaciones realizadas (Cuadro 1). Tanto en otoño-invierno como en verano-otoño, las plantas con mayor altura fueron las que crecieron con solución nutritiva de 50, 75 y 100 % de concentración, estos tratamientos fueron estadísticamente iguales con respecto al tratamiento de 125 %.

Durante el ciclo de producción en otoño-invierno, todos los tratamientos tuvieron un comportamiento similar del crecimiento durante los tres primeros meses, después de los 105 días del trasplante, se observó que el tratamiento de 125 % mostró menor altura con respecto a los otros tratamientos.

En verano-otoño los tratamientos estadísticamente iguales fueron los de 50, 75 y 100 (Cuadro 1).

Para la temporada verano-otoño el incremento de altura fue más rápida, en comparación con lo observado en otoño-invierno, lo cual tiene relación con la magnitud de las temperaturas registradas que fluctuaron entre 15-38 ° C y 5-32 ° C, respectivamente. Estos resultados concuerdan con los encontrados por De La Riva *et al.* (2013) quienes en un estudio realizado en *Lisianthus* 'Mariachi Blue' obtuvieron una longitud de vara de 58.69 cm.

La variación en altura de planta de una temporada a otra fue de 2 ± 1 cm, alcanzando mayor altura en otoño-invierno; el tratamiento que alcanzó mayor altura al final del ciclo de producción fue la concentración de 75 % en ambas épocas evaluadas y el tratamiento donde se tuvo menor altura fue en 125 %, con una diferencia de 10 ± 1 cm entre estos tratamientos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Altura de planta en dos épocas del año en el cultivo de Lisianthus, bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.

		Días después del trasplante									
TRA		0	15	30	45	60	75	90	105	120	135
		Altura (cm)									
OTOÑO-INVERNO	50	2.36a ^z	7.56ab	9.72 bc	11.98ab	18.26ab	26.08ab	31.88ab	43.30a	52.58ab	58.54 b
	75	2.80a	8.54a	11.82a	14.32a	21.72a	30.06a	36.86a	45.85a	56.56a	62.38a
	100	2.28a	7.04 b	8.80 c	10.77 b	17.06 b	24.06 b	30.12 b	40.22a	50.04 b	61.02ab
	125	2.70a	8.46a	11.24ab	13.62a	20.14ab	27.42ab	33.10ab	41.02a	48.08 b	53.52 c
	CV	24.28	14.59	14.87	16.30	15.71	13.43	13.61	12.30	9.50	5.20
	DMSH	0.74	1.38	1.86	2.48	3.65	4.35	5.40	6.31	5.93	3.69
VERANO-OTOÑO	50	3.22a	7.21a	15.33a	25.68ab	38.44ab	51.92a	60.05a			
	75	2.97a	8.10a	18.16a	30.04a	41.76a	53.10a	60.08a			
	100	3.43a	6.34 b	16.33a	26.55a	38.57a	50.22a	58.68a			
	125	1.91 b	5.66 b	11.60 b	20.19 b	30.72 b	41.42 b	52.18 b			
	CV	26.46	19.47	25.68	18.42	15.99	10.21	6.84			
	DMSH	0.97	1.67	4.96	5.98	7.77	6.45	5.09			

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas y en cada época, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. ^{NS}, *, **: No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$, respectivamente. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación en %.

Cuadro 2. Número de hojas por planta en dos épocas del año en el cultivo de Lisianthus, bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.

		Días después del trasplante									
	TRA	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135
OTOÑO-INVIERNO	50 %	6.80a	11.20a	12.40a	14.00a	23.00a	30.80a	45.20a	74.80ab	100.80ab	137.40ab
	75 %	7.20a	11.20a	13.20a	14.40a	22.20a	31.80a	54.80a	82.20a	124.20a	155.40a
	100 %	6.60a	10.60a	13.00a	13.60a	18.60a	28.00a	45.00a	64.60 b	91.60 b	111.80 bc
	125 %	6.60a	11.60a	13.00a	14.20a	21.60a	33.20a	51.80a	65.00 b	82.60 b	102.80 c
	CV	14.70	13.54	12.39	12.12	24.74	24.92	19.33	16.61	20.27	20.28
	DMSH	1.20	1.82	1.92	2.05	6.37	9.29	11.46	14.34	24.37	30.99
VERANO-OTOÑO	50 %	7.20a	13.40ab	29.00ab	47.00ab	70.40ab	97.40ab	123.40a			
	75 %	6.20a	13.60a	30.00a	44.60ab	64.60ab	108.20a	120.40ab			
	100 %	7.40a	13.60a	29.00ab	48.80a	75.00a	107.20a	129.40a			
	125 %	6.40a	11.20 b	24.60 bc	38.40ab	55.00 b	78.60 b	96.80 b			
	CV	19.44	12.56	13.98	19.13	22.78	17.20	15.89			
	DMSH	1.71	2.05	4.83	10.54	18.57	20.82	23.65			

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas y en cada época, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. ^{NS}, *, **: No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$, respectivamente. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación en %.

El número de hojas, en otoño-invierno, no se observó diferencias estadísticas entre tratamientos desde el trasplante hasta los 90 días, sin embargo, a los 105 días después del trasplante el mejor tratamiento con 82 hojas por planta fue el de 75 % de concentración (Cuadro 2).

Para verano-otoño, después de los 15 días del trasplante hasta el final del ciclo se observó diferencia significativa entre tratamientos, los tratamientos de 50, 75 y 100 % fueron estadísticamente iguales.

De una época a otra se observó una diferencia de 25 ± 1 hojas, con mayor cantidad en otoño-invierno. El tratamiento que tuvo menor número de hojas fue el de 125 % en ambas épocas evaluadas, los resultados obtenidos en esta trabajo fueron superiores en 35.26 y 27 % a los obtenidos por Camargo *et al.* (2004) quienes en un ensayo registraron un promedio de 76 hojas por planta en *Lisianthus* 'Echo' y mencionan que el número de hojas por vara en *Lisianthus* y la longitud el tallo son aspectos muy importantes para la atracción visual del consumidor, considerando así estas características como parte de un conjunto de distintivos que definen la calidad de la planta.

La aparición de brotes inició a los 30 días después del trasplante en los dos ensayos (Cuadro 3), lo cual coincidió con lo reportado por Melgares (1996) quién observó que treinta días después del trasplante comienza la aparición de brotes o tallos secundarios. En número de brotes, no hubo diferencias estadísticas significativas en otoño-invierno, y en el caso del segundo ciclo (verano-otoño) solamente hubo diferencias estadísticas para los 30 y 45 días después del

trasplante, alcanzando el número más alto en 75 y 100 % (5.7 y 5.9 respectivamente).

Cuadro 3. Número de brotes por planta en dos épocas del año en el cultivo de Lisianthus, bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.

		Días después del trasplante							
	TRA	30	45	60	75	90	105	120	135
OTOÑO-INVIerno	50	3.30a ^z	4.60a	6.00a	7.50a	9.70a	11.50a	16.40a	19.10a
	75	2.90a	4.40a	5.20a	7.60a	9.80a	11.90a	15.80a	20.70a
	100	2.80a	4.80a	5.90a	7.00a	9.40a	11.60a	15.90a	19.80a
	125	2.90a	4.50a	5.70a	7.90a	9.90a	11.50a	15.80a	18.40a
	CV	25.97	23.86	22.38	18.02	17.60	18.20	17.34	12.29
	DMSH	0.93	1.31	1.53	1.62	2.05	2.53	3.33	2.88
VERANO-OTOÑO	50	3.10 bc	3.90 c	5.70a	8.50a	9.00a			
	75	4.70a	5.70ab	6.10a	8.30a	9.50a			
	100	3.90ab	5.90a	6.60a	8.60a	9.10a			
	125	3.40 bc	4.40 bc	5.40a	7.60a	8.40a			
	CV	18.57	22.71	21.57	24.29	21.33			
	DMSH	0.84	1.39	1.62	2.56	2.45			

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas y en cada época, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **NS**, *****, ******: No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$, respectivamente. **TRA**= Tratamiento; **DMS**: Diferencia mínima significativa; **CV**= Coeficiente de variación en %.

El número de brotes por planta fue en aumento al transcurrir los días del ciclo de producción. En el ciclo otoño-invierno no se observó diferencia entre tratamientos; sin embargo, en la temporada verano-otoño si bien se observa el mismo comportamiento a partir de los 60 días, en las dos primeras evaluaciones

se observó que los tratamientos con 75 y 100 % de concentración favorecieron la expresión de esta variable (Cuadro 3).

El diámetro del tallo fue similar al final del ciclo, en ambas temporadas (Cuadro 4). A los 30, 45, 75, 90 y 105 días después del trasplante hubo diferencias estadísticas significativas en la temporada otoño-invierno.

En verano-otoño se presentaron diferencias estadísticas significativas a los 15, 30, 45, 60 y 75 días después del trasplante (Cuadro 4).

Cuadro 4. Diámetro del tallo en dos épocas del año en el cultivo de *Lisianthus*, bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, en Chapingo, México.

		Días después del trasplante								
		15	30	45	60	75	90	105	120	135
TRA		Diámetro (mm)								
OTOÑO-INVIerno	50 %	2.06a ^z	2.66ab	3.06a	3.38a	4.11a	5.45a	6.42a	7.36a	8.02a
	75 %	1.98a	2.36 b	2.87ab	3.31a	4.08a	5.73a	6.27ab	7.46a	7.84a
	100 %	1.95a	2.42ab	2.81 b	3.50a	4.15a	5.58a	6.43a	7.42a	8.01a
	125 %	1.89a	2.46ab	2.70 b	3.31a	3.59 b	4.62 b	5.65 b	7.11a	7.62a
	CV	9.77	9.30	6.41	5.02	7.89	9.15	8.86	10.14	5.23a
	DMSH	0.23	0.27	0.22	0.20	0.37	0.58	0.66	0.89	0.49
VERANO-OTOÑO	50 %	2.26 bc	3.18a	4.90a	5.98ab	6.54ab	8.19a			
	75 %	2.50ab	3.19a	4.68a	6.60a	6.70ab	7.72a			
	100 %	2.76a	3.10a	4.52a	5.57 bc	6.34ab	8.23a			
	125 %	2.03 c	2.57 b	3.70 b	4.99 c	6.10 b	7.63a			
	CV	8.77	10.47	10.17	10.35	8.54	6.63			
	DMSH	0.27	0.41	0.58	0.77	0.71	0.67			

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas y en cada época, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. NS, *, **: No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$, respectivamente. TRA= Tratamiento; DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; CV= Coeficiente de variación en %.

Desde el momento del trasplante hasta el corte de los tallos se observa que los resultados obtenidos en ambas temporadas presentaron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Días a cosecha en los ciclos otoño-invierno (2013-2014) y verano-otoño (2014), en diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.

TRA	Otoño-Invierno	Verano-Otoño
Días a cosecha (Días)		
50 %	140.50a ^z	91.50 c
75 %	135.00 b	91.25 c
100 %	144.00a	95.75 b
125 %	140.50a	111.00a
CV	2.04	0.86
DMSH	5.99	1.77

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. ^{NS}, *, **: No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$, respectivamente. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación en %.

El tratamiento que se cosechó primero fue el de 75 % con una variación de 44 días, de un periodo a otro (Cuadro 5). En general todos los tratamientos evaluados duraron en promedio 140 días en la cosecha de otoño invierno, y en cuanto al segundo periodo (verano-otoño) todos los tratamientos duraron 95 días en promedio para la cosecha. Camargo *et al.* (2004) en un estudio realizado sobre el crecimiento y absorción de nutrientes obtuvieron un ciclo productivo de 120 días. Para la evaluación realizada en otoño-invierno el tratamiento con mayor

número de días a cosecha fue el de 100 % y en verano-otoño fue el de 125 % (Cuadro 5). Los resultados obtenidos coinciden con Melgares (1996) quién señala que el cultivo de *Lisianthus* desde el trasplante hasta la floración tiene un promedio de 90 a 120 días dependiendo de la variedad y época de plantación.

La longevidad de la flor en los dos ciclos (Cuadro 6), mostró diferencia estadística significativa, en otoño-invierno el tratamiento con mayor vida de florero fue la concentración de 125 % y el que presentó menor número de días fue el tratamiento de 50 %, teniendo una diferencia de 2 días. En el ciclo de verano-otoño el tratamiento con más días de vida de florero la concentración de 100 % y el de menor vida de florero fue el tratamiento de 125 %, con una diferencia de 3 días, por lo que la variación de días entre una temporada y otra fue muy baja. En este trabajo se obtuvieron resultados de 18 a 24 días de duración en florero, mostrando una diferencia muy alta con los resultados derivados de una investigación realizada por Cho *et al.* (2001) quienes al hacer un estudio de calidad poscosecha de *Lisianthus* 'Heidi Pink' encontraron una duración de florero de 6 días. Por su parte Sharifzadeh *et al.* (2014) mencionan que flores *Lisianthus* Mariachi 'Pink' al colocarlas solamente en agua destilada tuvieron una duración de 8.3 días, es importante mencionar que la nutrición precosecha tiene un papel importante en los parámetros de calidad, como señalan Juárez-López *et al.* (2011). Por su parte Ramírez *et al.* (2010) en *Tulipa sp.*, encontraron que con una relación K^+/Ca^{++} 8.5 /9.0 se obtuvo mayor altura en tallos florales y mayor vida de florero.

Cuadro 6. Vida de florero en los ciclos otoño-invierno (2013-2014) y verano-otoño (2014), con diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner durante el desarrollo del cultivo, Chapingo, México.

	Otoño-Invierno	Verano-Otoño
TRA	Vida de florero (Días)	
50 %	22.50 b	19.50ab
75 %	23.00 b	20.67a
100 %	23.67ab	21.17a
125 %	24.33a	18.00b
CV	3.34	5.48
DMSH	1.26	1.75
TRA	3.82**	11.89**

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **NS**, *, **: No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$, respectivamente. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación en %.

En la figura 1, se muestra la pérdida de peso en poscosecha. En los primeros días el peso mostró una tendencia a incrementarse en todos los tratamientos evaluados, como se observa verano-otoño el máximo peso se alcanzó al tercer día de evaluación y posteriormente descendió hasta el final de la evaluación, coincidiendo con Sharifzadeh *et al.* (2014) quienes realizaron un estudio con diferentes soluciones preservantes en Mariachi 'Pink' y observaron que los tallos que no fueron tratados con soluciones pulso alcanzaron su máximo peso al tercer día poscosecha, posteriormente el peso disminuyó. Por su parte, Cruz-Crespo *et al.* (2006) realizaron un estudio en Lisianthus 'Echo Blue' en el cual encontraron

resultados similares, donde los primeros días de evaluación poscosecha hay ganancia de peso y después del cuarto día el peso comienza a disminuir.

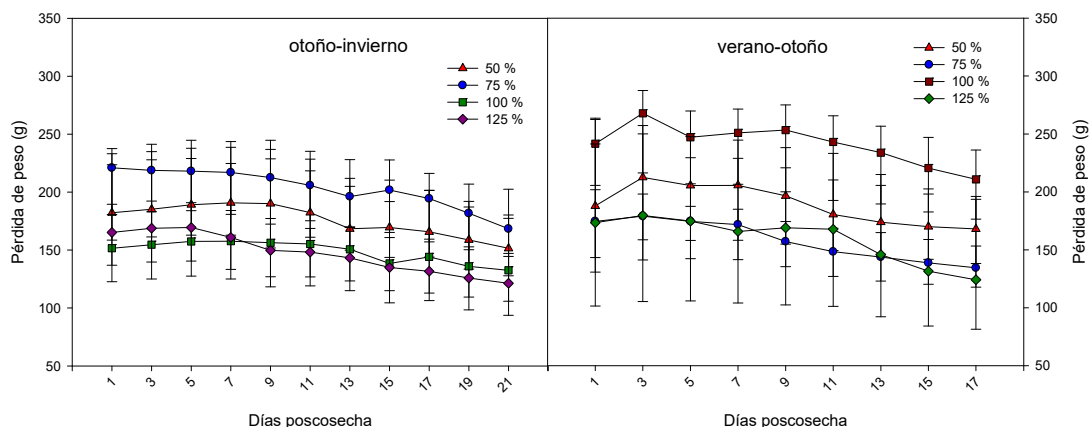


Figura 1. Pérdida de peso en poscosecha de flores de Lisianthus, en dos épocas del año, con diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, durante el desarrollo; Chapingo, México.

El tratamiento en el que se observó mayor peso, en el periodo de otoño-invierno, fue el de 75 %, con un peso de 210.92 g (Figura 1). En el ciclo de verano-otoño el tratamiento con mayor peso fue el de 100 % (251.95 g). Por su parte De La Riva *et al.* (2013) en un estudio realizado en Lisianthus ‘Mariachi Blue’ obtuvieron un peso de 49 g por vara.

El consumo de agua en los primeros días de evaluación tendió a incrementarse y después del tercer día comenzó a disminuir hasta el final de la evaluación en los dos periodos (Figura 2).

El consumo de agua en la mayoría de los días evaluados mostró diferencias estadísticas significativas; el tratamiento de 75 % tuvo mayor consumo de agua, con una variación de 17 ml respecto del tratamiento de 125 % que fue el más bajo. Para el periodo de verano-otoño el tratamiento que alcanzó el mayor

consumo fue el de 50 % y el tratamiento que consumió menor cantidad de agua fue el de 125 % (Figura 2).

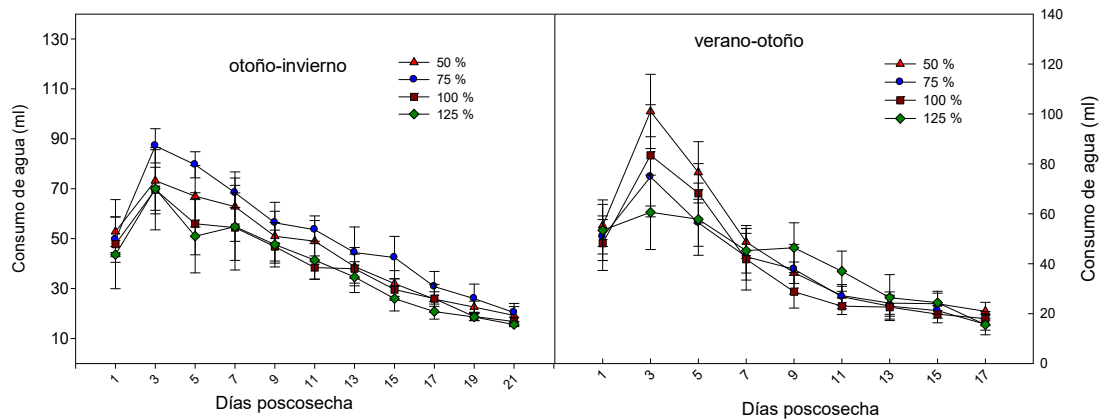


Figura 2. Consumo de agua en poscosecha de tallos florales de Lisianthus, en dos épocas del año, con diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, durante el desarrollo, Chapingo, México.

En cuanto a número de flores abiertas (Cuadro 7) para ambos periodos de evaluación se obtuvieron diferencias estadísticas significativas, el tratamiento con mayor número de flores abiertas al término de la evaluación poscosecha fue la concentración de 100 % con 12.8 flores para la temporada de otoño-invierno y 20.60 para la de verano-otoño.

En la época de otoño-invierno el tratamiento con menor número de flores abiertas fue el de 125 % con una diferencia de 5.8 en relación a la concentración de 100 % y en el caso de verano-otoño, la diferencia en relación a la concentración de 100 % fue de 9.6 flores. En el caso de las concentración de 75 % y 50 % para ambas épocas de producción no hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. De La Riva *et al.* (2013) al realizar un experimento con varios

cultivares de *Lisianthus Mariachi*, encontraron que el ‘Mariachi Blue’ obtuvo un número total de flores de 4.46 abiertas, resultados muy bajos comparados con este experimento.

Cuadro 7. Número de flores abiertas en los ciclos otoño-invierno (2013-2014) y verano-otoño (2014), con diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, durante el desarrollo, Chapingo, México.

TRA	Otoño-Invierno	Verano-Otoño
50 %	10.00 b ^z	12.80 c
75 %	9.20 b	16.00 b
100 %	12.80a	20.60a
125 %	7.00 c	11.00 c
CV	10.12	11.22
DMSH	1.78	3.06
TRA	28.71**	88.60**

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. ^{NS}, *, **: No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$, respectivamente. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación en %.

Cho *et al.* (2001) mencionan que una buena calidad de flor se considera cuando se tienen 10 o más flores abiertas, por lo que en la evaluación realizada en verano-otoño todos los tratamientos evaluados presentaron dicha característica (Cuadro 7).

CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que la mejor época de producción para *Lisianthus* 'Mariachi Blue' es verano-otoño; ya que los días a cosecha se reducen hasta 44 días y se logra excelente calidad de flor. Las plantas establecidas en el tratamiento de 75 % de concentración mostraron excelentes parámetros de calidad, altura de planta (60-62 cm), vida de florero (20 días), días a cosecha (91 días), número de hojas (155 hojas), número de brotes (21 brotes), consumo de agua (87 ml). En la concentración del 100 % sobresalen otros parámetros de calidad como número de flores abiertas (21 flores), peso (251g), diámetro del tallo (8 mm).

LITERATURA CITADA

- Camargo M., S.; Shimizu L., K.; Saito M., A.; Kameoka C., H.; Mello S., C.; Carmello, A. C. 2004. Crescimento e absorção de nutrientes pelo *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum*) cultivado em solo. *Horticultura Brasileira*, 22: 143-146
- Chahín A., M. G.; Verdugo R., G.; Montesinos V. A 2002. Manejo poscosecha de flores. Boletín INIA (82):5-32
- Cho, M. C., Celikel, F. C., Dodge, L. & Reid, S. M. 2001. Sucrose enhances the postharvest quality of cut flowers of *Eustoma grandiflorum* (Raf) Shinn. *Acta Horticulture*, 543: 304-31
- Cruz-Crespo, E., Arévalo-Galarza, L., Cano-Medrano, R., & Gaytán-Acuña, E. A. 2006. Soluciones pulso en la calidad poscosecha de *Lisianthus* (*Eustoma*

grandiflorum Raf.) cv. 'Echo Blue'. *Agricultura Técnica en México*, 32, (2):191-200

De La Riva-Morales, F. P., Mazuela-Águila, P. C., & Urrestarazu-Gavilán, M. 2013. Comportamiento productivo del *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum* [Raf] Shinn) en cultivo sin suelo. *Revista Chapingo serie Horticultura*, 19(2):141-150

Juárez-López, P., Sandoval-Villa, M., González-Hernández, V., & Colinas-León, M. T. 2011. Comportamiento fisiológico postcosecha de tallos florales de rosa (*Rosa hybrida* L.) en respuesta al fósforo aplicado en precosecha. *Revista Biociencias*, 1(2): 3-16

Melgares, A. C. J. 1996. El cultivo del *Lisianthus*. Primera parte. *Horticultura* 113:13-16

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

Sharifzadeh, K., Asil, M. H., Roein, Z., & Sharifzadeh, M. 2014. Effect of 8-Hidroxyquinoline citrate, sucrose and peroxidase inhibitors on vase life of *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum* L.) cut flowers. *Journal of horticultural Research*, 22: 41-47

EXTRACCIÓN DE MACRO Y MICRONUTRIMENTOS EN LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum*) 'Mariachi Blue'

MACRO AND MICRONUTRIENT EXTRACTION IN LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum*) 'Mariachi Blue'

RESUMEN

Esta investigación se realizó en un invernadero de la Universidad Autónoma Chapingo. Se evaluaron plantas de Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*), cultivadas en cinco concentraciones (25 %, 50 %, 75 %, 100 % y 125 %) de solución Steiner. El objetivo fue analizar la extracción nutrimental para determinar la cantidad asimilada en la planta de *Eustoma grandiflorum* 'Mariachi Blue' en diferentes etapas de desarrollo. Se usó un diseño completamente al azar con 3 repeticiones, la unidad experimental fue una planta y se realizó un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey. Para las variables respuesta, materia seca ($55.47 \text{ g} \cdot \text{planta}^{-1}$), peso fresco de ($290.13 \text{ g} \cdot \text{planta}^{-1}$) y área foliar (2592.1 cm^2), el tratamiento del 100 % fue significativo, los tratamientos 50, 75 y 100 % fueron estadísticamente iguales en la variable número de hojas. En el contenido de nutrimentos, el tratamiento a una concentración de 100 % fue el más alto para todos los elementos evaluados (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn). La fotosíntesis neta osciló entre $10\text{-}13 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, mientras que las unidades SPAD, varió de 73.11 a 84.92 unidades, los tratamientos de menor concentración presentaron menor unidades SPAD. Los requerimientos nutrimentales fueron fue $\text{K} > \text{N} > \text{P} > \text{Mg} > \text{Ca}$.

Palabras clave: Materia seca, nutrición mineral, contenido nutrimental.

ABSTRACT

This research was conducted in a greenhouse of University Autonomous Chapingo, plants were evaluated *Eustoma grandiflorum*, grown in five concentrations (25 %, 50 %, 75 %, 100 % and 125 %) of Steiner solution. The objective was to make nutrient extraction analysis to determine the amount absorbed by the plant *Eustoma grandiflorum* cv. Mariachi Blue at different stages of development. The experimental design was completely randomized with 3 repetitions and analysis of variance and mean comparison test of Tukey was performed. Biomass, treatment where greater response was obtained was at a concentration of 100 % ($55.47 \text{ g} \cdot \text{plant}^{-1}$), with a fresh weight of $290.13 \text{ g} \cdot \text{plant}^{-1}$ treatment at a concentration of 100 % was highly significant. As for the leaf area, treatment of 100 % was highly significant (2592.1 cm^2), for the variable number of sheets treatments 50, 75 and 100 % were statistically equal. In the nutrient content, treatment at a concentration of 100 % was the highest in all evaluated elements (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn). Net photosynthesis ranged from 10 to $13 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ in all treatments, while SPAD units varied between treatments from 73.11- 84.92 units, with the lowest concentration of the lower SPAD units. The nutritional requirements were was $\text{K} > \text{N} > \text{P} > \text{Mg} > \text{Ca}$.

Key words: Biomass, mineral nutrition, nutritional content.

INTRODUCCIÓN

El análisis tejido vegetal se encuentra entre las mejores guías para utilizar de manera inteligente y eficiente los fertilizantes y las enmiendas del suelo. Es una herramienta importante para conocer el estado nutrimental de las plantas, particularmente en el desarrollo de programas de fertilización, por lo que ayuda a mejorar no sólo el rendimiento sino el tamaño y la calidad (Salazar-García y Lazcano-Ferrat, 1999). Las recomendaciones que se obtienen del análisis de tejidos, dependen del muestreo, el análisis y la interpretación precisa basados en investigaciones válidas, experiencia basada en la práctica y un buen juicio (CHPA, 2008). Las curvas de extracción permiten el conocimiento de la demanda de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo, indicando así la época de mayor absorción, permitiendo de esta manera la eficiencia en la aplicación de fertilizantes, estas curvas son conocidas en el ámbito agrícola principalmente en hortalizas, en ornamentales es poco estudiado; nochebuena de sol (Galindo-García *et al.*, 2015); crisantemo (Valdez-Aguilar *et al.*, 2015).

Ribeiro *et al.* (2015), realizaron un diagnóstico del estado nutricional de plantas de *Lisianthus*, mediante el medidor de SPAD, para determinar el contenido de nitrógeno en hojas. López-Pérez *et al.* (2014), estudiaron el comportamiento del calcio respecto a la tolerancia a alta conductividad eléctrica en plantas de *Lisianthus*, y encontraron que las plantas de *Lisianthus* tolera niveles altos de salinidad solo si se adicionan cantidades suplementarias de Ca; Craciun, y Bala (2015), trabajaron con cuatro cultivares de *Lisianthus* para observar la dinámica de crecimiento con la aplicación de cuatro fertilizantes orgánicos y observaron

que los fertilizantes orgánicos incrementaron hasta en un 33% el crecimiento en etapa vegetativa.

De acuerdo con lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo analizar la extracción nutrimental de *Eustoma grandiflorum* 'Mariachi Blue' para determinar la cantidad asimilada por planta en diferentes etapas de desarrollo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un invernadero de la Universidad Autónoma Chapingo, se utilizaron plantas de *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum*) 'Mariachi Blue' provenientes de semilla, se estableció en un sistema hidropónico abierto, donde se utilizó tezontle rojo como sustrato. El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones, considerando una planta como unidad experimental. La época de producción fue en verano-otoño y las temperaturas dentro del invernadero fueron de 17 ± 2 a 35 ± 3 ° C, y la luminosidad de $799-1198.8 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

El trasplante se realizó cuando las plántulas tenían de 6-8 hojas verdaderas (90 días después de la siembra), en macetas de 12 L, las concentraciones de solución nutritiva se realizaron de acuerdo a lo propuesto por Stenier (1984). La distancia entre hileras fue de 0.82 m entre hileras y 0.40 m entre plantas, con una densidad de 3 plantas·m².

Se realizaron muestreos quincenales después de los treinta días de trasplante hasta la cosecha de los tallos florales, con un total de 5 muestreos; en los que se cuantificó número de hojas, área foliar, peso fresco y materia seca. Estas

variables se determinaron mediante muestreos destructivos, el área foliar se midió con un integrador de área foliar de rodillo LI-COR modelo LI-3100, y después se cuantificó el peso fresco, posteriormente se colocó en una estufa de aire forzado a 72 °C por 48 horas, después se pesó en una balanza analítica electrónica Mettler® AJ150 y así se determinó la materia seca. A partir de una mezcla de materia seca de todos los órganos de la parte aérea (hojas, tallo y flores) se realizó la determinación del contenido (%) de macronutrientes y micronutrientes (ppm) en el Laboratorio Central de la Universidad Autónoma Chapingo. El contenido de N se determinó por el método MicroKjedahl (Bremner, 1996) y P, K, Ca y Mg (método de espectrometría de absorción atómica por inducción acoplada, ICP), por este último método se determinó el contenido de Fe, Zn, y Mn. El contenido de cada uno de los nutrientes (g en macronutrientes y mg en micronutrientes) se determinó en base al contenido de biomasa total en cada muestreo. La actividad fotosintética ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) se midió cada 21 días con el equipo Handheld Photosynthesis System modelo CI-340 (cuatro muestreos), en hojas maduras de la parte media de la planta; las unidades SPAD se tomó con un medidor SPAD 502 PLUS MINOLTA en hojas maduras de la parte media de la planta, cada 15 días después de los 30 días de haber realizado el trasplante. Se realizó análisis de varianza y comparaciones de medias (Tukey, $P \leq 0.05$) con el paquete estadístico SAS 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La acumulación de materia seca mostró diferencias significativas durante el ciclo. El mejor tratamiento fue el de 100 % de concentración. El tratamiento del 75 % de concentración mostró excelentes resultados hasta los 60 días después del trasplante, comparados con obtenidos a concentraciones de 25 y 125 % posteriormente decreció considerablemente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Acumulación de materia seca en la parte aérea, en plantas de *Lisianthus* cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.

TRA	Días después del trasplante				
	30	45	60	75	90
	g·planta ⁻¹				
25 %	0.39 c ^z	2.33 b	2.43 c	17.26 bc	43.50ab
50 %	0.53 b	3.10a	4.67 b	20.40ab	52.40a
75 %	0.65a	3.17a	7.43a	12.95 cd	43.43ab
100 %	0.72a	3.00ab	7.30a	22.20a	55.47a
125 %	0.55 b	2.60ab	3.00 c	10.60 d	33.50 b
CV (%)	5.56	9.00	7.14	10.30	13.93
DMSH	0.08	0.68	0.95	4.61	17.10

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

A los 30 días del trasplante, los tratamientos con concentraciones de 75 y 100 % fueron estadísticamente mayores. Cuarenta y cinco días después del trasplante,

los tratamientos de 50 y 75 % fueron estadísticamente iguales (con la mayor acumulación de biomasa). Dos meses después del trasplante los tratamientos con mayor materia seca fueron los tratamientos de 75 y 100 % de concentración (Cuadro 1).

En la evaluación realizada a los 75 días después del trasplante el tratamiento con mayor acumulación de materia seca fue al 100 % de concentración y al finalizar el ciclo de producción (90 ddt) los tratamientos con mayor materia seca fueron los de 50 y 100 % (Cuadro 1). La acumulación de materia seca incrementó a los 75 (300 % que a los 60 días) y 90 días (en un 200 % que a los 75 días) del trasplante (etapa reproductiva); estos resultados coinciden con lo encontrado por Galindo-García *et al.* (2015) quienes reportaron que la acumulación de materia seca se incrementó en la etapa inductiva y desarrollo de brácteas (en un 60 y 75.7 % respectivamente) en plantas de nochebuena de sol.

El contenido de materia seca en el tratamiento de 125 % de concentración es baja, durante todo el ciclo de producción, sin embargo esta característica es más notoria después de los 60 días del trasplante, López-Pérez *et al.* (2014), observaron una disminución en el peso seco de todos los órganos de *Eustoma grandiflorum*, al incrementarse la conductividad eléctrica en la solución, por lo que esta especie no es tolerante a la salinidad.

El peso fresco mostró diferencias significativas a los 60, 75 y 90 días después del trasplante (Cuadro 2). A lo largo del ciclo de producción el tratamiento de 100 % de concentración fue el que presentó mayor peso fresco, el tratamiento de 75 %

tuvo un comportamiento similar hasta los 60 días, después decreció (75 y 90 días después del trasplante).

Cuadro 2. Peso fresco por planta de Lisianthus, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México

	Días después del trasplante				
	30	45	60	75	90
TRA	(g·planta ⁻¹)				
25 %	3.96ab ^z	17.90ab	24.40 c	109.50a	217.47 bc
50 %	4.20ab	22.93a	41.67 b	115.13a	249.87 b
75 %	4.28ab	21.76ab	57.33a	72.59b	202.00 cd
100 %	4.93a	20.50ab	55.83a	118.63a	290.13a
125 %	3.52 b	17.70 b	27.30 c	70.00 b	181.48 d
CV (%)	10.81	9.33	4.76	8.82	5.78
DMSH	1.21	5.05	5.28	23.05	35.44

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

Al mes del trasplante las concentraciones de 25, 50, 75 y 100 % generaron en las plantas un peso similar, donde el tratamiento de 100 % de concentración fue significativo. A los 45 días después del trasplante el tratamiento con mayor peso fue a una concentración de 50 %, seguido por el tratamiento de 75 y 100 % (Cuadro 2).

Dos meses después del trasplante los tratamientos de 75 y 100 % fueron los de mayor peso y estadísticamente iguales; A los dos meses y medio del trasplante las plantas de los tratamientos de 25, 50 y 100 % fueron las de mayor peso; y al final del ciclo, el mejor tratamiento fue el de 100 % (Cuadro 2).

En el cuadro 3, se presentan los datos de área foliar mostrando diferencias significativas en todos los días evaluados. En general durante todo el ciclo, el tratamiento de 100 % de concentración en el que se encontró mayor área foliar, seguido por el tratamiento de 50 %.

Cuadro 3. Área foliar por planta de Lisianthus, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo México.

TRA	Días después del trasplante				
	30	45	60	75	90
	Área foliar (cm ²)				
25 %	31.88 c ^z	387.11 b	527.90 c	1575.52abc	1883.5 b
50 %	35.68 c	524.90a	869.21 b	1811.64a	2470.70ab
75 %	47.58a	485.21ab	1137.94a	1470.39 bc	2178.4abc
100 %	43.09 b	491.23ab	1191.67a	1788.31ab	2592.1a
125 %	35.37 c	398.62 b	549.92 c	1389.53 c	1875.3 b
CV (%)	4.27	9.22	6.58	7.53	10.66
DMSH	4.45	113.26	151.46	325.28	630.51

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

Al mes del trasplante el tratamiento donde hubo mayor área foliar fue a una concentración del 75 %, estadísticamente fue el mejor tratamiento en esa evaluación; a los 45 días después del trasplante, el tratamiento del 50 % tuvo mayor área foliar (Cuadro 3).

Dos meses después del trasplante, los tratamientos del 75 y 100 % mostraron mayor área foliar. Al final del ciclo de producción el mejor tratamiento fue el de 100 %; estos resultados coinciden con los encontrados por Hernández-Pérez *et al.* (2015), quienes al modificar el contenido de nitratos y amonio en la solución nutritiva observaron que hubo mayor área foliar donde se utilizó una solución al 100 %.

La variable número de hojas, presentó diferencias significativas, después de un mes del trasplante, donde el mejor tratamiento fue el de 100 % (Cuadro 4).

A los 45 días después del trasplante, los tratamientos 50, 75 y 100 % fueron estadísticamente iguales con 48 ± 3 hojas; Dos meses después del trasplante el tratamiento con mayor número de hojas fue el de la concentración del 100 % con 82 hojas por planta (Cuadro 4).

Después del día 75 del trasplante el tratamiento del 100 % fue que mostró mayor número de hojas, y al final del ciclo los tratamientos 50, 75 y 100 % fueron estadísticamente iguales (Cuadro 4).

Cuadro 4. Número de hojas promedio por planta de Lisianthus, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.

TRA	Días después del trasplante				
	30	45	60	75	90
	Número de hojas				
25 %	14.67a ^z	38.00 b	59.33 c	89.33 b	109.33 b
50 %	15.33a	51.33a	70.00 b	100.00ab	123.33a
75 %	16.00a	50.00a	68.67 b	104.66ab	121.33a
100 %	16.00a	48.00a	82.66a	112.67a	127.33a
125 %	13.66a	40.00 b	64.67 bc	94.67 b	101.33 b
CV (%)	6.67	4.95	4.16	5.87	3.22
DMSH	2.77	6.04	7.72	15.82	10.10

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

Extracción nutrimental

El contenido de Nitrógeno en plantas de Lisianthus mostró diferencias significativas a los 30, 60 y 75 días después del trasplante (Cuadro 5). Las plantas de los tratamientos con mayor contenido de Nitrógeno en las primeras evaluaciones (hasta los dos meses después del trasplante) fueron los de 75 y 100 %; a los 75 y 90 días después del trasplante los tratamientos con mayor contenido de nitrógeno fueron los de 50 y 100 % (Cuadro 5).

Cuadro 5. Contenido de nitrógeno en plantas de Lisianthus, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.

	Días después del trasplante				
	30	45	60	75	90
TRA	g de N-planta ⁻¹				
25 %	0.0156 c ^z	0.0859a	0.0808 c	0.4156ab	0.9910ab
50 %	0.0212 bc	0.1199ab	0.1725ab	0.5808a	1.2469a
75 %	0.0255ab	0.1336a	0.2543a	0.3143 b	1.0746ab
100 %	0.0301a	0.1195ab	0.2330a	0.5455a	1.2358a
125 %	0.0213 bc	0.1052ab	0.1058 bc	0.2856 b	0.7333 b
CV (%)	9.52	15.04	18.36	15.47	13.43
DMSH	0.0058	0.0456	0.0835	0.1781	0.3814

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

A los 75 y 90 días (etapa inductiva-reproductiva) hay un incrementó en el contenido de nitrógeno, estos resultados están calculados en base al contenido de biomasa (Cuadro 1), coincidiendo con Valdez-Aguilar *et al.* (2015) quienes reportaron mayor acumulación de N en los últimos 30 días del ciclo en plantas de crisantemo.

El contenido de fósforo mostró diferencias significativas a los 30, 60, 75 y 90 días después del trasplante (Cuadro 6).

Cuadro 6. Contenido de fósforo en plantas de Lisianthus, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.

	Días después del trasplante				
	30	45	60	75	90
TRA	g de P·planta ⁻¹				
25 %	0.00133 c ^z	0.00765a	0.00797 d	0.03697 b	0.10018 b
50 %	0.00186 bc	0.01038a	0.01483 bc	0.04680ab	0.13240ab
75 %	0.00222ab	0.01059a	0.01913 b	0.03092 b	0.11478ab
100 %	0.00260a	0.01064a	0.02425a	0.05747a	0.16527a
125 %	0.00192 b	0.00914a	0.00977 cd	0.02901 b	0.08857 b
CV (%)	10.76	13.34	15.95	18.04	19.18
DMSH	0.0006	0.0035	0.0065	0.0195	0.0620

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

El mejor tratamiento durante el ciclo de producción fue el de 100 % (Cuadro 6). A los 60 días del trasplante el contenido de fósforo fue de 0.02425 g·planta⁻¹, resultados similares a los encontrados por Hernández-Pérez *et al.* (2015), quienes reportaron 0.01937 g·planta⁻¹ al final del ciclo del Lisianthus ‘ABC Blue’ con un total de 8 g·planta⁻¹ de materia seca. El contenido de fosforo fue incrementando hasta al final del ciclo de producción, con 0.16527 g·planta⁻¹ en el tratamiento del 100 % de concentración (a los 90 días después del trasplante) (Cuadro 6).

El contenido de potasio en la planta fue estadísticamente significativo a los 30, 60 y 75 días después del trasplante (Cuadro 7). Este contenido fue incrementando en todos los tratamientos al transcurrir los días después del trasplante.

Cuadro 7. Contenido de potasio en plantas de Lisianthus, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.

	Días después del trasplante				
	30	45	60	75	90
TRA	g de K·planta ⁻¹				
25 %	0.0181 b ^z	0.0857a	0.0902 c	0.4607 b	1.7715a
50 %	0.0222 b	0.1156a	0.1543 b	0.6154a	2.1534a
75 %	0.0272ab	0.1002a	0.2596a	0.3827 bc	1.7441a
100 %	0.0346a	0.1089a	0.2609a	0.6100a	2.2564a
125 %	0.0229ab	0.0899a	0.0949 c	0.3792 c	1.4580a
CV (%)	18.01	13.05	12.08	6.16	23.20
DMSH	0.0121	0.0351	0.0558	0.0811	1.17

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

El tratamiento con mayor contenido potasio fue el de 100 %, seguido por el de 75 % (Cuadro 7), considerando que este contenido se obtiene en base a materia seca los resultados son similares con Hernández-Pérez *et al.* (2015), quienes obtuvieron 0.17625 g·planta⁻¹ al final del ciclo en plantas de *Eustoma*

grandiflorum 'ABC Blue' con 8 g·planta⁻¹ de materia seca, resultados obtenidos entre los 45 y 60 días después del trasplante en este cultivar (Mariachi Blue).

Los tratamientos 75 y 100 % no presentaron diferencias en los contenidos de este nutrimento dos meses de evaluación, posteriormente el tratamiento del 75 % de concentración decreció. La acumulación de potasio fue mayor en el último mes de evaluación (Cuadro 7), coincidiendo con Valdez-Aguilar *et al.* (2015), quienes trabajaron con plantas de crisantemo cv. Indianápolis White y encontraron que en el último mes de evaluación hubo mayor incremento de potasio.

El contenido de calcio en las plantas de *Lisianthus*, muestra diferencias significativas a los 30, 60, 75 y 90 días después de trasplante.

El tratamiento con mayor contenido de calcio (Cuadro 8) durante el ciclo de producción fue el de 100 %, el tratamiento de 75 % tuvo un comportamiento similar hasta los dos meses de evaluación, después a los 75 y 90 días el tratamiento con ligera diferencia con respecto al mayor fue el tratamiento del 50 %. En un trabajo realizado por Hernández-Pérez *et al.* (2015), con una solución del 100 % reportaron 0.02057 g·planta⁻¹ en plantas de *Lisianthus* 'ABC Blue', considerando que obtuvieron un total de 8 g·planta⁻¹ de materia seca, son resultados similares en este ensayo a los 60 días en el tratamiento de 75 %.

Cuadro 8. Contenido de calcio en plantas de *Lisianthus*, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.

TRA	Días después del trasplante				
	30	45	60	75	90
	g de Ca·planta ⁻¹				
25 %	0.00067 c ^z	0.00427 b	0.00546 c	0.03804a	0.06584a
50 %	0.00083 bc	0.00551ab	0.00920 bc	0.03284ab	0.06815a
75 %	0.00104ab	0.00590ab	0.01933a	0.02192 bc	0.05007a
100 %	0.00127a	0.00731a	0.01645ab	0.04457a	0.06556a
125 %	0.00090 bc	0.00519ab	0.00500 c	0.01607 c	0.05502a
CV (%)	10.12	14.58	27.36	15.71	16.42
DMSH	0.0003	0.0022	0.0082	0.0130	0.0269

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

Con respecto al contenido de magnesio en las plantas de *Lisianthus* (cuadro 9), se encontraron diferencias significativas en todas las evaluaciones realizadas.

El tratamiento que mostró mayor contenido de magnesio (Cuadro 9), fue el de 100 %; la concentración de magnesio fue incrementando al paso del tiempo, por lo que a los 75 días del trasplante se tuvo 0.04280a g·planta⁻¹, resultados similares a los encontrados por Hernández-Pérez *et al.* (2015), quienes reportaron 0.03965 g·planta⁻¹ de magnesio en plantas de *Eustoma* 'ABC Blue', considerando un total de materia seca de 7-8 g·planta⁻¹.

Cuadro 9. Contenido de magnesio en plantas de Lisianthus, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.

TRA	Días después del trasplante				
	30	45	60	75	90
	g Mg·planta ⁻¹				
25 %	0.00079 c ^z	0.00517a	0.00560 c	0.03760a	0.07807a
50 %	0.00102 b	0.00588a	0.00939 b	0.03710a	0.08314a
75 %	0.00122 b	0.00616a	0.01701a	0.02374 b	0.06746a
100 %	0.00147a	0.00651a	0.01662a	0.04280a	0.08556a
125 %	0.00108 b	0.00538a	0.00532 c	0.01887 b	0.06190a
CV (%)	7.46	8.71	9.27	10.28	15.79
DMSH	0.0002	0.0014	0.0027	0.0088	0.0319

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

El contenido de hierro en plantas de Lisianthus mostró diferencias significativas a los 30, 60 y 75 días después del trasplante (Cuadro 10). El tratamiento con mayor contenido de hierro fue el de 100 % en todas las evaluaciones.

El tratamiento del 25 % de concentración mostró menor contenido hasta los 60 días después del trasplante, para las dos últimas evaluaciones (75 y 90 días después del trasplante), el tratamiento que presentó menor cantidad de hierro por planta fue el tratamiento de 125 % (Cuadro 10).

Cuadro 10. Contenido de hierro en plantas de Lisianthus, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.

TRA	Días después del trasplante				
	30	45	60	75	90
	mg Fe·planta ⁻¹				
25 %	0.04772 c ^z	0.24960a	0.23957 c	1.7183 b	4.1540a
50 %	0.05642 bc	0.35560a	0.47090 b	2.3666a	5.1972a
75 %	0.06905ab	0.32667a	0.78227a	1.3181 b	5.2516a
100 %	0.08229a	0.32290a	0.78920a	2.3471a	5.5096a
125 %	0.06243 bc	0.29187a	0.32670 b	1.1704 c	3.5712a
CV (%)	10.74	16.93	11.12	10.70	22.10
DMSH	0.0184	0.1407	0.156	0.513	2.8137

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

En el cuadro 11, se muestra el contenido de Zinc; con diferencias significativas a los 60 y 75 días después del trasplante El tratamiento que presentó mayor contenido de Zinc fue el de 100 %.

A los 60 y 75 días el mejor tratamiento fue el de 100 %, 60 días después del trasplante, los tratamientos de 75 y 100 % fueron estadísticamente iguales, en el último mes de evaluación el mejor tratamiento fue el de 100 % (Cuadro 11). A los 75 días después del trasplante el mejor tratamiento fue el de 100 % con 0.72443 mg Zn·planta⁻¹, el tratamiento del 75 % fue el de más baja concentración; y al

final del ciclo el mejor tratamiento fue el de 100 % 2.2153 mg Zn·planta⁻¹, y el tratamiento de 125 % fue el que tuvo menor cantidad de Zinc con 1.3758 mg Zn·planta⁻¹.

Cuadro 11. Contenido de Zinc en plantas de Lisianthus, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner; Chapingo, México.

	Días después del trasplante				
	30	45	60	75	90
TRA	mg Zn·planta ⁻¹				
25 %	0.02006 b ^z	0.10500 b	0.10337 e	0.56260 b	1.2211a
50 %	0.03113 b	0.15230ab	0.21810 c	0.74117a	1.7318a
75 %	0.03352ab	0.15047ab	0.34207 b	0.42763 c	1.3056a
100 %	0.04648a	0.16280a	0.47927a	0.72443a	2.2153a
125 %	0.02863 b	0.13007ab	0.15597 d	0.42058 c	1.3758a
CV (%)	17.53	14.64	5.93	7.80	30.23
DMSH	0.0151	0.0551	0.0414	0.1206	1.2754

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

El Manganeseo y zinc están involucrados en actividades de hidrolasas; hierro, manganeso y zinc en actividades de liasas. Los micronutrientes esencialmente realizan funciones catalíticas en una de las siguientes formas: actúan como un puente entre el sustrato y la enzima para formar un complejo activo intermedio

(metal-sustrato-enzima) y funcionan como catalizador de enzimas, por ejemplo, manganeso activación de carboxilasas e hidrolasas (Sharma, 2006).

En cuanto al contenido de manganeso, las evaluaciones realizadas presentaron diferencias significativas hasta los 75 días después del trasplante, el tratamiento al 100 % de concentración fue el que presentó mayor contenido de manganeso en el ciclo de producción (Cuadro 12).

Cuadro 12. Contenido de manganeso en plantas de Lisianthus, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.

	Días después del trasplante				
	30	45	60	75	90
TRA	mg Mn·planta ⁻¹				
25 %	0.01059 b ^z	0.11203ab	0.13947 c	0.79747a	1.9536a
50 %	0.01274 b	0.13207a	0.23437 b	0.92473a	2.3076a
75 %	0.01382 b	0.12680a	0.36583a	0.51368 b	1.7718a
100 %	0.01928a	0.09260 b	0.28370 b	0.92137a	2.1752a
125 %	0.01338 b	0.08927 b	0.12990 c	0.42256 b	1.4094a
CV (%)	11.70	11.20	8.45	9.18	19.64
DMSH	0.0044	0.0333	0.0524	0.1767	1.0152

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

A los 30 días después del trasplante el mejor tratamiento fue el de 100 % con 0.01928 mg de Mn·planta⁻¹; dos meses después del trasplante, los tratamientos

del 75 y 100 % fueron estadísticamente iguales; a los 75 días del trasplante, el mejor tratamiento fue el de 100 % con 1.00980 mg de Mn·planta⁻¹ y al final del ciclo de producción la cantidad de manganeso osciló entre 1.4094-2.3076 mg de Mn·planta⁻¹, en los diferentes tratamientos (Cuadro 12).

Con respecto a la fotosíntesis neta, se obtuvieron diferencias significativas a los 21 y 63 días después del trasplante (Cuadro 13). A los 21 días hubo mayor actividad fotosintética en el tratamiento de 125 % (13.91).

Cuadro 13. Fotosíntesis neta, en hojas maduras de plantas de Lisianthus cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.

TRA	Días después del trasplante			
	21	42	63	84
	$\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$			
25 %	11.36 b ^z	10.90a	11.21ab	12.24a
50 %	10.77 b	11.84a	11.74a	11.58a
75 %	11.90 b	10.81a	11.00ab	10.53a
100 %	11.99 b	10.38a	9.73 b	10.72a
125 %	13.91a	10.68a	11.19ab	10.42a
CV (%)	10.57	15.26	12.50	17.81
DMSH	1.82	2.39	1.97	2.84

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P\leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

Dos meses después del trasplante el tratamiento del 50 % fue el de mayor fotosíntesis (11.74). La fotosíntesis fluctuó entre 10-13 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, durante todo el ciclo de producción. Estos resultados coinciden con López-Pérez *et al.* (2014), en un estudio realizado en plantas de *Lisianthus* 'ABC Blue' al medir la fotosíntesis encontraron valores de 9.4-12.4 (Cuadro 13).

Las unidades SPAD mostraron diferencias significativas a los 45, 75 y 90 días del trasplante (Cuadro 14).

Cuadro 14. Unidades SPAD en hojas maduras plantas de *Lisianthus*, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.

TRA	Días después del trasplante				
	30	45	60	75	90
25 %	73.96a ^z	77.87 b	79.04a	80.23 b	79.28 b
50 %	76.67a	79.99ab	81.94a	82.73ab	82.75a
75 %	78.60a	81.86a	80.32a	83.17a	82.41ab
100 %	76.05a	80.19ab	81.63a	83.96a	84.10a
125 %	77.78a	80.26ab	81.88a	82.99ab	84.36a
CV (%)	5.56	3.50	4.59	2.69	3.26
DMSH	5.41	3.56	4.72	2.82	3.42

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

A los 45 días de ser trasplantadas el tratamiento con mayor unidades SPAD fue el de 75 % de concentración, 75 días después del trasplante, los tratamientos de 75 y 100 % de concentración fueron estadísticamente iguales con 83.17 y 83.96 unidades SPAD en promedio (Cuadro 14).

Al final del ciclo, los tratamientos con mayor contenido de unidades SPAD fueron los de 50, 100 y 125 % con 82.75, 84.10 y 84.36 unidades SPAD (Cuadro 14).

La tendencia de los valores de las unidades SPAD incrementan conforme pasan los días después del trasplante, teniendo mayor valor a los 90 días en los tratamientos de 50, 100 y 125 % de concentración, en el caso de los tratamientos de 25 y 75 % tuvieron sus valores más altos a los 75 días del trasplante. Este comportamiento coincide con lo reportado por Riberio *et al.* (2015), quienes señalan que los valores de SPAD van en aumento hasta los 84 días, después comienzan a disminuir (al final del ciclo de producción). Los valores de las unidades SPAD fluctúan de acuerdo a la concentración donde fueron cultivadas las plantas.

CONCLUSIONES

El tratamiento que incluye la solución de Steiner completa (100 %) presentó mayor contenido nutrimental, durante todo el ciclo de producción.

A una concentración del 75 % se encontraron excelentes resultados (en contenido de materia seca ($7.43 \text{ g} \cdot \text{planta}^{-1}$), área foliar (1137 cm^2), N, P, K, Ca y Mg (0.2543 , 0.01913 , 0.2596 , 0.01933 y $0.01701 \text{ g} \cdot \text{planta}^{-1}$), hasta los 60 días después del trasplante.

Con el tratamiento del 50 % de concentración se lograron buenos resultados en todas las variables evaluadas a los 75 y 90 días después del trasplante.

Los requerimientos nutrimentales al final del ciclo fue $K \sim N > P > Mg > Ca$.

LITERATURA CITADA

Alcántar, G. G., Sandoval, V. M. 1999. Manual de análisis químico y tejido vegetal. Publicación especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C, Chapingo, México. 156 p.

Bremner, J. M. 1996. Total nitrogen. *In*: Sparks, D. L. (Ed.). Methods of soil analysis. Part II. Chemical Methods. American Society of Agronomy. Soil Science Society of America. Madison, WI. USA. 1085-1086 pp.

CPHA. 2008. Manual de los fertilizantes para cultivos de alto rendimiento. Editorial limusa. México, D. F. 365 p.

Craciun, C. N., & Bala, M. 2015. Study of the dynamic of *Lisianthus* plant growth during the growing period. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology* 19(2):108-112

Galindo-García, D. V., Alia-Tejacal, I., Valdez-Aguilar, L. A., Colinas-León, M. T., Villegas-Torres, O. G., López-Martínez, V., Sainz-Aispuro, M. J., & Guillén-Sánchez, D. 2015. Extracción de macronutrientes y crecimiento en variedades de nochebuena de sol nativas de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38 (3): 305-312

- Hernández-Pérez, A., Villegas-Torres, O. G., Valdez-Aguilar, L. A., Alia-Tejacal, I., López-Martínez, V., Domínguez-Patiño, M. L. 2015. Tolerancia de *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum* (Raf) Shinn.) a elevadas concentraciones de amonio en la solución nutritiva. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(3):468-481.
- López-Pérez, C. A., Valdez-Aguilar, L. A., Robledo-Torres, V., Mendoza-Villarreal, R., & Castillo-González, A. M. 2014. El calcio imparte tolerancia a alta conductividad eléctrica en *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum* Raf. Shinn). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(7): 1193-1204.
- Riberio C. A., Katz, I., De Pádua, S. A., & Martínez, U. R. A. 2015. Índice SPAD en el crecimiento y desarrollo de planta de *Lisianthus* en función de diferentes dosis de nitrógeno en ambiente protegido. *IDESIA*, 33(2):97-105
- Salazar-García, S., & Lazcano-Ferrat, I. 1999. Diagnostico nutrimental del aguacate 'Hass' bajo condiciones de temporal. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5: 173-184
- Steiner, A. A. 1984. The universal solution. pp. 633-649. *In*: Proceedings of 6th International Congress on Soilless Culture. ISOSC. Lunteren, The Netherlands
- Sharma, C. P. 2006. *Plant micronutrients*. NH, USA: Science Publisher
- Valdez-Aguilar, L. A., Hernández-Pérez, A., Alvarado-Caramillo, D., & Cruz-Altunar, A. 2015. Diseño de un programa de fertilización para crisantemos

en base a extracción de macronutrientes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12: 2263-2276.

CALIDAD POSCOSECHA EN LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum*) 'Mariachi Blue', BAJO DIFERENTES CONCENTRACIONES DE SOLUCIÓN STEINER

POSTHARVEST QUALITY IN LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum*) 'Mariachi Blue', UNDER DIFFERENT CONCENTRATIONS OF STEINER SOLUTION

Resumen

La calidad de los tallos florales y la duración en florero depende de muchos factores precosecha que inciden sobre procesos bioquímicos y fisiológicos que afectan la calidad, dentro de estos factores la nutrición mineral es de importancia. Esta investigación se realizó en el laboratorio de nutrición de frutales de la Universidad Autónoma Chapingo, se evaluaron tallos de *Eustoma grandiflorum* 'Mariachi Blue', cultivadas en cinco concentraciones (25 %, 50 %, 75 %, 100 % y 125 %) de solución Steiner. El objetivo fue evaluar el efecto de las concentraciones de solución Steiner en la calidad poscosecha. Se usó un diseño completamente al azar con 6 repeticiones y se realizó un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey. De acuerdo a los resultados en longitud de vara, en vida de florero los tratamientos que presentaron mayor duración fue a concentraciones de 50, 75 y 100 % (20 ± 1 día); en cuanto al número de flores abiertas, sobresalieron los tratamientos a concentraciones de 25 y 100 % (19 y 21 flores abiertas); en antocianinas el tratamiento con mayor contenido ($1.66 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) fue a una concentración de 125 %. El contenido de clorofila total fue mayor a una concentración de 125 % ($3.36 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$). De acuerdo a los resultados a más baja concentración de solución nutritiva se encontraron excelentes características de calidad que se pueden apreciar visualmente, en longitud de tallo, vida de florero, y número de flores abiertas. En la concentración del 125 % se manifiestan otras características de calidad como antocianinas y clorofilas.

Palabras clave: vida de florero; pigmentos; nutrición mineral.

ABSTRACT

The quality of the flower stems and vase life depends on many factors affecting pre-harvest physiological and biochemical processes that affect quality within these factors mineral nutrition is important. This research was realized in the laboratory of nutrition fruit of University Autonomus Chapingo, were used stems of *Eustoma grandiflorum* 'Mariachi Blue' of five concentrations (25 %, 50 %, 75 %, 100 % and 125 %) of Steiner solution was evaluated. The objective was to evaluate the effect of concentrations Steiner postharvest quality solution. The experimental design was completely random with 6 repetitions and analysis of variance and means comparison test of Tukey was performed. In vase life treatments had higher duration was at concentrations of 50, 75 and 100% (20 ± 1 day); in the number of open flowers, they excelled treatments at concentrations of 25 and 100 % (19 and 21 open flowers); anthocyanins regarding the treatment with a higher content ($1.66 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) was at a concentration of 125 %. The total chlorophyll content was higher at a concentration of 125 % ($3.36 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$). According to the results at a lower concentration of nutrient solution excellent quality features that can be seen visually in stem length, vase life and number of open flowers were found. In the concentration of 125 % other quality features like anthocyanins and chlorophylls are manifested.

Key words: vase of life, pigments, mineral nutrition.

INTRODUCCIÓN

La calidad poscosecha de las flores de corte depende de muchos factores; tanto de precosecha como de poscosecha, dentro de los factores precosecha está la nutrición precosecha. Dufour y Guérin (2005), encontraron que el anturio mostró una mejora en crecimiento, desarrollo y en la floración cuando se incrementó la concentración de NH_4^+ a una tercera parte del nitrógeno total. En *Tulipa sp.* Ramírez *et al.* (2010), evaluaron relaciones de $\text{K}^+/\text{Ca}^{2+}$, de la solución preparada mediante el método propuesto por Steiner, sobre indicadores de crecimiento y calidad postcosecha de tulipán cv 'Ile de France', encontraron que la mejor respuesta se obtuvo con la relación $\text{K}^+/\text{Ca}^{2+}$ 8.5/9.0, donde se registró la mayor altura de tallos florales, firmeza, contenido de clorofilas al final de la vida de florero, azúcares totales y vida de florero. Otros trabajos en rosa (*Rosa sp.*), se ha encontrado que ciertas concentraciones de micronutrientes tienen un efecto favorable en el crecimiento del cultivo, en atributos relacionados con la calidad, grosor del tallo, color y vida de florero (Khoshgoftarmansh *et al.*, 2008); y Juárez-López *et al.* (2011) encontraron que la aplicación de niveles de fósforo en precosecha, contribuyó a mejorar vida de florero. En Lisianthus, Hernández-Pérez *et al.* (2015), estudiaron cuatro relaciones de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$: 100:0, 75:25, 50:50 y 25:75 % en la fase vegetativa y reproductiva y encontraron excelente respuesta a la relación en una relación entre los 75:25 y 50:50.

Derivado de la información obtenida se planteó el objetivo de evaluar el efecto de las concentraciones de solución Steiner en la calidad poscosecha, en plantas de *Eustoma grandiflorum* 'Mariachi Blue'.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el laboratorio de nutrición de frutales, donde se utilizaron tallos de *Eustoma grandiflorum* 'Mariachi Blue', varas provenientes de un sistema hidropónico con cinco concentraciones de solución Steiner (25, 50, 75, 100 y 125 %) en verano-otoño, 2014. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 6 repeticiones considerando una vara como unidad experimental, las cuales se colocaron en probetas de 250 ml con agua de la llave, sin adicionar algún tipo de solución preservante. Se evaluaron las siguientes variables: días de vida de florero, consumo de agua, pérdida de peso y número de flores abiertas, Unidades Spad (en hojas), antocianinas y clorofilas. Los resultados se analizaron con SAS 9.0 con la prueba de Tukey $P \leq 0.05$.

Días de vida de florero

Se contabilizaron los días hasta que el 70 % de las flores perdieron turgencia, con escala hedónica, (0) en estado de botón floral, (1) a flores abiertas turgentes, (2) flores abiertas deshidratadas.

Consumo de agua y Pérdida de peso

Se tomaron datos diariamente, y se cada tercer día, en el día 1 solamente fue un día, para días consecuentes se sumaron y ese fue el dato reportado, en consumo de agua se utilizaron probetas de 250 ml y cada día se aforo a 250 ml y se midió el consumo diario por diferencia de volumen, en el caso de pérdida de peso de cada tallo floral, se sacó los tallos de las probetas y se pesó en una balanza analítica electrónica (Mettler® AJ150), esta variable se cuantificó cada tercer día,

después de la cosecha hasta que las hojas de la parte media hacia abajo perdieron turgencia

Número de flores abiertas

Se consideró el total de flores abiertas durante toda la poscosecha.

Apertura floral

Se marcó un botón en cada una de las seis repeticiones evaluadas de los cinco tratamientos en los cuales se midió con un vernier digital todos los días para ver el porcentaje de apertura diaria hasta llegar a la apertura máxima.

Color

Se tomaron lecturas en los días poscosecha (0, 3, 6, 9), la medición se realizó en los pétalos medios de las flores, con un espectrofotómetro X-Rite SP-62, tomando cuatro subrepeticiones en cada una de las 6 repeticiones de cada tratamiento. Obteniéndose lecturas de Luminosidad (L), Croma o saturación (C) y Ángulo de tono (Hue).

Antocianinas

El contenido de antocianinas se determinó por el método de pH diferencial (Wrolstad y Giusti, 2000), donde se realizaron dos soluciones buffer para las absorbancias en pH=1 y pH=4.5. La primera solución buffer se preparó con 0.025 M de KCl, en este caso se pesaron 1.86 g y se diluyó en 960 ml de agua destilada, se midió el pH con un potenciómetro Conductronic Modelo PC45 agregándole ácido clorhídrico hasta llegar a un pH de 1, finalmente se aforó a 1 L. en el caso

de la segunda solución buffer se preparó con acetato de sodio 0.4 M, pesando 54.43 g y se diluyó en 920 ml de agua destilada, de igual forma que la primera solución se fue agregando poco a poco ácido clorhídrico hasta obtener un pH de 4.5, y se ajustó a 1 L.

Se utilizaron pétalos de flores de seis tallos seleccionados de cada uno de los tratamientos evaluados en poscosecha. Se pesó 0.1 g de tejido fresco de la parte media de los pétalos y se colocaron en tubos para después adicionar alcohol etílico al 80 %, homogenizándose la muestra con un homogeneizador IKA® labortechnik T25 digital ultra torrax. Después se midió la absorbancia a 510 nm en un espectrofotómetro Thermo Elctron GENESYS 10 uv, utilizándose como blanco el alcohol etílico al 80 %. Posteriormente se realizó la medición con las soluciones buffer, donde se colocó 0.4 ml de la muestra por 3.5 ml de las soluciones, esta vez se midió a una absorbancia de 700 nm.

La absorbancia final se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$A = (A_{\lambda \text{ max vis}} - A_{700})_{pH 1.0} - A_{\lambda \text{ max vis}} - A_{700})_{pH 4.5}$$

Donde:

A= Absorbancia

$\lambda \text{ max vis}$ = Absorbancia a 510 nm

La concentración de antocianinas monoméricas en el extracto se expresó en cianidin-3-glucosido

$$mg \text{ de antocianinas monoméricas por } 100 \text{ g} = \frac{A \times PM \times FD \times 100}{\epsilon \times 1}$$

A= Absorbancia

PM= Peso molecular

FD= Factor de dilución

ϵ = Absorción molar (ϵ =26900)

Clorofilas

El contenido de clorofila se determinó mediante la metodología descrita por Whitman *et al.* (1971). Se seleccionaron hojas de la parte central del tallo cada tercer día. Se tomó como día cero al momento de instalar el experimento; donde se pesó 0.1 g de tejido fresco de la hoja, la porción de muestra se colocó en tubos de fondo plano y se les agregó 5 ml de acetona al 100 %, homogenizándose la muestra con un homogeneizador IKA® labortechnik T25 digita ultra torrax. Posteriormente se dejó reposar, para después aforarse a 25 ml de acetona, pasados 10 minutos se determinó la absorbancia a 646 y 662 nm en un espectrofotómetro Thermo Elctron GENESYS 10 uv, utilizándose como blanco la acetona.

El contenido de clorofila se calculó mediante las siguientes ecuaciones:

$$mg \text{ clorofila } a \text{ por } g \text{ de tejido} = \frac{[12.7(\lambda_{663}) - 2.69(\lambda_{646})] \times V}{(1000 \times W)}$$

$$mg \text{ clorofila } b \text{ por } g \text{ de tejido} = \frac{[22.9(\lambda_{646}) - 2.68(\lambda_{663})] \times V}{(1000 \times W)}$$

$$mg \text{ clorofila total por g de tejido} = \frac{[20.2(\lambda_{646}) + 8.02(\lambda_{663})] \times V}{(1000 \times W)}$$

Donde:

λ = Longitud de onda a la cual se realizó la lectura

V= Volumen final del extracto

W= Peso fresco en g de tejido

Unidades SPAD

Se tomaron lecturas cada tercer día (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18) en hojas de la parte media de la vara, con un medidor de unidades SPAD, SPAD 502 PLUS MINOLTA, hojas que a su vez se analizó el contenido de clorofila.

Carotenoides

A partir del extracto de clorofilas, se realizó la determinación de carotenoides, se realizaron 6 repeticiones de cada tratamiento, se realizó la absorbancia a 470 nm con un espectrofotómetro Thermo Elctron GENESYS 10 uv, y como blanco se utilizó la acetona al 100 %

El contenido de carotenoides, se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$mg \text{ por g de tejido} = [(1000 \times \lambda_{470}) - (1.82 \times \text{Clorofila } a) - (1.82 \times \text{clorofila } b)]/198$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Vida de florero

La vida de florero de *Eustoma grandiflorum* 'Mariachi Blue', fue prolongada si la comparamos con la mayoría de las flores de corte, por lo que la longevidad en florero varió entre 18 - 21 días (Figura 2).

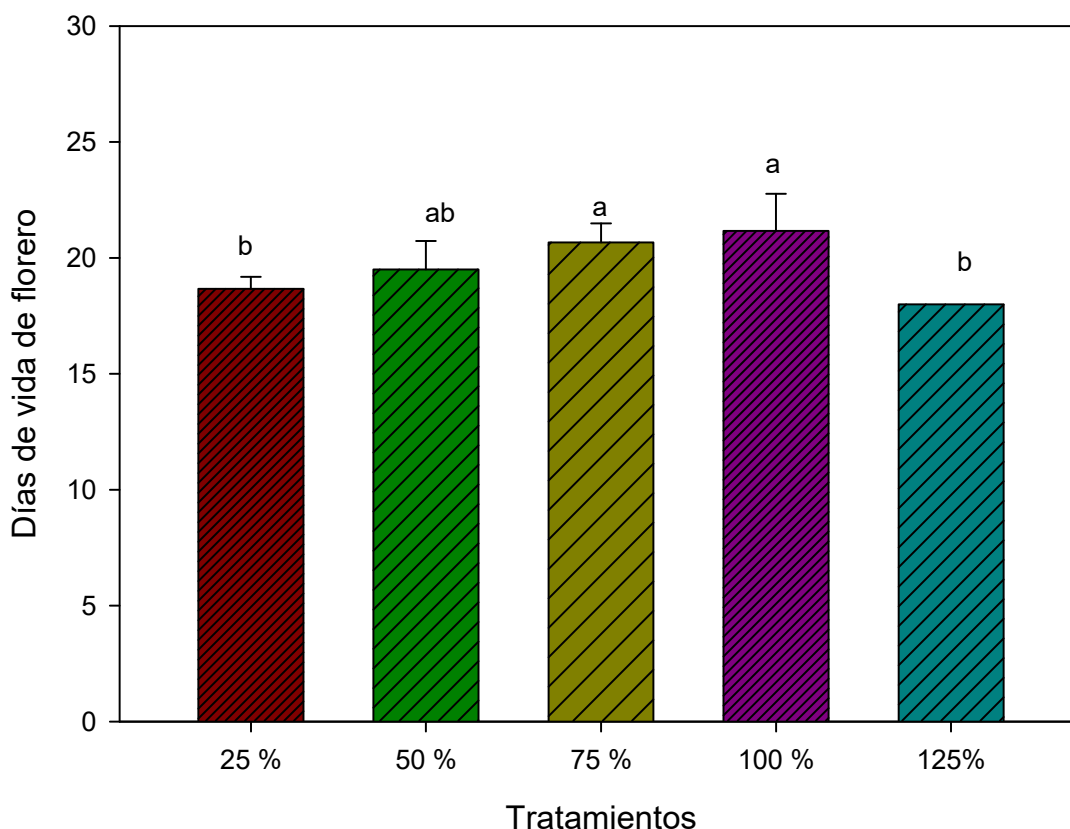


Figura 1. Vida de florero de Lisianthus 'Mariachi Blue', cultivados bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México. Las letras son obtenidas de la comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$)

La vida de florero mostró diferencias significativas, en los tratamientos de 100, 75 y 50 % de concentración. Se observó una diferencia de 3 días con respecto al mejor tratamiento. Estos resultados son superados en tres y cuatro veces más

que los reportados por Abdossi *et al.* (2015), quienes al realizar una evaluación de una serie de productos para aumentar la vida de florero en *Lisianthus* 'Mariachi Blue', el testigo (que solamente fue agua de la llave) tuvo una vida de florero de 5 días.

En otro estudio realizado por Hojjati *et al.* (2007), con tratamientos poscosecha con cobalto, sulfato de aluminio, hidroxiquinoleína, etanol, sulfato de cobre (en diferentes dosis) y el testigo, encontraron que la vida de florero del 'Mariachi Blue' fue de 10 días, y el tratamiento de sulfato de cobre combinado con 2.5 % de sacarosa fue el más eficiente obteniendo así una vida de florero de 23 días, resultados similares a los obtenidos en el tratamiento del 100 % en esta investigación.

El consumo de agua mostró diferencias significativas a los 3, 5, 9, 11, 15 y 17 días poscosecha, en el tercer día poscosecha tuvo un consumo de 101 y 91.4 ml (tratamientos de 50 y 25 % de concentración respectivamente), se obtuvo el máximo consumo de agua al tercer día de evaluación en todos los tratamientos evaluados (Cuadro 1).

La variable pérdida de peso presentó un comportamiento similar al que muestra la variable consumo de agua, al principio hay una ganancia de peso, y en el quinto día el peso comienza a descender hasta el final de la vida de florero (Cuadro 2). Cruz-Crespo *et al.* (2006), reportaron un incremento de peso al tercer día, y al sexto día comenzó a decrecer en *E. grandiflorum* 'Echo'. Pérez-Arias *et al.* (2015), en un trabajo realizado con inflorescencias de nardo, encontraron que la

absorción máxima de agua se dio al tercer día, independientemente del tratamiento usado y de igual forma se presentó este comportamiento para la variable de pérdida de peso, donde los primeros días de evaluación poscosecha tienen un ligero incremento en el peso.

Cuadro 1. Consumo de agua, en tallos de Lisianthus ‘Mariachi Blue’, cultivados bajo diferentes concentraciones de solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.

TRA	Días de evaluación poscosecha								
	1	3	5	7	9	11	13	15	17
Consumo hídrico por tallos (ml)									
25%	57.10a ^z	91.40ab	75.60a	45.10a	32.20 b	23.20 b	20.00a	19.20 b	17.20ab
50%	55.30a	101.00a	76.60a	48.70a	36.40 b	27.20 b	24.20a	24.00a	21.00a
75%	50.80a	74.80 bc	56.40 b	42.80a	37.80ab	26.80 b	23.00a	21.20ab	15.80 b
100%	48.20a	84.40ab	68.20ab	41.80a	28.80 b	23.00 b	22.60a	19.80ab	18.00ab
125%	53.40a	60.60 c	57.80 b	46.40a	45.20a	37.00a	26.40a	24.40a	15.60 b
CV (%)	17.65	19.85	16.43	20.11	20.06	17.83	23.34	17.21	17.63
DMSH	11.87	20.74	13.97	11.43	9.26	6.22	6.89	4.75	3.92

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

Cuadro 2. Pérdida de peso promedio en tallos de Lisianthus ‘Mariachi Blue’, cultivados bajo diferentes concentraciones de solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.

TRA	Días de evaluación poscosecha								
	1	3	5	7	9	11	13	15	17
Pérdida de peso en tallos de Lisianthus (g)									
25%	215.11a ^z	218.30a	210.41ab	207.07ab	206.52ab	198.53ab	192.23ab	186.48ab	177.49ab
50%	203.48ab	207.98ab	193.82ab	193.59ab	187.82ab	179.84ab	175.90ab	170.06ab	169.15ab
75%	166.32 b	169.76 b	164.99 b	163.32 b	154.96 b	147.81 b	143.92 b	139.56 b	135.59 b
100%	234.11a	251.95a	238.43a	238.99a	237.56a	229.16a	223.16a	214.87a	206.29 a
125%	171.43ab	177.72 b	176.80 b	174.38 b	170.33 b	167.29 b	153.65 b	143.39 b	137.59 b
CV (%)	25.18	23.11	22.02	21.99	22.44	22.61	22.15	21.97	21.51
DMSH	63.38	59.78	54.91	54.61	54.15	52.66	49.73	47.20	44.65

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

Número de flores abiertas

En el número de flores abiertas por tallo, hubo diferencias estadísticas altamente significativas, los tratamientos de 25 y 100 % (con 19.2 y 20.6 flores abiertas respectivamente) mostraron mayor número de flores abiertas al final de la vida de florero (Figura 3).

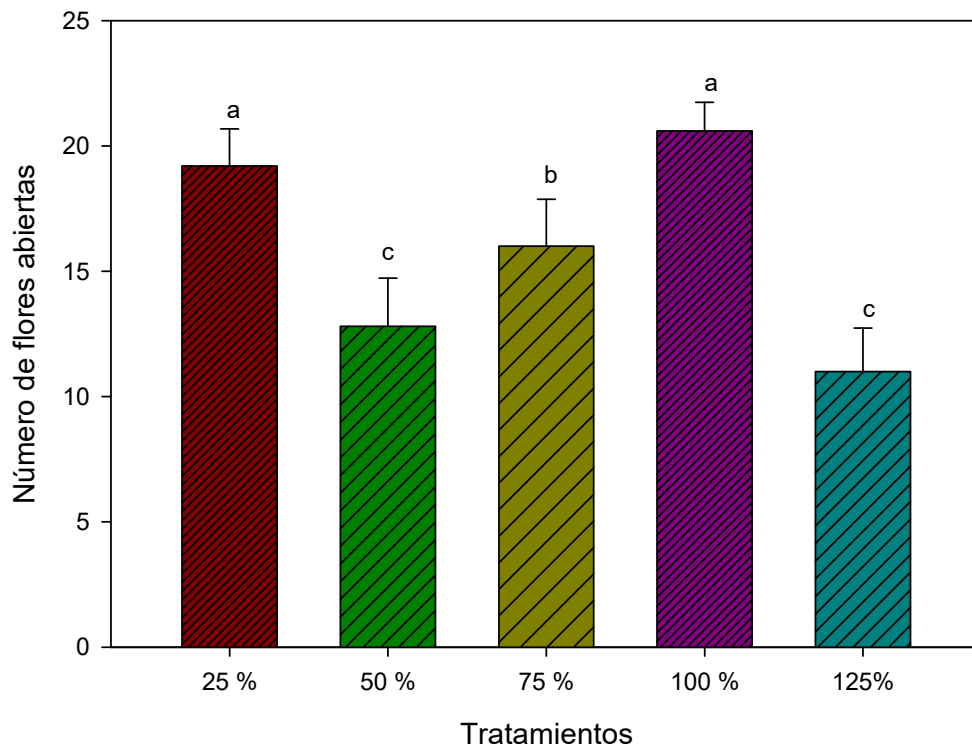


Figura 2. Número de flores abiertas por tallo en Lisianthus ‘Mariachi Blue’, cultivadas bajo diferentes concentraciones de solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México. Las letras son obtenidas de la comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$)

La diferencia fue de 11 flores abiertas, entre el tratamiento de 100 % y 125 % de concentración. Los tratamientos evaluados superan el número de flores abiertas por Buta *et al.* (2013), donde los cultivares de Lisianthus que tuvieron 9.75 (Echo Blue), 10.17 (Piccolo White) y 13.08 (Mariachi Pink) flores por tallo.

La apertura floral mostró diferencias estadísticas significativas a los días 1, 3, 7 y 9 de la evaluación poscosecha, para los días 5 y 11 no mostró diferencias estadísticas significativas. El tratamiento que tuvo mayor apertura floral fue el del tratamiento de 75 %. Al inicio de la evaluación el mejor tratamiento fue el de 75 %, superando por 11 mm al menor tratamiento (Cuadro 3).

Cuadro 3. Apertura floral en flores de Lisianthus ‘Mariachi Blue’, cultivadas bajo diferentes concentraciones de solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.

TRA	Días de evaluación poscosecha					
	1	3	5	7	9	11
Diámetro floral (mm)						
25 %	29.08ab	51.43a	65.93a	69.56ab	71.40ab	73.95a
50 %	19.61 d	24.26 c	42.83a	57.73 b	62.90 b	71.55a
75 %	31.43a	48.21ab	63.38a	74.61a	81.15a	84.98a
100 %	24.48 bc	46.54ab	60.00a	75.03a	78.05a	81.21a
125 %	21.21 cd	28.60 bc	41.56a	70.66ab	79.68a	82.86a
CV (%)	11.15	32.67	31.42	13.22	10.81	10.34
DMSH	4.75	22.05	29.16	15.58	13.68	13.84

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

Al tercer día poscosecha el mejor tratamiento fue el tratamiento de 25 % con 51 mm, abriendo 22 mm en dos días, al quinto día de evaluación la apertura oscilo entre 41- 66 mm en todos los tratamientos, a los nueve días poscosecha los mejores tratamiento fueron los de 75 y 100 %, y por último a los 11 días la

apertura de la flor osciló entre 71-85 mm; estos resultados superan los encontrados por Buta *et al.* (2013), donde el diámetro de flor en *Lisianthus* 'Mariachi Pink' fue de 5.74 cm y en 'Echo Blue' fue de 6.5 cm.

En el cuadro 4, la luminosidad tuvo diferencias estadísticas significativas para en las dos primeras evaluaciones (0 y 3 días).

Cuadro 4. Luminosidad promedio en pétalos de las flores de *Eustoma grandiflorum*, 'Mariachi Blue', cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.

	Días de evaluación poscosecha			
	0	3	6	9
TRA	Luminosidad			
25 %	40.38 b ^z	44.63ab	44.86a	48.45a
50 %	40.72 b	44.70ab	46.26a	51.78a
75 %	43.31ab	46.50a	46.34a	48.51a
100 %	44.89a	45.15ab	46.36a	50.77a
125 %	42.75ab	43.34 b	44.76a	51.07a
CV (%)	7.87	5.23	4.58	9.17
DMSH	3.30	2.31	2.07	4.54

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

La luminosidad incrementa conforme avanzan los días poscosecha en todos los tratamientos, los tratamientos del 75, 100 y 125 % de concentración fueron los que presentaron menor diferencia de estas unidades, variando entre 6 a 8 unidades, los tratamientos de 50 y 125 % de concentración tuvieron una

variación mayor entre 11 y 9 unidades; estos resultados coinciden con Pérez-Arias *et al.* (2015), quienes al evaluar varas de nardo (*Polianthes tuberosa* L.), encontraron que la luminosidad incrementa conforme avanzan los días poscosecha.

La saturación o croma tiene un comportamiento decreciente conforme avanzan los días poscosecha, lo cual significa una pérdida de color (Cuadro 5).

Cuadro 5. Croma promedio en pétalos de las flores de Lisianthus ‘Mariachi Blue’; cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner; Chapingo, México.

	Días de evaluación poscosecha			
	0	3	6	9
TRA	Croma			
25 %	26.89ab ^z	26.64a	25.28a	23.89a
50 %	27.84a	26.74a	25.77a	23.55a
75 %	26.29 b	25.95a	25.03a	23.57a
100 %	26.42 b	26.24a	25.87a	23.10a
125 %	26.32 b	25.86a	24.98a	22.96a
CV (%)	5.16	5.65	6.04	11.20
DMSH	1.36	1.47	1.51	2.59

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

En el tratamiento del 25 % disminuyó 3 unidades, mientras que el tratamiento del 50 % de concentración disminuyó 4.29 unidades, y los tratamientos del 75 y 100 % disminuyeron 2.72 y 3.32 unidades respectivamente, el tratamiento

del 125 % disminuyó 3.36 unidades desde el inicio hasta el final de la evaluación (Cuadro 5).

Este comportamiento es más marcado después del sexto día de evaluación poscosecha; coincidiendo con Pérez-Arias *et al.* (2015), quienes mencionan que la cromaticidad disminuyó constantemente en las inflorescencias, durante la vida de florero.

El ángulo de color (Cuadro 6) hubo diferencias estadísticas significativas (0, 3 y 9 días poscosecha).

Cuadro 6. Hue promedio en pétalos de las flores de Lisianthus ‘Mariachi Blue’, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner; Chapingo, México.

TRA	Días de evaluación poscosecha			
	0	3	6	9
	Hue			
25 %	307.02ab ^z	306.60a	304.67a	303.76a
50 %	306.22 b	306.71a	304.41a	302.12 b
75 %	306.59 b	304.56 b	304.30a	301.68 b
100 %	306.72 b	305.09ab	304.55a	300.95 b
125 %	308.45a	306.30a	305.19a	301.90 b
CV (%)	0.54	0.57	0.44	0.51
DMSH	1.63	1.71	1.31	1.53

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación. El ángulo de color (Hue) decrece conforme avanzan los días poscosecha en todos los tratamientos evaluados, en el tratamiento de 25 % de concentración

disminuyó 4 unidades, sin embargo en el tratamiento de 125 % disminuyó 7 unidades. Los tratamientos donde disminuyó menos el ángulo de color fue en los tratamientos de 25 y 50 %; en cambio los tratamientos de 75, 100 y 125 % de concentración disminuyó de 6 a 7 unidades.

El contenido de antocianinas presentó diferencias estadísticas significativas después del tercer día de evaluación poscosecha, hasta al final de la misma.

Cuadro 7. Antocianinas promedio en pétalos de flores de *Lisianthus* 'Mariachi Blue', cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.

	Días de evaluación poscosecha						
	0	3	6	9	12	15	18
TRA	mg de antocianinas · 100 g de tejido⁻¹						
25 %	1.36a ^z	1.19 b	1.06 c	0.82 d	0.69 d	0.62 d	0.63 d
50 %	1.46a	1.32ab	1.25 b	0.96 cd	0.83 cd	0.79 c	0.79 c
75 %	1.54a	1.52a	1.34 b	0.99 c	0.94 bc	0.89 bc	0.84 bc
100 %	1.59a	1.52a	1.38 b	1.15 b	1.01ab	0.95 b	0.94ab
125 %	1.66a	1.61a	1.54a	1.43a	1.24a	1.17a	0.99a
CV (%)	18.9	17.79	10.28	10.99	12.86	14.38	14.82
DMSH	0.33	0.29	0.15	0.13	0.14	0.14	0.14

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

El tratamiento que presentó mayor contenido de antocianinas durante la evaluación fue el tratamiento del 125 %. Al tercer día de evaluación los

tratamientos del 75, 100 y 125 % fueron estadísticamente iguales, después del sexto el mejor tratamiento fue el de una concentración de 125 %. La concentración de antocianinas independientemente del tratamiento, conforme avanzaron los días poscosecha fue decreciendo (Cuadro 7). El contenido de antocianinas está relacionado con el color de las flores (Cruz-Crespo *et al.*, 2006).

La clorofila a, mostró diferencias estadísticas significativas (Cuadro 8).

Cuadro 8. Clorofila a, evaluada en hojas de Lisianthus ‘Mariachi Blue’, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner; Chapingo, México.

	Días de evaluación poscosecha						
	0	3	6	9	12	15	18
TRA	mg de clorofila · g de tejido ⁻¹						
25 %	1.39 c ^z	1.27 c	1.27 b	1.33 c	1.13 b	1.05 c	1.18 c
50 %	1.69 b	1.55 bc	1.55ab	1.38 bc	1.35 b	1.42 b	1.25 bc
75 %	1.72ab	1.64ab	1.77a	1.75a	1.72a	1.58ab	1.39 b
100 %	1.80ab	1.84ab	1.71ab	1.67ab	1.76a	1.76a	1.62a
125 %	1.92a	1.93a	1.79a	1.87a	1.83a	1.76a	1.76a
CV (%)	11.59	15.29	15.49	16.33	15.52	13.41	12.94
DMSH	0.23	0.29	0.28	0.30	0.27	0.23	0.21

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

Al inicio de la evaluación poscosecha el mejor tratamiento fue el de 125 %, con 1.92 mg de clorofila, al tercer día de evaluación siguió la misma tendencia,

aunque la diferencia del tratamiento con mayor contenido y el de menor fue el 0.66 mg, de tal forma que al final de la evaluación poscosecha la diferencia entre estos dos tratamientos fue de 0.58 mg.

En el caso del tratamiento con 125 % desde el inicio de la poscosecha hasta los 18 días tuvo una variación de 0.16 mg, y el tratamiento del 25 % de concentración varió por 0.21 mg, es decir que los tratamientos de 25, 50 y 75 % fueron los que presentaron mayor variación en el contenido de clorofila inicial al final, con respecto a los tratamientos de 100 y 125 %. Resultados similares encontraron Cruz-Crespo *et al.* (2006), en donde al realizar una evaluación poscosecha encontraron de 0.66-1.29 mg de clorofila en plantas de *Lisianthus* 'Echo'.

En cuanto a la clorofila b (Cuadro 9), los tratamientos evaluados presentaron diferencias estadísticas significativas durante toda la poscosecha, y el comportamiento fue similar al de la clorofila a, donde el mayor contenido se encontró en el tratamiento de 125 % de concentración.

Al inicio de la evaluación poscosecha el tratamiento con mayor contenido de clorofila b, fue el de 125 %, al tercer día de evaluación los tratamientos 50 y 75 % fueron los que mostraron mayor contenido de este pigmento, para los días 9 y 12 el mejor tratamiento fue el de 125 % de concentración, mientras que el día 15, sobresalieron los tratamientos del 75 y 125 %, al final de la evaluación poscosecha los tratamientos del 75, 100 y 125 fueron estadísticamente iguales (con 0.93, 0.92 y 1.07 mg de clorofila b respectivamente).

Cuadro 9. Clorofila b, en hojas de Lisianthus ‘Mariachi Blue’, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.

	Días de evaluación poscosecha						
	0	3	6	9	12	15	18
TRA	mg de clorofila · g de tejido ⁻¹						
25 %	1.00 c ^z	0.94 b	0.94 b	0.83 b	0.74 c	0.70 c	0.59 b
50 %	1.19 bc	1.20a	0.88 b	0.90 b	0.83 bc	0.79 bc	0.62 b
75 %	1.36ab	1.19a	1.05ab	1.06ab	1.04ab	1.11a	0.93a
100 %	1.26ab	1.15ab	1.23a	1.20a	1.04ab	0.96ab	0.92a
125 %	1.44a	1.17ab	1.21a	1.08ab	1.12a	1.14a	1.07a
CV (%)	15.75	17.03	18.13	22.05	19.21	17.87	24.58
DMSH	0.22	0.22	0.22	0.25	0.21	0.19	0.23

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

La clorofila total (Cuadro 10) mostró diferencias estadísticas en todos los días poscosecha evaluadas, el contenido fue disminuyendo al transcurso de la poscosecha, variando desde 0.52- 1.02 mg con respecto al contenido inicial en los diferentes tratamientos.

Los tratamientos donde el contenido de clorofila tuvo mayor variación fueron los tratamientos de 25, 50 y 75 %, en cambio los tratamientos de 100 y 125 % solo disminuyeron en 0.52 mg.

Cuadro 10. Clorofila total, en hojas de Lisianthus ‘Mariachi Blue’, cultivados bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.

	Días de evaluación poscosecha						
	0	3	6	9	12	15	18
TRA	mg de clorofila · g de tejido ⁻¹						
25 %	2.39 c ^z	2.21 b	2.22 c	2.16 b	1.87 b	1.75 c	1.77 c
50 %	2.88 b	2.76a	2.43 bc	2.33 b	2.18 b	2.17 b	1.86 c
75 %	3.09ab	2.84a	2.83ab	2.81a	2.76a	2.69a	2.33 b
100 %	3.05ab	2.99a	2.95a	2.87a	2.81a	2.73a	2.53ab
125 %	3.36a	3.09a	3.00a	2.96a	2.96a	2.87a	2.84a
CV (%)	12.67	15.80	16.36	14.41	16.01	17.55	14.18
DMSH	0.43	0.50	0.50	0.43	0.46	0.49	0.37

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

Al inicio de la poscosecha (Cuadro 10) el tratamiento con mayor contenido de clorofila total fue el de 125 % (3.36 mg), para el tercer día los tratamientos de 50, 75, 100 y 125 % fueron estadísticamente iguales, al sexto día poscosecha los mejores tratamientos fueron los de 100 y 125 %, para los días 9, 12 y 15 los tratamientos de 75, 100 y 125 % fueron estadísticamente iguales, y al final de la evaluación (día 18) el tratamiento con mayor contenido fue el de 125 % (2.84 mg). Los resultados encontrados en este trabajo, superan a lo reportado por Abdossi *et al.* (2015), quienes al realizar un ensayo en Lisianthus ‘Mariachi Blue’ encontraron un contenido de 1.22 mg.

El contenido de Unidades Spad (Cuadro 11), mostró diferencias significativas durante toda la evaluación poscosecha, al transcurso de los días de evaluación el contenido de unidades Spad fue decreciendo, esto sin importar el tratamiento, aunque el decremento fue más notorio en los tratamientos de menor concentración.

Cuadro 11. Unidades SPAD en hojas de Lisianthus ‘Mariachi Blue’, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, Chapingo, México.

TRA	Días de evaluación poscosecha						
	0	3	6	9	12	15	18
25 %	76.32 c	73.63 c	72.58 c	70.67 c	70.70 c	70.18 c	66.30 b
50 %	79.15 bc	78.23 bc	77.13 bc	77.18 b	75.41 bc	74.58 bc	71.76ab
75 %	79.53 bc	79.72ab	78.68abc	77.83ab	76.57abc	74.98 bc	72.91ab
100 %	82.67ab	82.72ab	81.70ab	81.20ab	79.60ab	78.60ab	77.96a
125 %	85.28a	84.78a	84.58a	83.27a	81.91a	81.00a	79.21a
CV (%)	3.16	4.14	4.65	4.58	4.56	4.13	7.27
DMSH	4.32	5.61	6.23	6.062	5.95	5.32	9.08

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

El tratamiento con mayor contenido de unidades SPAD fue el de 125 %, por lo que fue el mejor tratamiento durante toda la evaluación poscosecha. Los valores de este tratamiento fluctuaron entre 85.28 al inicio de la poscosecha y 79.21 al final de la evaluación.

El contenido de carotenoides (Cuadro 12) fue significativo en todas las evaluaciones realizadas. Este pigmento fue decreciendo al paso de los días

(Cuadro 12), y su comportamiento fue más notorio en los tratamientos manejados a 25, 50 y 75 % de concentración.

Cuadro 12. Comportamiento de los carotenoides en poscosecha, evaluados en hojas de *Lisianthus 'Mariachi blue'*, cultivadas bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner; Chapingo, México.

	Días de evaluación poscosecha						
	0	3	6	9	12	15	18
TRA	mg de carotenoides · g de tejido ⁻¹						
25 %	2.49 c ^z	2.26 b	2.25 c	2.16 c	1.87 c	1.78 c	1.60 d
50 %	3.06 b	2.87a	2.73 bc	2.57 bc	2.41 b	1.98 c	1.83 cd
75 %	3.20ab	2.87a	2.87ab	2.79ab	2.78ab	2.47 b	2.11 c
100 %	3.30ab	3.13a	3.05ab	2.93ab	2.93a	2.65ab	2.52 b
125 %	3.54a	3.36a	3.30a	3.10a	3.06a	3.02a	3.03 a
CV (%)	12.96	15.78	16.54	14.39	14.09	16.77	12.83
DMSH	0.46	0.52	0.54	0.44	0.42	0.45	0.32

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. **TRA**= Tratamiento; **DMSH**: Diferencia mínima significativa honesta; **CV**= Coeficiente de variación.

La decoloración o pérdida de color es un síntoma común de muchas flores senescentes y en muchos casos es la razón principal para terminar la vida en florero. Los principales pigmentos que contribuyen a los diferentes colores de las flores durante su desarrollo son los carotenoides y antocianinas. Azcón y Talon (2000), mencionan que el desvanecimiento de color, es debido a la

activación de rutas catabólicas de los principales pigmentos (carotenoides y flavonoides).

Al inicio de la poscosecha el mejor tratamiento fue el de 125 %; al tercer día poscosecha el comportamiento de ambos tratamientos fue la misma, aunque el tratamiento de 125 % disminuyó 0.18 mg. El tratamiento del 25 % de concentración disminuyó 0.23 mg; al sexto día de poscosecha el mejor tratamiento fue el de 125 % (3.30 mg) (Cuadro 12).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observó el tratamiento de 25 % de solución nutritiva presentó características de calidad que se pueden apreciar visualmente (vida de florero, y número de flores abiertas).

Con una concentración del 125 % se manifiestan otras características de calidad como antocianinas y clorofilas. El contenido de antocianinas, clorofilas, carotenoides, unidades Spad y parámetros de color disminuyeron conforme avanzó la vida poscosecha.

LITERATURA CITADA

Abdossi, V., Esmaili, F., & Kazem, M. 2015. Efficiency of essential oils and nano-malate in reduction of ethylene production and extension of vase life of cut *Eustoma grandiflorum* Mariachii. cv. Blue flowers. *Bangladesh Journal of Botanic* 44(3): 465-468.

- Azcón, B. J., & Talon, M. 2000. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. 2ª edición. Interamericana. Mc Graw-Hill. Barcelona.
- Buta, E., Cantor, M., Buta, M., Hort, D., & Valkai, O. 2013. Researches concerning the postharvest careo do *Lisianthus russelianus* cut flowers. Scientific Papers. Series B, *Horticulture*, 57: 289-293
- Camargo, M. S; Shimizu, L.K; Saito, M.A; Kameoka, C. H; Mello S.C y Carmello, A.C. 2004. Crescimento e absorção de nutrientes pelo *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum*) cultivado em solo. Pesquisa Horticultura Brasileira 22: 143-146.
- Cruz-Crespo, E., Arévalo-Galarza, L., Cano-Medrano, R., & Gaytán-Acuña, E. A. 2006. Soluciones pulso en la calidad postcosecha de *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum* Raf.) cv. 'Echo Blue'. *Agricultura Técnica en México*, 32, (2):191-200
- De La Riva-Morales, F. P., Mazuela-Águila, P. C., & Urrestarazu-Gavilán, M. 2013. Comportamiento productivo del *Lisianthus* (*Eustoma grandilorum* [Raf] Shinn) en cultivo sin suelo. *Revista Chapingo serie Horticultura*, 19(2):141-150
- Dufour, L., & Guérin, V. 2005. Nutrient solution effects on the development and yield of *Anthurium andreanum* Lind. in tropical soilless conditions. *Scientia Horticulturae*, 105:269-282.
- Hernández-Pérez, A., Villegas-Torres, O. G., Valdez-Aguilar, L. A., Alia-Tejagal, I., López-Martínez, V., Domínguez-Patiño, M. L. 2015. Tolerancia de *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum* (Raf) Shinn.) a

elevadas concentraciones de amonio en la solución nutritiva. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(3):468-481

Hojjati, Y., Khalighi, A., & Farokhzad, A. R. 2007. Chemical Treatments of *Eustoma* Cut Flower Cultivars for enhanced Vase Life. *Journal of Agriculture and Social Sciences* 3(3): 75-78.

Juárez-López, P., Sandoval-Villa, M., González-Hernández, V., & Colinas-León, M. T. 2011. Comportamiento fisiológico postcosecha de tallos florales de rosa (*Rosa hybrida* L.) en respuesta al fósforo aplicado en precosecha. *Revista Biociencias*, 1(2): 3-16

Khoshgoftarmanesh, A. H., Khademi, H., Hosseini, F., & Aghajani, R. 2008. Influence of Additional Micronutrient Supply on Growth, Nutritional Status and Flower Quality of Three Rose Cultivars in a Soilless Culture. *Journal of Plant Nutrition*, 31: 1543–1554

López-Pérez, C. A., Valdez-Aguilar, L. A., Robledo-Torres, V., Mendoza-Villarreal, R., & Castillo-González, A. M. 2014. El calcio imparte tolerancia a alta conductividad eléctrica en *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum* Raf. Shinn). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(7): 1193-1204.

Meir, D., Pivonia, S., Levita, R., Dori, I., Ganot, L., Meir, S., Salim, S., Rensinick, N., Wininger, S., Shlomo, E., & Koltai, H. 2010. Application of mycorrhizae to ornamental horticultural crops: *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum*) as a test case. *Spanish Journal of Agricultural Research* 8 (S1): 5-10

- Pérez-Arias, G. A., Alia-Tejacal, I., Colinas-León, M. T., Sainz-Aispuro, M. J., & Álvarez-Vargas, J. E. 2015. Aplicación de 1-metilciclopropeno en inflorescencias de nardo (*Polianthes tuberosas* L.) en poscosecha. *Acta agrícola y pecuaria*, 1: 29-36
- Ramírez, M. M., Trejo-Téllez, L. I., Gómez, M. F. C., & Sánchez, G. P. 2010. La relación K^+/Ca^{2+} de la solución nutritiva afecta el crecimiento y calidad del tulipán. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 33(2): 149-156.
- Witham, F. H., D. F. Blaydes and R. M. Devlin. 1971. Experiments in plant physiology. Van Nostrand Reinhold Company. N. Y. 16-58 pp.
- Wrolstad, R. E., & Giusti, M. M. 2000. Unit F1.2: Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. In: Current protocols in food analytical chemistry. Jhon Wiley & Sons, Inc. 1-6 pp

DISCUSIÓN GENERAL

De acuerdo a los resultados la mejor época de producción para *Eustoma grandiflorum* 'Mariachi Blue' es en verano-otoño, por las características de calidad y precocidad que mostraron; coincidiendo con De La Riva *et al.* (2013), quienes señalan la conveniencia de producir *Lisianthus* bajo invernadero en el periodo de verano-otoño debido a la precocidad y calidad de flores.

El tratamiento a una concentración del 100 % presentó mayor contenido nutrimental, biomasa, área foliar durante todo el ciclo de producción; sin embargo el tratamiento del 75 % mostró excelentes en contenido de biomasa, peso fresco, contenido nutrimental, hasta los dos meses después del

trasplante, a los 75 y 90 días después del trasplante el tratamiento del 50 % mostró buenos resultados en todas las variables evaluadas. Los requerimientos nutrimentales durante del ciclo fue K~ N> P> Mg >Ca; coincidiendo con Valdez-Aguilar *et al.* (2015), quienes encontraron en el cultivo de crisantemo requerimientos nutrimentales al final del ciclo de producción de N~K > P> Mg >Ca.

En cuanto a calidad, los parámetros físicos (longitud de vara (tratamiento del 25 % de concentración), vida de florero (tratamientos de 50, 75 y 100 %), número de flores abiertas, (tratamientos de 25 y 100 % ; con 19 y 21 flores abiertas respectivamente), apertura floral (75 %), fueron los mejores tratamientos; para el caso de las características bioquímicas (antocianinas, carotenoides, clorofilas), el tratamiento con mayor cantidad de estos pigmentos fue el de la concentración de 125 %; pero conforme avanzaron los días poscosecha estos pigmentos disminuyeron.

LITERATURA CITADA GENERAL

- Cruz-Crespo, E., Arévalo-Galarza, L., Cano-Medrano, R., & Gaytán-Acuña, E. A. 2006. Soluciones pulso en la calidad postcosecha de *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum* Raf.) cv. 'Echo Blue'. *Agricultura Técnica en México*, 32, (2):191-200
- Galindo-García, D. V., Alia-Tejacal, I., Valdez-Aguilar, L. A., Colinas-León, M. T., Villegas-Torres, O. G., López-Martínez, V., Sainz-Aispuro, M. J., & Guillén-Sánchez, D. 2015. Extracción de macronutrientes y crecimiento en variedades de nochebuena de sol nativas de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38 (3): 305-312

- Juárez-López, P., Sandoval-Villa, M., González-Hernández, V., & Colinas-León, M. T. 2011. Comportamiento fisiológico postcosecha de tallos florales de rosa (*Rosa hybrida* L.) en respuesta al fósforo aplicado en precosecha. *Revista Biociencias*, 1(2): 3-16
- Khoshgoftarmanesh, A. H., Khademi, H., Hosseini, F., & Aghajani, R. 2008. Influence of Additional Micronutrient Supply on Growth, Nutritional Status and Flower Quality of Three Rose Cultivars in a Soilless Culture. *Journal of Plant Nutrition*, 31: 1543–1554
- Ohshima, T., Komiyama, S., Ohtake, N., Sueyoshi, K., Teixeira da S, J. A., & Ruamrungsri, S. 2006. Physiology and Genetics of Carbon and Nitrogen Metabolism in Tulip. In: Floriculture, Ornamental and Plant Biotechnology. Vol (3). Global Science Books. Reino Unido. 567 p.
- Quesada, R. G. & Bertsch, H. F. 2013. Obtención de la curva de extracción nutrimental del híbrido de tomate FB-17. *Terra Latinoamericana* 31:1-7
- SAGARPA, 2014. Consultado en julio del 2014. <http://www.sagarpa.gob.mx/delegaciones/edomex/boletines/2014/junio/Documents/b0572014.pdf>
- Valdez-Aguilar, L. A., Hernández-Pérez, A., Alvarado-Caramillo, D., & Cruz-Altunar, A. 2015. Diseño de un programa de fertilización para crisantemos en base a extracción de macronutrientes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12: 2263-2276.

ANEXOS

DÍAS DESPUES DEL TRASPLANTE CICLO OTOÑO-INVIerno 2013-2014

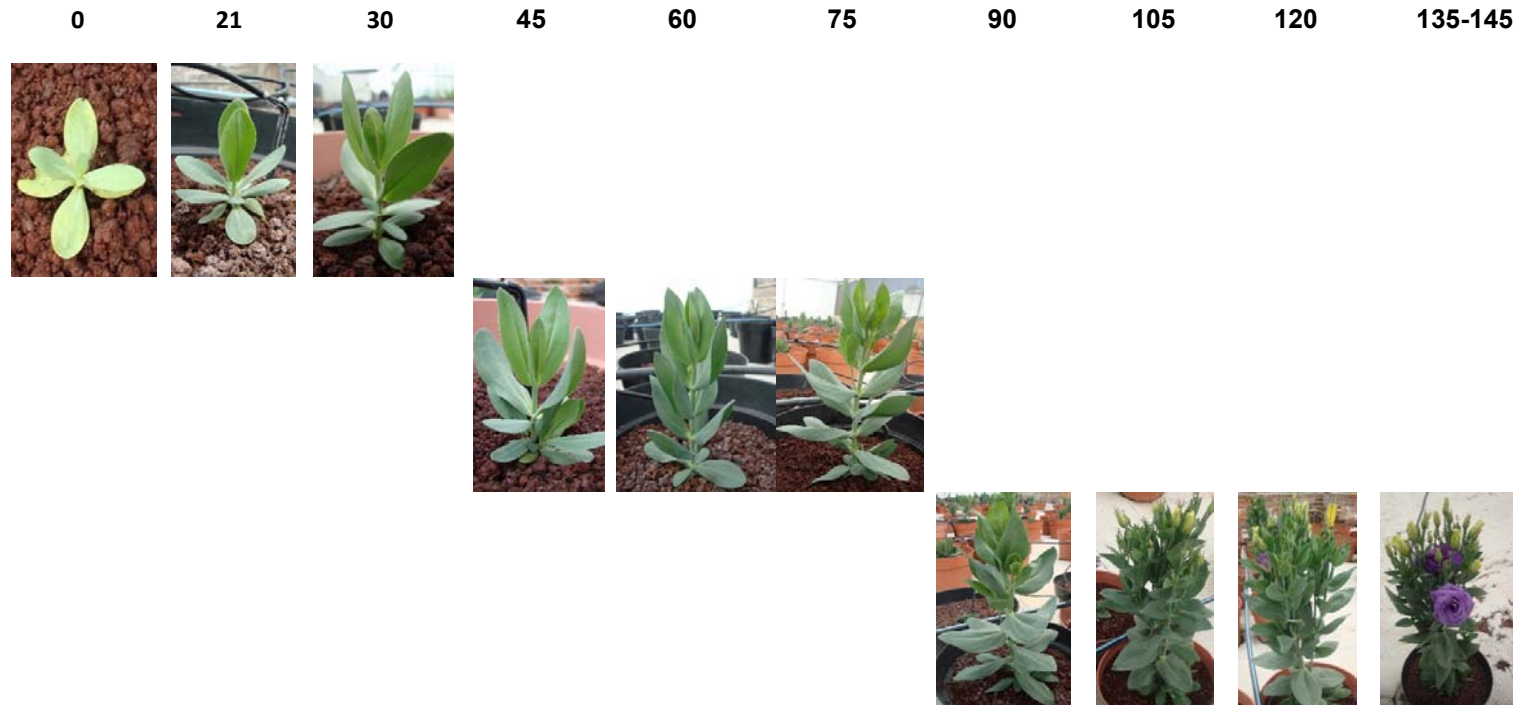


Figura 1. Desarrollo vegetativo-reproductivo en plantas de *Lisianthus (Eustoma grandiflorum)* 'Mariachi Blue'

S. N

DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE CICLO VERANO-OTOÑO 2014



Figura 2. Desarrollo vegetativo-reproductivo en plantas de *Lisianthus (Eustoma grandiflorum)* 'Mariachi Blue'