

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Comportamiento del Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) Cultivado en Variable
Nivel de Alcalinidad y Contenido de Calcio en Hidroponía

Por:

HERMELINDA SALGADO RODRÍGUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Comportamiento de Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) Cultivado en Variable
Nivel de Alcalinidad y Contenido de Calcio en Hidroponía

Por:

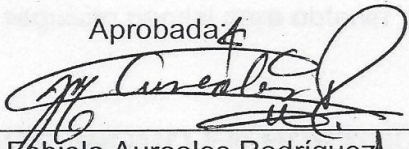
HERMELINDA SALGADO RODRÍGUEZ

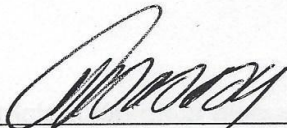
TESIS

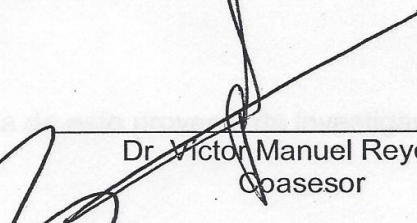
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada:


Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez
Asesor Principal


M.C. Alfonso Rojas Duarte
Coasesor


Dr. Víctor Manuel Reyes Salas
Coasesor


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de División de Agronomía


Coordinación
de Agronomía
Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Comportamiento de Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) Cultivado en Variable
Nivel de Alcalinidad y Contenido de Calcio en Hidroponía

Por:

HERMELINDA SALGADO RODRÍGUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Participación en la ejecución técnica de este proyecto de investigación:

María Guadalupe Pérez Ovalle

T.L.Q. María Guadalupe Pérez Ovalle

Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2015

AGRADECIMIENTOS

A dios por haberme guiado en el camino del bien y permitirme llegar a esta etapa de mi vida, gracias por las personas buenas que pusiste en mi camino, por mis padres, mi compañero de vida y mi gran tesoro mi niña hermosa.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antoní Narro**, por haberme brindado la oportunidad de superarme y lograr mí sueño.

A la Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez: por su amistad, confianza, dedicación, apoyo y conocimientos compartidos para la realización de este trabajo. Ya que sin su ayuda no podría lograrlo. *"El sueño comienza con un maestro que cree en tí, que tira y empuja y te lleva a la próxima etapa, a veces pinchándote con una vara afilada llamada 'verdad'."* (Dan Rather)

Al M.C. Alfonso Rojas Duarte: por su amistad brindada durante la estancia en la UAAAN, por ser participe como coasesor de este trabajo experimental.

Al Dr. Víctor Manuel Reyes Salas: por su gran amistad y confianza que me brindo durante mi carrera y ser participe como coasesor de este trabajo experimental

Al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar: por su apoyo y atención en la realización de este trabajo.

A los profesores del departamento de horticultura por transmitirnos sus conocimientos durante nuestra carrera.

A todos aquellos compañeros de generación y amigos que me brindaron su amistad y así mismo apoyo para la elaboración de este trabajo.

DEDICATORIAS

A dios por darme la oportunidad de vivir y así mismo permitirme lograr lo que ahora soy y darme las fuerzas necesarias para enfrentar los obstáculos presentados durante esta etapa.

A mis padres: Sr. Efrén Salgado García y Sra. Teófila Rodríguez Olmos quienes les doy las gracias desde lo más profundo de mi corazón, por su cariño, nunca dejarme sola, por el apoyo económico durante mi estancia en la universidad.

Ya que Siempre confiaron y creyeron en mí cuando nadie más lo hizo, haberme hecho una mujer de bien, darme la oportunidad de realizar mis estudios, y enseñarme que siempre hay que seguir adelante a un que el camino se vea difícil, este triunfo también es de ustedes. **LOS AMO.**

A mis hermanos: Juanita, Araceli, Rufino. Por su amistad, cariño, comprensión, paciencia, apoyo económico cuando lo necesite y por los buenos consejos que me brindaron.

A mi hija Dulce Yazmín Bartolo Salgado Quien ha llegado mi vida a darme una felicidad y alegría inmensa, mi niña hermosa en quien pensé en todo momento y es mi razón para ser mejor cada día, cada uno de mis logros es para ti, eres lo más hermoso de mi vida. **Te amo pequeña.**

A el Ing. Hugo Bartolo Remigio que ha estado conmigo siempre que lo he necesitado, en las buenas y en los malos momentos, por brindarme su apoyo incondicional y compartir la vida conmigo ya que ocupa un lugar muy especial en mi corazón y es mi fortaleza día a día, este triunfo es de ambos. **Te amo.**

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
INDICE DE CONTENIDO	iii
INDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE CUADROS	vii
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivos.....	2
Hipótesis.....	2
II. REVISION DE LITERATURA	3
Aspectos generales del cultivo.....	3
Origen del cultivo.....	5
Clasificación botánica	5
Requerimientos del cultivo.....	6
Luz y sombreo.....	6
Temperatura.....	6
Suelo.....	7
Lana de roca.....	7
Fertilización.....	9

Riego.....	10
Fertirrigación.....	10
Alcalinidad.....	12
Alcalinidad en el agua.....	12
Efecto de alcalinidad en las plantas.....	13
El calcio en las plantas.....	13
Soluciones nutritivas.....	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
Localización geográfica del sitio experimental.....	15
Material vegetal.....	15
Procedimiento experimental.....	15
Descripción de los tratamientos.....	16
Aplicación de los tratamientos.....	18
Variable evaluadas.....	19
Diseño experimental.....	20
Análisis estadísticos.....	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
V. CONCLUSIÓN.....	33
VI. LITERATURA CITADA.....	34
VII. APÉNDICE.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No.		Pág.
2.1	Representación fotográfica de la plantan de lisianthus (<i>Eustoma gradiflorum</i>).....	4
3.1	Manejo del cultivo.....	17
4.1	Efecto de dos niveles de alcalinidad y tres concentraciones de calcio en la variable altura de planta en el cultivo de lisianthus cultivado en hidroponía.....	23
4.2	Efecto de dos niveles de alcalinidad y tres concentraciones de calcio en la variable diámetro del tallo en el cultivo de lisianthus cultivado en hidroponía.....	24
4.3	Efecto de dos niveles de alcalinidad y tres concentraciones de calcio en la variable diámetro de la flor en el cultivo de lisianthus cultivado en hidroponía.....	25
4.4	Efecto de dos niveles de alcalinidad y tres concentraciones de calcio en la variable numero de hojas en el cultivo de lisianthus cultivado en hidroponía.....	27
4.5	Efecto de dos niveles de alcalinidad y tres concentraciones de calcio en la variable numero de flores en el cultivo de lisianthus cultivado en hidroponía.....	29
4.6	Efecto de dos niveles de alcalinidad y tres concentraciones de calcio en la variable peso fresco de la hoja en el cultivo de lisianthus cultivado en hidroponía.....	30

4.7	Efecto de dos niveles de alcalinidad y tres concentraciones de calcio en la variable peso fresco del tallo en el cultivo de lisianthus cultivado en hidroponía.....	31
4.8	Efecto de dos niveles de alcalinidad y tres concentraciones de calcio en la variable peso fresco de la flor en el cultivo de lisianthus cultivado en hidroponía.....	32

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Pág.
2.1	Composición química de la lana de roca.....	8
2.2	Solución recomendada para una buena nutrición.....	9
2.3	Algunos fertilizantes solubles para fertirriego...	11
3.1	Descripción de tratamientos.....	16
3.2	Fertilizantes utilizados para la preparación de las soluciones nutritivas.....	18
A.1	Comparación de medias y ANVA de plantas de lisianthus (<i>Eustoma grandiflorum</i>) variedad mariachi blue cultivada en hidroponía, de las variables altura de la planta, diámetro del tallo, diámetro de la flor y número de hojas.....	39
A.2	Comparación de medias y ANVA de plantas de lisianthus (<i>Eustoma grandiflorum</i>) variedad mariachi blue cultivada en hidroponía, de las variables numero de flores, peso fresco de la hoja, peso fresco del tallo, peso fresco de la flor	40

RESUMEN

El cultivo de *Lisianthus* es de gran importancia en México, pero en la actualidad existe poca información sobre el manejo del cultivo, así como los problemas de alcalinidad que existen en varias regiones de México. En la presente investigación se evaluó el comportamiento de *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum*) cultivado en variable nivel de alcalinidad y contenido de calcio en hidroponía. La investigación se realizó en la UAAAN el invernadero No. 2 de botánica, durante el periodo de marzo del 2011 a julio del 2011, para ello se trasplantaron plántulas de *Lisianthus* con 6 cm de altura utilizando un marco de plantación de tres bolillos con 12 plantas por bloque de lana de roca. Para los tratamientos se utilizaron tres concentraciones de calcio (Ca) (4, 6 y 8 mM) con dos niveles de alcalinidad (1 y 6 mM). El diseño experimental fue bloques al azar, donde las variables evaluadas fueron: altura de la planta, diámetro del tallo y flor, número de hojas y flores, peso fresco de la hoja, tallo y flor.

Se encontró que los niveles de alcalinidad independientemente del contenido de Ca en la solución hidropónica probados en el experimento, afectaron la calidad de la flor y la productividad en el cultivo de *Lisianthus*. Las variables altura de planta, número de hojas, número de flores y peso fresco de la hoja fueron las variables más afectadas por los tratamientos. Las plantas cultivadas con un bajo nivel de alcalinidad (1 mM de HCO_3) presentaron un mayor número de hojas, número de flores y peso fresco de la hoja, observándose que a medida que se incrementó la concentración de Ca los valores se fueron incrementando. En tanto que las plantas cultivadas con un alto nivel de alcalinidad (6 mM de HCO_3), a medida que aumentó la concentración de Ca se incrementó la altura de la planta.

Palabras clave: Flor de corte, calidad del agua, bicarbonato, solución.

INTRODUCCIÓN

La horticultura ornamental en México ha sido de mucha importancia, en especial la flor de corte, ya que se utiliza para la comercialización en fresco, debido a las exportaciones con sus entradas de divisas y demanda de mano de obra para la producción y empaque (Cirilo, 2004).

A diversidad de climas en nuestro país permite la producción de gran variedad de ornamentales teniendo disponibilidad en todo el año, a la fecha México ocupa el cuarto lugar a nivel mundial en superficie cultivada de ornamentales con 23 mil 417 hectáreas de cultivo, 75% a cielo abierto y 25% en invernaderos o viveros. Los principales estados productores son: estado de México, Puebla y Morelos (SAGARPA, 2011).

El Lisianthus asume la bella elegancia de la rosa, la dedicada floración de la peonía y una estructura similar a la anemona. En pocos años esta flor ha ido ganando popularidad al ofrecer una belleza equilibrada, una larga duración de más de 10 días y una sedosa textura en sus pétalos ya florecidos y vellos colores, características que la hacen atractiva para el consumidor (Flores Frescas, 2014). La alcalinidad influye directamente en la proliferación de muchos microorganismos del suelo. La actividad de estos microorganismos determina, muchas veces, la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Los suelos alcalinos cubren alrededor del 25% de la superficie terrestre y son particularmente abundantes en regiones áridas y semiáridas de todo el mundo. En México estos suelos se encuentran en regiones centro y norte. Para este problema de alcalinidad es necesaria aplicar una alta cantidad de fertilizantes cuya actividad tiene altos costos económicos y ecológicos (Barrios, 2013).

El lisianthus es originario de regiones áridas y semiáridas del norte de México y sur de los estados unidos (Melgares de Aguilar, 2002). Como se mencionó anteriormente en la producción de lisianthus se ha buscado alternativas para el cultivo del mismo.

Lo cual es necesario generar información sobre el comportamiento del lisianthus a la alcalinidad y Ca. En este trabajo de investigación de se establecieron con los siguientes objetivos e hipótesis:

OBJETIVO

Evaluar el comportamiento del lisianthus (*Eustoma gradiflorum*) cultivado en variable nivel de alcalinidad y contenido de calcio en hidroponía.

HIPÓTESIS

La calidad y productividad del cultivo de lisianthus (*Eustoma gradiflorum*) no se verá afectada por los niveles variables de alcalinidad y contenido de calcio en la solución hidropónica.

REVISIÓN DE LITERATURA

Aspectos generales del cultivo

Melgares (1996) señala que la reproducción de *lisianthus* se realiza normalmente por semilla, aun que también se puede hacer por esqueje o por cultivo in vitro de tejidos. Maldonado y contreras (2005) agregan que el tiempo de germinación y crecimiento de la radícula se extiende por 10 a 14 días y desde el transplante hasta la obtención de los platines varia de 10 a 19 semanas dependiendo la época de siembra, completando así 70 a 126 días. Esta planta propagándola por esquejes se obtiene plantas a los 60 días.

El *lisianthus* es una planta herbácea que forma una roseta de hojas, sobre las cuales se desarrolla un tallo muy rígido con hojas verdes que puede alcanzar un largo de 50 cm a 90 cm, en cuyo extremo aparecen las flores largamente pecioladas de 6 a 9 centímetros de diámetro y 7 a 10 centímetros de largo; estas flores pueden ser simples o dobles (Figura 2.1.) (Halevy and Kofranek, 1984).

Las flores de las plantas nativas tienen colores entre el azul y púrpura, pero los híbridos presentan una gran gama de colores. Las flores maduran y se abren acropetalamente, están compuestas por un cáliz de cinco sépalos, una corola de 5 pétalos, cinco estambres unidos a la base de la corola y un solo ovario con dos estigmas (Bailey, 1996) (Figura 2.1.).

Esta planta, desde su siembra a floración, tiene un lento crecimiento que media entre cinco a seis meses, produciendo de tres a cuatro tallos florales por planta (Verdugo, 2007).



Figura 2.1 Representación fotográfica de la planta de lisianthus (*Eustoma grandiflorum*).

Este cultivo presenta dos floraciones y el tiempo que ocurre entre la primera y segunda cosecha de flores es de 3 a 4 meses (90 a 120 días esto depende de la variedad y épocas de plantación). Es de día largo cuantitativo, es decir, las plantas florecerán más rápido por primera vez cuando hay días largos, sin embargo las varas que florecerán después no son afectadas por el fotoperiodo.

La primera floración es de muy buena calidad, obteniéndose 3 a 4 tallos florales por planta, los cuales son rectos y fuertes. La segunda floración presenta una menor calidad, son más cortos los tallos, tienen menos cantidad de flores y son más pequeñas (Verdugo, 2007). En ocasiones se realizan labores de desbotonado para eliminar el primer botón, ya que es más largo el periodo de apertura entre el primer y el segundo botón, que es el segundo y tercer botón.

Estas flores presentan una muy buena calidad y presenta una adecuada post-cosecha entre 10 y 15 días en el florero, sin embargo los

brotos más pequeños tienden a quedar cerrados, particularmente en variedades de color azul y rosa (Armitage, 1993).

Origen del cultivo

El *lisianthus* es una planta nativa de los Estados Unidos y norte de México. Pertenece a la familia de las gencianáceas las variedades para flor cortada tienen una altura entre 60 y 120 cm.

Es una planta de ciclo anual o bianual y se encuentra en forma silvestre en las tierras desérticas, pero no es una planta de desierto verdadera. En su tierra nativa el *lisianthus* se encuentra creciendo a lo largo de los ríos y en tierras bajas donde siempre tiene acceso a agua fresca. A mediados del verano las plantas silvestres emiten raíces profundas en busca de agua (Verdugo, 2007).

Clasificación Botánica

Clasificación propuesta por Cronquist (1984) y las categorías de la jerarquía taxonómica aceptadas por el código internacional de nomenclatura botánica se clasifican de la siguiente manera:

Género - *Eustoma*

Especie - *grandiflorum*

Requerimientos del cultivo

Luz y Sombreo

(Verdugo, 2007), menciona que las plantas de *lisianthus* requieren de una alta luminosidad y clima soleado para su mejor crecimiento, en época de días largos la calidad y cantidad de flores por planta es mayor que en días cortos.

Durante el invierno, cuando existen menos de 12 horas luz, puede utilizarse la luz suplementaria (incandescente o HID). Los días largos (más de 14 horas luz) o la interrupción nocturna de 10 p.m. a 2 a.m. aceleran la floración. La luz HID es preferible ya que aumenta la calidad de las flores y disminuye el tiempo de producción (Ball Horticultural Company, 2005).

Los factores ambientales tienen un efecto directo sobre la transición floral en *Lisianthus*, y que cultivos conducidos bajo el régimen de días cortos (8/16h (día/noche)) inducen mayor número de flores por inflorescencia, que los conducidos bajo días largos (16/8h (día /noche)) Zaccai y Edri (2002).

Temperatura

La sensibilidad a las temperaturas es muy importante en el periodo que va desde la siembra a la formación del cuarto par de hojas, se debe asegurar temperaturas de 23 a 25 °C en el día y 18 a 20 °C en la noche, hasta la formación del segundo o tercer par de hojas (Melgares de Aguilar, 2002; Ohkawa *et al.*, 1994).

Temperaturas entre los 5 y 20 °C son las más eficaces para la floración, sin embargo temperaturas de 15 °C por cuatro semanas son eficientes para plantas que presentan cuatro hojas verdaderas y 10°C por

seis semanas para plantas que tienen 8 pares de hojas (Ohkawa *et al.*, 1984).

El cultivo debe realizarse siempre en invernadero, descartando su realización al aire libre, ya que de este modo se disminuye la influencia negativa de las inclemencias meteorológicas sobre las plantas.

Suelo

Para este cultivo el suelo debe ser suelto, fértil de textura franco arenosa, libre de plagas con un buen drenaje, alto contenido de materia orgánica (3% mínimo), pH entre 6.8 a 7 con una conductividad eléctrica de 1.0 a 1.2 mmhos/cm en primavera-verano, y en otoño-invierno 1.5-1.6 mmhos/cm (Velázquez, 2006).

El cultivo de lisianthus se puede cultivar tanto en suelo como en sustrato. El termino sustrato se aplica a todo material solido que colocado en un contenedor o bolsa, en forma pura o mezclas, permite el desarrollo del sistema radical y el crecimiento del cultivo. Los sustratos son utilizados para el sistema de cultivo sin suelo, es decir aquellos en los que la planta desarrolla su sistema radical en un medio sólido y el cual está confinado en un espacio limitado y aislado del suelo (Flores, 2010).

Lana de roca

Este sustrato fue descubierto por unos científicos en Hawai en el año de 1850, cuando observaron las hebras de roca creadas por las erupciones del volcán Mauna loa. Los que los científicos no pudieron prever fue que su descubrimiento llevaría cambios tan enormes en el cultivo de plantas, casi un siglo más tarde.

La lana roca consiste en una mezcla de 60% de diabasa, 20% de coque y 20% de roca calcárea, que se vierten en hornos para su fundido a

1000 y 1100 °C. La masa fundida se vierte a su vez sobre una maquina rotatoria en la que la masa solidifica en forma de fibras que se recogen en una cámara a 60°C donde se añaden aditivos como baquelita, resinas fenólicas o aceites.

La baquelita se añade a medida que se desarrollan las fibras y tienen por función mantener las fibras separadas y la estructura estable. De esta cámara sale un colchón de fibras que va a una cámara de curado donde se insufla aire caliente, en esta cámara hay bandas de distinto grosor que forman las planchas de lana roca. La lana roca consiste en un medio artificial formado por fibras de 0.005 mm de grueso y 3 mm de longitud, las planchas comprimidas pesan entre 70 a 80 kg de materia seca por m³.

Los bloques pueden tener entre 2.5 y 5 cm de lado y de 4 a 6.5 cm de altura, según su uso, y suelen estar rodeados por una película plástica. Los tamaños de plancha más comunes suelen ser de 5 y 10 cm de grueso y 15 a 45 cm de anchura y hasta 1 m de longitud. Y su composición química lleva los siguientes elementos (Cuadro 2.1) (Paz, 2009).

Cuadro 2.1. Composición química de la lana de roca (Paz, 2009)

Elemento	Porcentaje en peso
SiO ₂	47
Al ₂ O ₃	14
K ₂ O	1
Na ₂ O	2
Óxidos de hierro	8
CaO	16
MgO	10
TiO ₂	1
MnO	1

Fertilización

El lisianthus al ser originario de tierras alcalinas las que son ricas en calcio, requiere de este nutriente para mantener plantas fuertes, sanas y con raíces profundas. Por esto, el empleo de nitrato de calcio es importante, sobre todo, en zonas de producción deficientes en calcio (Croft y Nelson, 1998).

El lisianthus no requiere de alta fertilización, se recomienda mantener un equilibrio de (1:0.5:1.2) N: P: K. la C.E. no debe superar 1.0 mmhos (Vidalie, 1992).

En caso de tener problemas con aguas duras se puede utilizar ácido fosfórico como fuente de fósforo y al mismo tiempo nos ayuda a regular el pH de la solución que se recomienda.

Un pH de 6 a 6.5 a la salida del sistema de riego para lograr una buena nutrición es necesario aplicar una solución que contengan los siguientes elementos (Cuadro 2.2.).

Cuadro 2.2. Solución recomendada para una buena nutrición.

Elemento	Concentración (ppm)
N	180
K	160
Ca	180
Fe	30
Mg	30
B	20

Riego

Se recomienda el uso de riego por goteo para reducir el agua libre en las hojas, sin embargo hay productores que entierran los tubos de riego 6 a 4 cm bajo el suelo, para imitar las condiciones naturales del *lisianthus* y promover un sistema de raíces fuertes y profundas. Los riegos deben ser frecuentes y de bajo caudal.

Cuando las plantas comienzan a madurar y formar botones florales se deben realizar riegos menos frecuentes (Sakata, 2002; Verdugo, 1994).

Fertirrigacion

El fertirriego se considera como la aplicación de fertilizantes a los cultivos por medio del agua de riego. La fertirrigacion es una técnica que nace con el empleo de riego por goteo, el agua se aplica al cultivo de una manera eficiente y frecuente con los mismos desperdicios de agua y de fertilizantes (Elfego, 2000).

La fertilización se aportara con agua de riego, se puede utilizar abonos solubles, tal como nitrato amónico, nitrato potásico y fosfato mono amónico (Paz, 2009).

En caso de utilizar aguas alcalinas, es recomendable acidificarla, hasta obtener un ph a la salida de los goteros entre 5.5 y 6.5, esto se puede conseguir mediante la utilización de ácido nítrico o ácido fosfórico, ello nos evitara obturaciones en los emisores, además de favorecer la asimilación de micro elementos (hierro, entre otros). Habrá que tener en cuenta la aportación de elementos fertilizantes de estos ácidos, un 12.4% de nitrógeno en el ácido nítrico y un 72% de fosforo en el ácido fosfórico del 85%, y descontar las cantidades aportadas de los fertilizantes tradicionales (Domínguez, 2002).

En fertirriego los nutrientes son aplicados en forma exacta y uniforme, solo el volumen radicular humedecido, donde están concentradas las raíces activas. El control preciso de la tasa de aplicación de nutrientes optimiza la fertilización, reduciendo el potencial de contaminación del agua subterránea causada por el lixiviado de fertilizantes.

Bajo el riego por goteo solo el 20% del suelo es humedecido por los goteros y si los fertilizantes son aplicados al suelo separadamente del agua, los beneficios de riego no se verán expresados en el cultivo.

Entre los fertilizantes altamente solubles apropiados para el uso en fertirriego son (Cuadro 2.3.) (Productores de hortalizas, 2008).

Cuadro 2.3. Algunos fertilizantes solubles para fertirriego (Productores de hortalizas, 2008).

Elemento
Nitrato de amonio
Cloruro de potasio
Nitrato de potasio
Urea
Monofosfato de amonio
Monofosfato de potasio
Entre otros...

Dicha solución es necesaria aplicarla siempre que se efectúen los riegos, para que la planta tenga un buen desarrollo, desde el inicio y al alcanzar su máximo desarrollo se reducen los riegos y por lo mismo se reduce la nutrición (Domínguez, 2002).

Alcalinidad

La alcalinidad es la concentración de alcalinos solubles con la capacidad para neutralizar ácidos (Bailey, 1996) y mide la capacidad amortiguadora del agua causada por la eliminación de H^+ de la solución (Kuehny y Morales, 1998).

La alcalinidad es causada principalmente por los bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos presentes en la solución y en menor grado por los boratos fosfatos y silicatos, que pueden estar presentes en la muestra (Atenea, 2014).

Alcalinidad en el agua

El bicarbonato (HCO_3^-) abunda en las agua naturales. Por lo común no existe en la naturaleza excepto en solución. Los bicarbonatos de sodio y potasio pueden existir en la forma de sales sólidas. Un ejemplo es el de bicarbonato de sodio (Manuel, 2003).

Las principales sales solubles que afectan a los suelos son cloruros, en especial de sodio y magnesio, y en segundo lugar por lo general, bastante alejados los sulfatos de estos cationes, estas son las sales constituidas por cationes y aniones fuertes, su disociación no altera el pH de la solución de manera significativa.

Pero en la solución edáfica y en algunas fuentes de agua de baja mineralización suelen ser alcalinas, en ellas el sodio está asociado con los aniones carbonato y bicarbonato, ambos débiles; la disolución de este tipo de sales hace que el pH de la solución alcance valores muy elevados para la mayor parte de los cultivos (Ortega y Orellana, 2007).

Efecto de la alcalinidad en las plantas

La alcalinidad afecta el crecimiento de las plantas a través de una disminución en la solubilidad de los nutrientes. La disminución de la solubilidad de los nutrientes es causada por el incremento de pH asociada con concentraciones crecientes de carbonato. Cuando los carbonatos se acumulan en el pH de una solución, esta alcanza niveles que causan la inhibición del crecimiento de las plantas, la cual es causada principalmente por la transformación de las formas solubles de Fe en formas insolubles (Barrios, 2013).

El calcio en las plantas

El calcio se transporta por las raíces de la planta principalmente a través del xilema, junto con el agua. La raíz debe balancear la liberación de Ca al Xilema con la necesidad de las células individuales de la raíz para usar el Ca citoplásmico en las señales intracelulares.

Por lo tanto la absorción de calcio está directamente relacionada con la proporción de transpiración de la planta (Barrios, 2013).

El calcio es un nutriente esencial para las plantas algunas de sus funciones son:

- Promueve el alargamiento celular.
- Toma parte en la regulación estomática.
- Participa en los procesos metabólicos de absorción de otros nutrientes.
- Fortalece la estructura de la pared celular.
- Ayuda a proteger la planta contra el estrés de temperatura alta, el cual participa en la inducción de proteínas de choque térmico.

(Smart-fertilizer, 2014).

Soluciones nutritivas

En los cultivos hidropónicos todos los elementos esenciales se suministran a las plantas disolviendo las sales en agua para preparar la solución de nutrientes.

Las diferentes sales fertilizantes que podemos usar para la solución de nutrientes tienen a la vez diferente solubilidad, es decir, la medida de la concentración de sal que permanece en solución cuando la disolvemos en agua, si una sal tiene baja solubilidad, solo una cantidad pequeña de esta se disolvería en agua. En los cultivos hidropónicos las sales fertilizantes deberán tener una alta solubilidad, puesto que deben permanecer en solución para ser tomadas por las plantas (Walcoagro, 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización geográfica del sitio experimental

El experimento se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en buena vista al sur de la Ciudad de Saltillo Coahuila, en el kilómetro 6, entre los paralelos 25°22 y 25°21 de latitud norte y los meridianos 101°01 y 101°03 de longitud Oeste: con una altura de 1743 msnm.

Se llevó a cabo en el invernadero n° 2 de botánica, el invernadero es de tipo túnel con dimensiones de 7 m de ancho y 30 m de largo con estructura metálica, contando con una pared húmeda y dos extractores de aire que se activaban automáticamente con cubierta de fibra de vidrio. En el periodo del 26 de marzo del 2011 al 1 de julio del 2011.

Material vegetal

Se utilizaron plántulas de Lisianthus (*Eustoma gradiflorum*) con 6 cm de largo de la variedad Mariachi blue.

Procedimiento experimental

Para llevar a cabo la siembra, el 26 de marzo del 2011, se utilizaron plántulas de lisianthus y bloques de lana roca de la marca (Grodan Classic).

Para colocar estos bloques se utilizaron macetas color ladrillo como base, se humedecieron los bloques de lana de roca hasta llegar a la capacidad de campo (CC), separándolos para tener un buen manejo. El transplante se realizó con cuidado y en cada bloque se colocaron 12 plántulas de lisianthus, utilizando un marco de plantación de tres bolillos (Figura 3.1.).

Descripción de los Tratamientos

En el experimento se evaluó el comportamiento de lisianthus en dos niveles de alcalinidad y tres concentraciones de Ca en la solución nutritiva como se observa en el (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Descripción de tratamientos.

Tratamiento	HCO ₃ ⁼ (mM)	Ca (mM)
1	1	4
2	1	6
3	1	8
4	6	4
5	6	6
6	6	8

La concentración de los restantes elementos en la solución nutritiva fue de acuerdo a la fórmula propuesta por Hoagland, la cual contiene 15 mM de N, 1 mM de P, 6 mM de K, 4 mM de S, 0.5 ppm de Fe, 0.1 ppm de Zn, 0.01 ppm de Cu, 0.01 ppm de Mn, 0.01 ppm de B y 0.001 ppm de Mo.

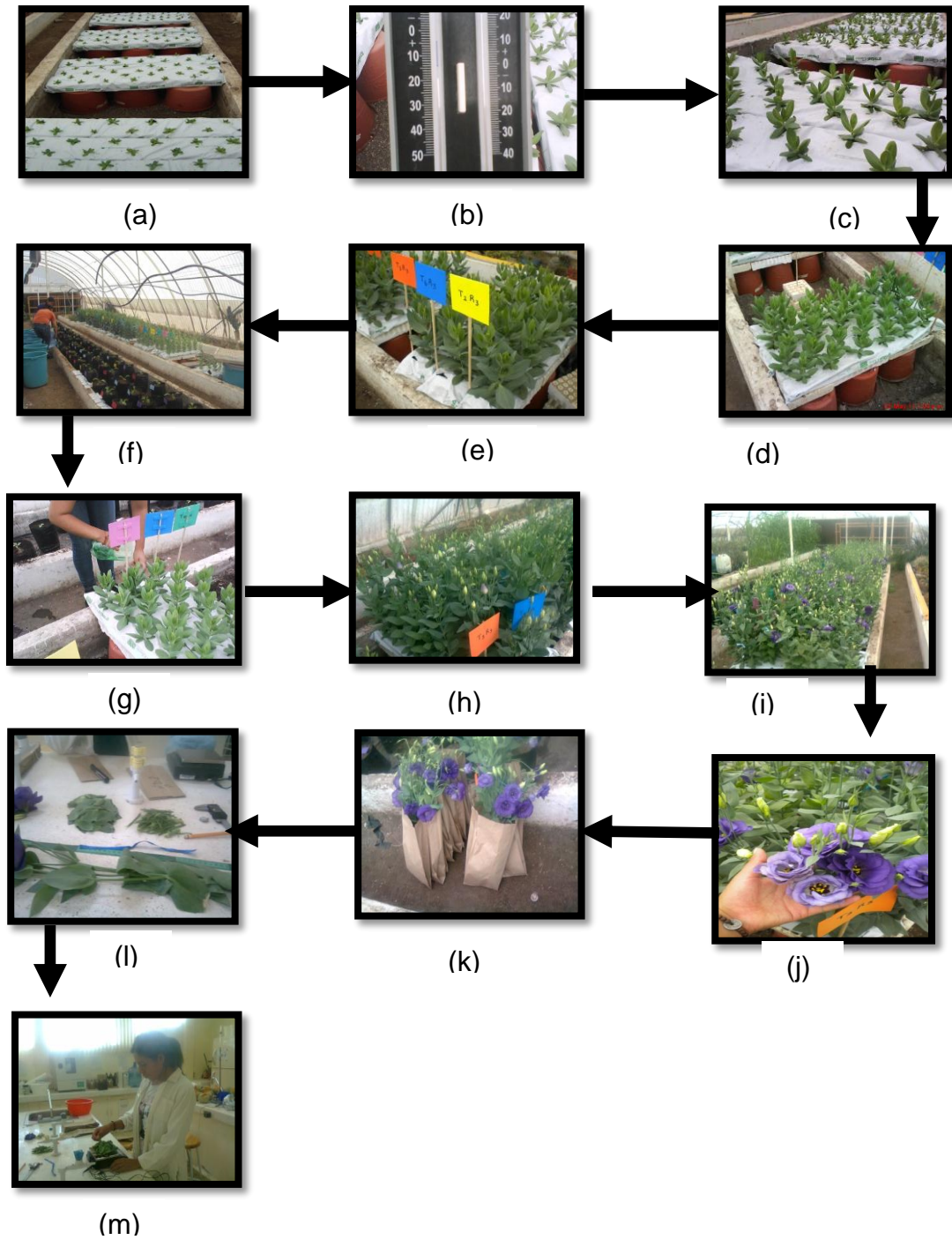


Figura 3.1. Manejo del cultivo. a) trasplante, b) obtención de temperatura, c) crecimiento, d) selección de plantas, e) marcaje de tratamientos y sus repeticiones, f) elaboración de las soluciones, g) aplicación de las soluciones, h) presencia de botones florales, i) apertura de botones florales, j) determinación del punto de cosecha, k) cosecha, l) separando las partes de la planta, m) obtención de datos de las variables en laboratorio.

El pH promedio de las soluciones nutritivas con 1 y 6 mM de HCO_3^- , fueron 7.12 y 8.32 respectivamente, y con una conductividad eléctrica promedio de 2.47 y 2.76 dS m^{-1} , respectivamente. Las soluciones se prepararon con los fertilizantes mostrados en el Cuadro 3.2 con agua destilada.

Cuadro 3.2. Fertilizantes utilizados para la preparación de las soluciones nutritivas.

Fertilizante	Concentración (%)	
Magnisal	18.9 N	16.2 Mg
Nitrato de calcio	17 N	24 Ca
Nitrato de potasio	12 N	46 K
Sulfato de magnesio	36.4 Mg	21.2 S
Cloruro de calcio	36.1 Ca	63.9 Cl
Bicarbonato de potasio	61 HCO_3^-	39 k
Sulfato de potasio	44.9 K	55.2 SO_4
Fosfato dibásico de potasio	22.7 P	28.7 K
Sulfato ferroso	36.8 Fe	21.1 S
Sulfato de Zinc	40.5 Zn	19.8 S
Sulfato de cobre	39.8 Cu	21.1 S
Ácido bórico	55.85 % BO_3	0.34% SO_4
Molibdato de amonio	54% Mo	7% N

Aplicación de tratamientos

El 18 de abril del 2011 se empezó el riego (de forma manual) con los tratamientos antes mencionados y una solución A, B, C (20 ml de cada uno). Aplicando 5 lt por bloque de lana roca el riego se estuvo dando conforme las necesidades de las plantas (Figura 3.1).

Variables evaluadas

El 17 de junio del 2011 al 1 de julio del 2011 se tomaron los datos de las variables de cada una de las plantas de cada tratamiento con sus repeticiones. Las variables evaluadas son: altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, número de flores y botones florales, diámetro de flor y peso fresco de hoja, tallo y flor.

✓ **Altura de la planta**

Esta variable se obtuvo midiendo desde la base del tallo hasta donde llegó la última flor utilizando una cinta métrica en cm.

✓ **Diámetro del tallo**

Para esta actividad se utilizó un vernier digital el cual se colocó en la argolla del tallo para tomar la lectura en mm.

✓ **Diámetro de flor**

La medida de esta variable se obtuvo con una cinta métrica en cm donde se tomaron en cuenta las flores que ya estaban abiertas.

✓ **Número de hojas**

El valor se obtuvo al deshojar completamente el tallo de lisianthus y contando el número de hojas en cada uno de los tallos cortados.

✓ **Número de flores**

Después de haber cortado las hojas, se contaron y quitaron los botones florales para conseguir las flores abiertas de la planta las cuales fueron contadas.

✓ **Peso fresco de hojas, tallos y flores.**

Estas variables se determinaron desde el día que empezó el corte que fue el día 17 de junio del 2011 al día 1 de julio del 2011. Los días que había corte ese mismo día se tomaba datos del peso fresco de cada una de las variables, las hojas, tallo, y flores.

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, se utilizaron 6 tratamientos con tres repeticiones por tratamiento cada repetición consistió de un bloque de lana roca con 12 plantas uniformemente distribuidas.

Análisis estadísticos

Se realizaron análisis de varianza (ANVA) y comparación de medias de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para cada una de las variables estudiadas empleando el programa estadístico SAS 9.0 para el análisis de datos.

Modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{iik}$$

Donde:

Y_{ijk} : Observación del i-ésimo concentraciones de HCO_3 , j-ésimo concentraciones de calcio, y k el error experimental.

μ = Media general

α_i = Efecto del tratamiento (i)

β_j = Efecto de bloque (j)

e_{iik} = Error experimental (ijk)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este trabajo de investigación se obtuvieron los siguientes resultados por variable evaluada:

Altura de la planta

En las flores de corte la altura de planta es un parámetro importante que determina el precio que esta alcanza en el mercado al momento de su comercialización. Las flores altas con longitudes que oscilan de 60 hasta 90 cm en combinación con botones grandes, numerosos y tallos fuertes son las de mayor demanda debido a que son sinónimo de calidad y facilitan un buen manejo por parte de los floristas.

En este estudio al realizar el análisis de varianza ($P \leq 0.05$) y la comparación de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) no se encontró diferencia estadística alguna en los factores alcalinidad, concentración de calcio, ni en la interacción alcalinidad-concentración de calcio (Cuadro A.1). Sin embargo de acuerdo a la Figura 4.1 se obtuvo diferencia numérica.

Las plantas en este experimento alcanzaron una altura promedio de 62.4 a 71.07 cm lo cual es favorable para el mercado y están dentro del rango normal (50-80 cm) de acuerdo a lo reportado por Sakata (2002).

En el experimento se observaron dos comportamientos en el crecimiento de la planta. Uno correspondiente a las aplicaciones de Ca con un bajo nivel de alcalinidad y otro con las mismas aplicaciones de Ca pero con un alto nivel de alcalinidad (Figura 1). En el primer caso, se observó un comportamiento irregular a medida que aumentó la concentración de calcio, mientras que en el segundo caso, se observó que a medida que se

incrementó la concentración de calcio aumentó la altura de la planta. Esto quiere decir que las plantas de lisianthus del cv. Mariachi Blue respondieron mejor a las aplicaciones de Ca con altos niveles de alcalinidad.

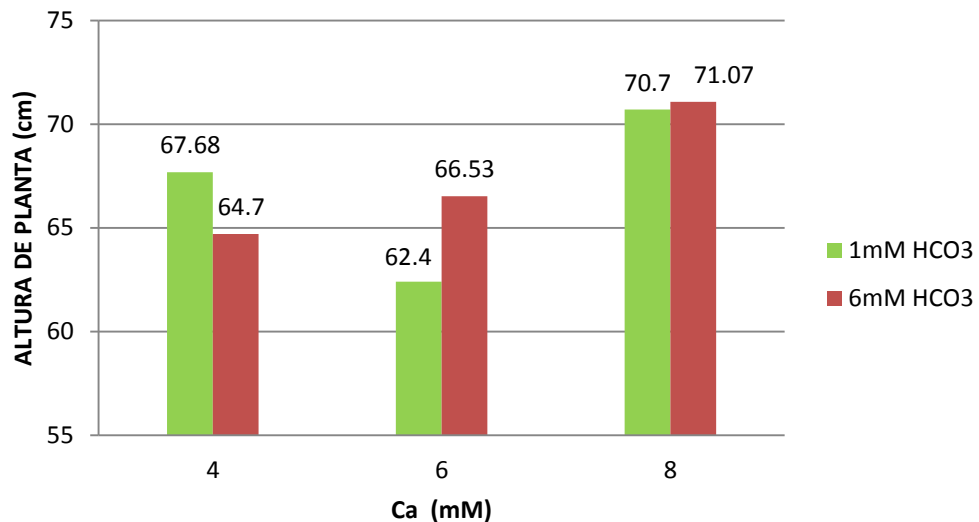


Figura 4.1. Efecto de dos niveles de alcalinidad y tres concentraciones de calcio en la variable altura de planta en el cultivo de Lisianthus cultivado en hidroponía.

HCO₃= bicarbonato, **Ca**= calcio, **mM** =milimos, Tratamientos (**T1**=1mM HCO₃ - 4mM Ca, **T2**=1mM HCO₃ - 6mM Ca, **T3**=1mM HCO₃ - 8mM Ca, **T4**=6mM HCO₃ - 4mM Ca, **T5**=6mM HCO₃ - 6mM Ca, **T6**=6mM HCO₃ - 8mM Ca).

Resultados diferentes reporto Valdez-Aguilar (2004) al realizar un trabajo en el cultivo de rosa. En este encontró que la altura de la planta no fue afectada significativamente por la concentración de NaHCO₂⁻. Probablemente esto se deba que los niveles de alcalinidad fueron diferentes a los aplicados en este trabajo de investigación.

Diámetro de tallo

El tallo de una planta cumple con diversas funciones dependiendo de su grado de madurez o desarrollo. Las funciones más importantes son la de soporte de la parte aérea, conducción del agua y sustancias elaboradas y almacenamiento de reservas.

En este estudio al realizar los análisis estadísticos ANVA ($P \leq 0.05$) y la comparación de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) no se encontró diferencia estadística alguna en los factores alcalinidad, concentración de calcio ni en la interacción alcalinidad-concentración de calcio (Cuadro A.1). Así mismo no se observó diferencia numérica de importancia en esta variable (Figura 4.2).

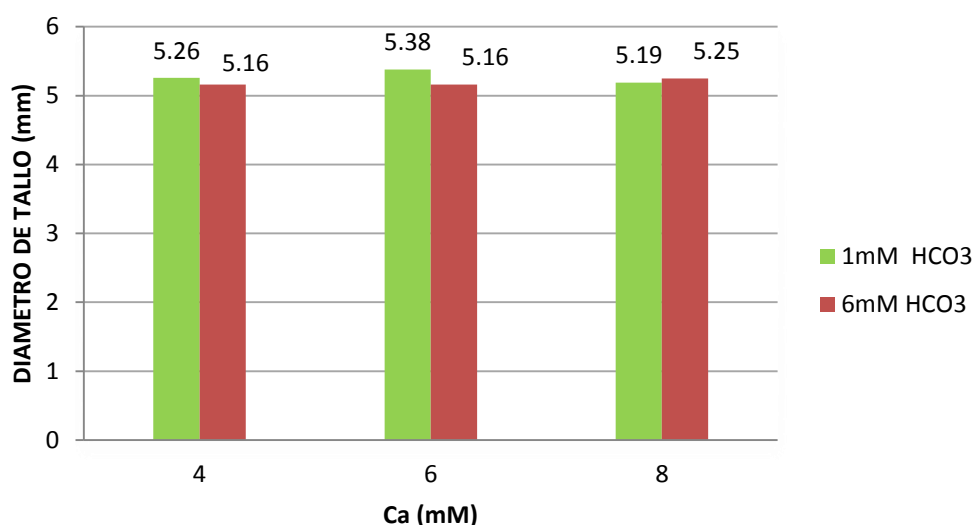


Figura 4.2. Efecto de dos niveles de alcalinidad y tres concentraciones de calcio en la variable diámetro de tallo en el cultivo de lisianthus cultivado en hidroponía.

HCO₃= bicarbonato, Ca= calcio, mM =milimos, Tratamientos (T1=1mM HCO₃ - 4mM Ca, T2=1mM HCO₃ - 6mM Ca, T3=1mM HCO₃ - 8mM Ca, T4=6mM HCO₃ - 4mM Ca, T5=6mM HCO₃ - 6mM Ca, T6=6mM HCO₃ - 8mM Ca).

Lo encontrado en este trabajo coincide con lo reportado por Gonzales (2013) quien al realizar una investigación en el cultivo de tomate bajo invernadero, donde aplicó altas concentraciones de calcio no encontró diferencias estadísticas.

Diámetro de la flor

En las especies ornamentales que son comercializadas por su belleza es de vital importancia poseer un diámetro grande de flor. Esta característica las hace más atractivas, determinado así la calidad y el precio que alcanza en el mercado.

En este estudio al realizar los análisis de varianza ANVA ($P \leq 0.05$) y la comparación de medias con la comparación de Tukey ($P \leq 0.05$), no se observó diferencia estadística (Cuadro A.1) ni diferencia numérica de importancia entre tratamientos (Figura 4.3).

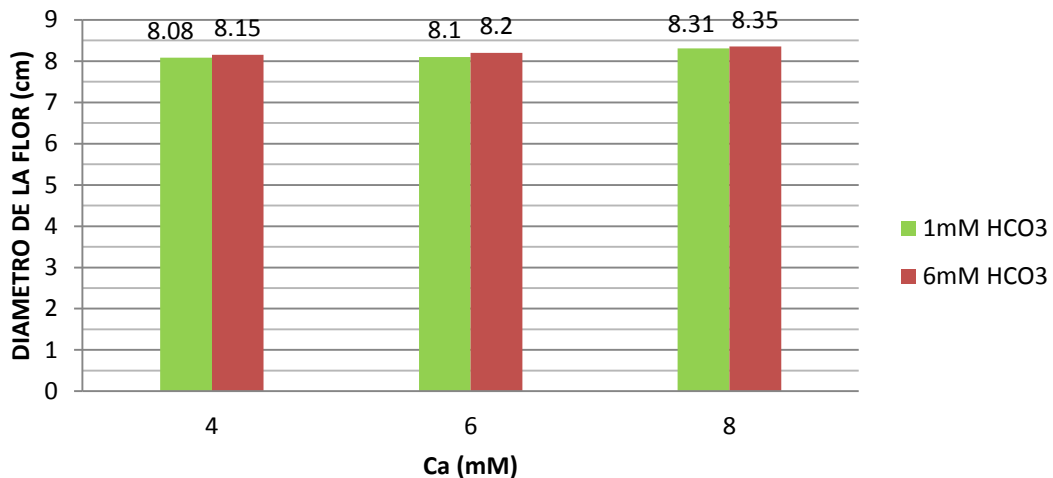


Figura 4.3. Efecto de dos niveles de alcalinidad y tres concentraciones de calcio en la variable diámetro de flor en el cultivo de lisianthus cultivado en hidroponía.

HCO₃= bicarbonato, **Ca**= calcio, **mM** =milimos, Tratamientos (**T1**=1mM HCO₃ - 4mM Ca, **T2**=1mM HCO₃ - 6mM Ca, **T3**=1mM HCO₃ - 8mM Ca, **T4**=6mM HCO₃ - 4mM Ca, **T5**=6mM HCO₃ - 6mM Ca, **T6**=6mM HCO₃ - 8mM Ca).

Los resultados obtenidos en esta variable fueron diferentes a lo reportado por Cruz (2013) quien al trabajar en la determinación de micronutrientes en el cultivo de crisantemo para flor de corte, observo un incremento en el diámetro de la flor al aplicar niveles altos de Ca. Esto posiblemente se deba a los niveles de alcalinidad trabajados en la solución hidropónica.

Número de hojas

En los cultivos de especies ornamentales como es el caso de *Lisianthus*, alcanzar un mayor número de hojas es vital para tener una mayor acumulación de reservas y en consecuencia una mejor calidad de flor, además de proporcionarle una mejor presentación al momento de la venta.

La tasa de crecimiento de las hojas depende de la expansión de células jóvenes, las cuales son producidas por la división celular en los tejidos meristemáticos. De manera que, al haber menor suministro de nutrientes se podría afectar la tasa de crecimiento foliar, esto debido a la inhibición de la tasa de producción y expansión de nuevas hojas (Barrios, 2013)

Al realizar el análisis de varianza y comparación de medias en esta investigación para esta variable, se observó diferencia estadística significativa en el factor alcalinidad. Es decir, que el alto nivel de alcalinidad (6 mM HCO_3^-) independientemente del contenido de Ca redujo el número de hojas en la planta (Cuadro A.1) lo cual fue un aspecto negativo para el cultivo.

En la Figura 4.4 se observa que las flores de *lisianthus* cv Mariachi Blue cultivadas con un bajo nivel de alcalinidad en la solución hidropónica independientemente de aplicación de Ca, presentaron en promedio 48.07

hojas en comparación con 35.7 a 36.37 que presentaron las flores cultivadas con un alto nivel de alcalinidad independientemente del contenido de calcio. Esto representó una disminución cercana al 25% en el número de hojas, lo cual fue aspecto negativo para el cultivo aunque no se determinó el tamaño de las mismas.

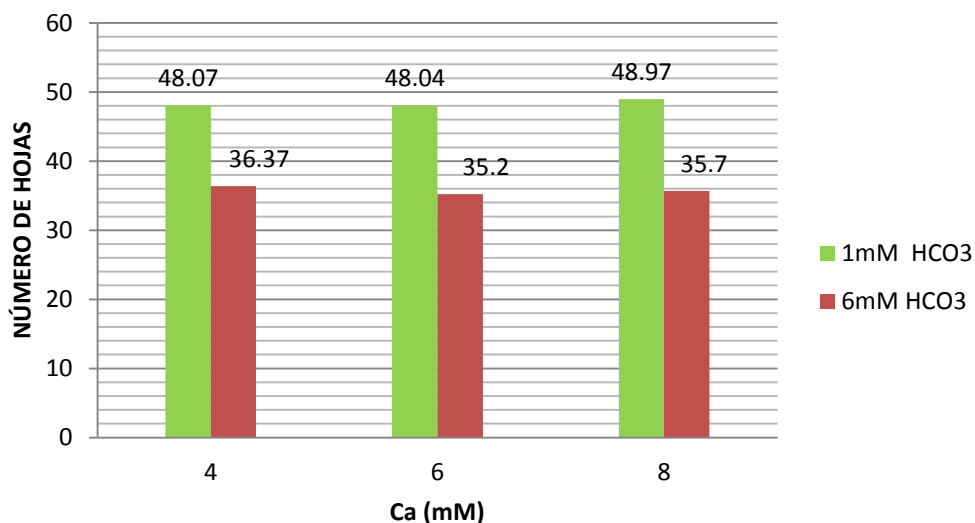


Figura 4.4. Efecto de dos niveles de alcalinidad y tres concentraciones de calcio en la variable número de hojas en el cultivo de lisianthus cultivado en hidroponía.

HCO₃= bicarbonato, **Ca**= calcio, **mM** =milimos, Tratamientos (**T1**=1mM HCO₃ - 4mM Ca, **T2**=1mM HCO₃ - 6mM Ca, **T3**=1mM HCO₃ - 8mM Ca, **T4**=6mM HCO₃ - 4mM Ca, **T5**=6mM HCO₃ - 6mM Ca, **T6**=6mM HCO₃ - 8mM Ca).

Los resultados obtenidos en este experimento coinciden con lo reportado por Cartmill *et al.* (2007) en *Rosa multiflora* cv. Burr. En este cultivo encontraron que un incremento en la concentración de HCO₃ redujo significativamente el número de hojas.

Número de flores

El lisianthus es apreciado como flor de corte, por este motivo es importante el número de flores. Esta característica es uno de los principales parámetros que se toma en cuenta para la comercialización, pues al tener mayor número de flores, mayor es el atractivo visual para el comprador final. Y para que esto se logre es de vital importancia tener un manejo adecuado de la nutrición del cultivo.

En esta investigación al realizar el análisis de varianza y la comparación de medias (Cuadro A.2) se observó diferencia estadística significativa en el factor alcalinidad. Es decir que al igual que en la variable anterior, el nivel alto de alcalinidad (6 mM HCO_3) redujo la producción de flores.

En la Figura 4.5 se observa que las plantas cultivadas con un bajo nivel de alcalinidad (1mM de HCO_3) independientemente de la concentración de Ca, obtuvieron un mayor número de flores en comparación con las plantas cultivadas con un alto nivel de alcalinidad (6mM de HCO_3). La diferencia oscilo entre una y dos flores lo que es bueno para el cultivo porque una planta con más flores es más atractiva para el comprador. Probablemente esto se deba a que las plantas cultivadas con un bajo nivel de alcalinidad en las soluciones hidropónicas produjeron también un mayor número de hojas.

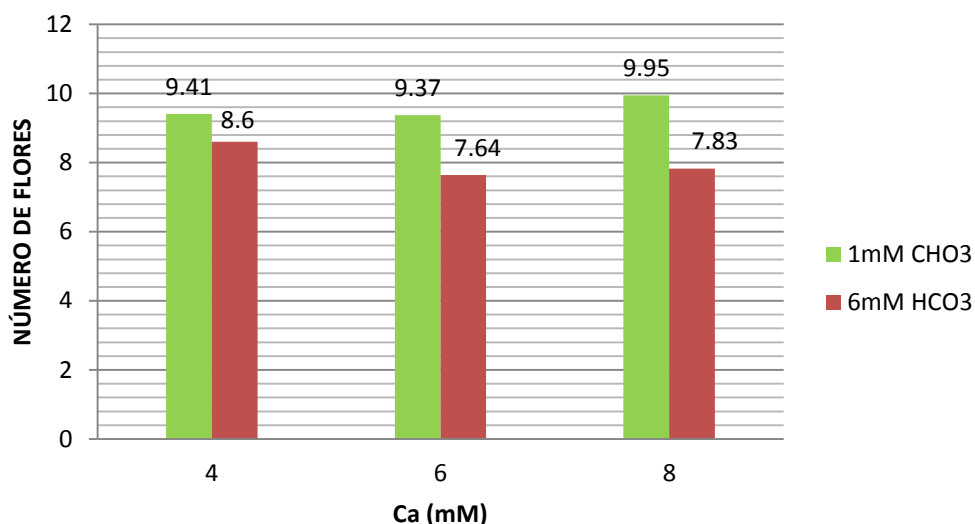


Figura 4.5. Efecto de dos niveles de alcalinidad y tres concentraciones de calcio en la variable número de flores en el cultivo de lisianthus cultivado en hidroponía.

HCO₃⁻= bicarbonato, **Ca**= calcio, **mM** =milimos, Tratamientos (**T1**=1mM HCO₃⁻ - 4mM Ca, **T2**=1mM HCO₃⁻ - 6mM Ca, **T3**=1mM HCO₃⁻ - 8mM Ca, **T4**=6mM HCO₃⁻ - 4mM Ca, **T5**=6mM HCO₃⁻ - 6mM Ca, **T6**=6mM HCO₃⁻ - 8mM Ca).

Así mismo es posible que los resultados obtenidos en este experimento se deban a que la alcalinidad disminuyo la solubilidad de los nutrientes como lo reportó Barrios (2013). La disminución en la solubilidad de los nutrientes es causada por un incremento del pH asociada con concentraciones crecientes de carbonato. Es decir que cuando los carbonatos se acumulan el pH de una solución se incrementa, ocasionando inhibición en el crecimiento de las plantas.

Valdez-Aguilar (2004) reportó en rosa que una alta concentración de NaHCO₃⁻ (>7.5 mM) tuvo una disminución significativa en el número de flores, lo cual coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio.

Peso fresco de la hoja

En este estudio al realizar el análisis de varianza y comparación de medias (Cuadro A.2) para esta variable, no se observó diferencia estadística entre tratamientos. Sin embargo, se observaron diferencias numéricas. Al aplicar soluciones nutritivas con un bajo nivel de alcalinidad y al ir aumentando la concentración de calcio, el peso fresco de las hojas se incremento, lo cual indica que hubo mayor tejido foliar. Un comportamiento contrario se observó al aplicar un alto nivel de alcalinidad y concentraciones variables de calcio. En este caso el peso fresco del follaje fue disminuyendo (Figura 4.6). Los valores encontrados oscilaron de 18.6 a 20.84 g. Esto nos indica que el cv. Mariachi Blue respondió bien a los bajos niveles de alcalinidad.

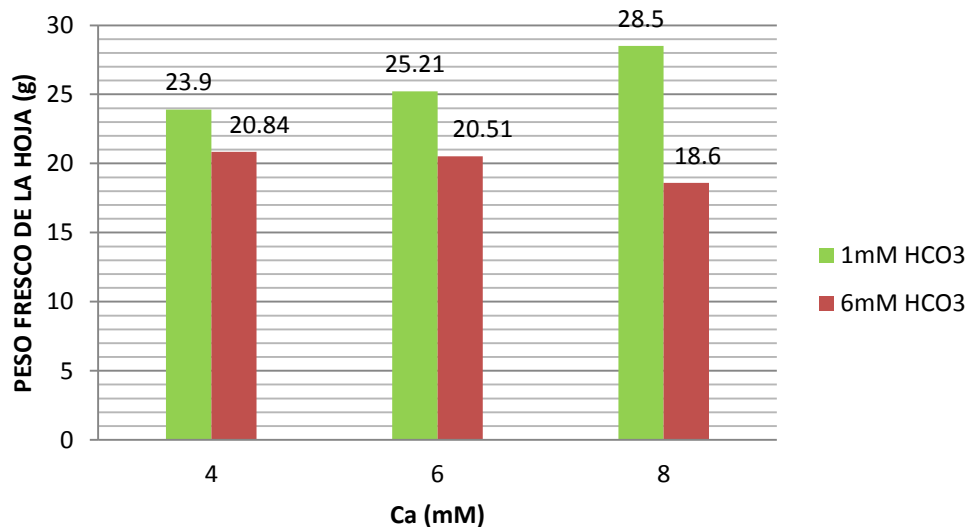


Figura 4.6. Efecto de dos niveles de alcalinidad y tres concentraciones de calcio en la variable peso fresco de la hoja en el cultivo de lisianthus cultivado en hidroponía.

HCO₃= bicarbonato, Ca= calcio, mM =milimos, Tratamientos (T1=1mM HCO₃ - 4mM Ca, T2=1mM HCO₃ - 6mM Ca, T3=1mM HCO₃ - 8mM Ca, T4=6mM HCO₃ - 4mM Ca, T5=6mM HCO₃ - 6mM Ca, T6=6mM HCO₃ - 8mM Ca).

Peso fresco del tallo

En este estudio al realizar los análisis estadísticos ANVA ($P \leq 0.05$) y la comparación de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) (Cuadro A.2) no se encontró diferencia estadística ni diferencia numérica importante entre tratamientos (Figura 4.7).

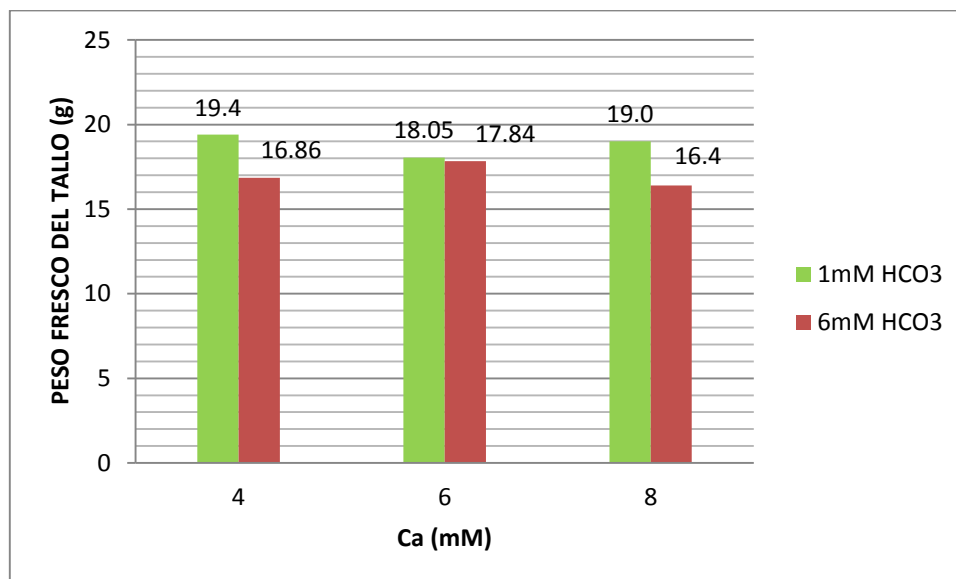


Figura 4.7. Efecto de dos niveles de alcalinidad y tres concentraciones de calcio en la variable peso fresco del tallo en el cultivo de lisianthus cultivado en hidroponía.

HCO₃= bicarbonato, **Ca**= calcio, **mM** =milimos, Tratamientos (**T1**=1mM HCO₃ - 4mM Ca, **T2**=1mM HCO₃ - 6mM Ca, **T3**=1mM HCO₃ - 8mM Ca, **T4**=6mM HCO₃ - 4mM Ca, **T5**=6mM HCO₃ - 6mM Ca, **T6**=6mM HCO₃ - 8mM Ca).

Peso fresco de la flor

Al igual que la variable anterior al realizar los análisis estadísticos para esta variable no se observó diferencia estadística (Cuadro A.2) en los factores alcalinidad, concentración de calcio, ni en la interacción alcalinidad concentración de calcio. Así mismo no se encontró diferencia numérica importante entre tratamientos (Figura 4.8).

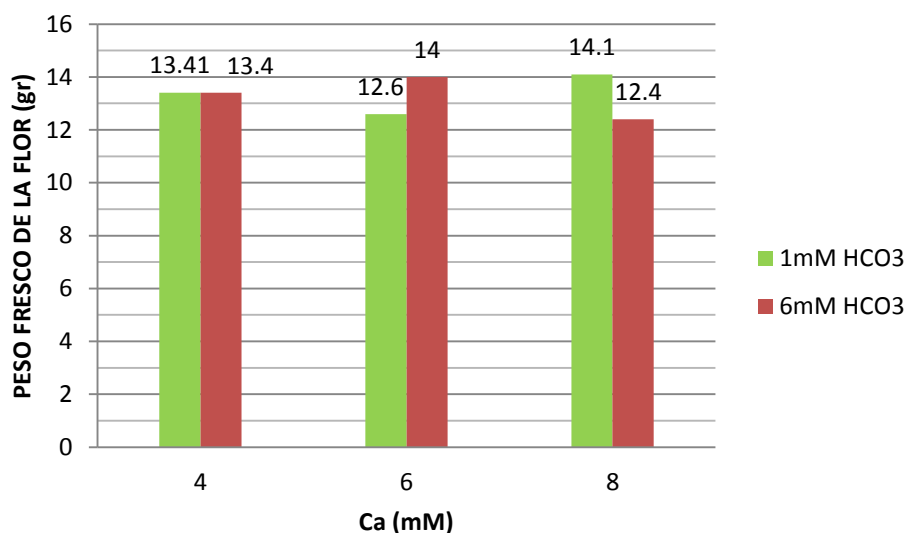


Figura 4.8. Efecto de dos niveles de alcalinidad y tres concentraciones de calcio en la variable peso fresco de la flor en el cultivo de lisianthus cultivado en hidroponía.

HCO₃= bicarbonato, Ca= calcio, mM =milimos, Tratamientos (T1=1mM HCO₃ - 4mM Ca, T2=1mM HCO₃ - 6mM Ca, T3=1mM HCO₃ - 8mM Ca, T4=6mM HCO₃ - 4mM Ca, T5=6mM HCO₃ - 6mM Ca, T6=6mM HCO₃ - 8mM Ca).

Al respecto no se encontraron reportes relacionados con el peso fresco de las hojas, tallo y flor en relación a esta investigación.

CONCLUSIÓN

De la realización del experimento se concluyó lo siguiente:

Los niveles de alcalinidad independientemente del contenido de calcio en la solución hidropónica probados en el experimento afectaron la calidad de la flor y la productividad en el cultivo de lisianthus. Las variables altura de planta, número de hojas, número de flores y peso fresco de la hoja fueron las variables más afectadas por los tratamientos. Las plantas cultivadas en una solución hidropónica con un bajo nivel de alcalinidad (1 mM de HCO_3) presentaron un mayor número de hojas, número de flores y peso fresco de la hoja, observándose que a medida que se incrementó la concentración de calcio los valores para estas variables se incrementaron. En tanto que las plantas cultivadas con un alto nivel de alcalinidad (6 mM de HCO_3), a medida que aumentó la concentración de calcio se incrementó la altura de la planta.

LITERATURA CITADA

- Armitage, A. 1993. Speciality cut flowers. USA. Timber Press 371p.
- Bailey, D. A. 1996. Alkalinity and acidification. In: Reed, D.Wm. (Ed.). Water, media and nutrition. Ball Publishing, Batavia, IL. P. 69-91.
- Ball Horticultura Company. 2005. impreso en EE UU. PanAmerican Seed Co. 622 Town Road West Chicago, Illinois USA. Formato PDF.
- Barrios B. L. 2013. Respuesta de Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) a la alcalinidad de agua de riego con niveles suplementarios de calcio. Tesis de licenciatura UAAAN Buenavista, Saltillo Coahuila, México.
- Cartmill, A. D.; Alarcón, A. and Valdez, A. L. A. 2007. Arbuscular mycorrhizal fungi enhance tolerance of *Rosa multiflora* cv. Burr to bicarbonate in irrigation water. Journal of Plant Nutrition 30: 1517-1540.
- Cirilo M. L. 2004. Aplicación de ácido cítrico y ácido benzoico vía riego al cultivo de *Lilium* cv Dreamland. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Cronquist. A. 1984. Botánica básica. Editorial continental S.A de C.V México 447 pp.

Croft B. and Nelson J. 1998. *Eustoma* (Lisianthus). In:Ball, V. Ed. Ball Redbook. 16 th. Edition. Batavia. Ball Publishing. pp. 509-512.

Cruz A. A. 2013. Estimación de Modelos para Determinar la Acumulación de Macronutrientes en Crisantemo para Flor de Corte. Tesis licenciatura UAAAN saltillo Coahuila, México.

Domínguez R. A. 2002. Cultivo de Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*). Memorias. Congreso nacional de horticultura Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Elfego G. M. 2000. Efecto del ácido giberilico sobre el rendimiento y calidad del cilantro (*Coriandrum sativum* L.) bajo condiciones de fertirriego. Tesis de licenciatura UAAAN Buenavista, Saltillo Coahuila, México.

Flores G. M. 2010. Capacidad germinativa de especies ornamentales (*Petunia hibrida* y *Coleus spp.*) en diferentes sustratos. Tesis de licenciatura UAAAN Buenavista, Saltillo Coahuila, México.

Flores Frescas. 2014. http://www.floresfrescas.com/products/83-lisianthus_morado. Consulta Octubre de 2014.

Gonzales, L.H. 2013. Efecto de la concentración de calcio y potasio en la solución de fertirriego en tomate bajo invernadero. Tesis licenciatura UAAAN saltillo, Coahuila, México.

Halevy A. and Kofranek A. M. 1984. Evaluation of lisianthus as a new flower crop. Hort. Science 19: 845-847.

Atenea. 2014.

http://atenea.udistrital.edu.co/grupos/fluoreciencia/capitulos_fluoreciencia/calaguas_cap10.pdf. Consulta octubre 2014.

Kuehny J. S. and Morales B. 1998. Effects of salinity and alkalinity on pansy and impatiens in three different growing media. *Journal of Plant Nutrition* 21:1011-1023.

Maldonado, P., Contreras, J. 2005. Lisianthus, producción de plántulas. *Tierra Adentro*.(INIA-CHILE) 60:39-41.

Manuel G. O. 2003. Manual de fertilizantes para la horticultura ediciones Limusa primera reimpresión pp. 35.

Melgares de Agilar. C, J. 2002. El cultivo de Lisianthus para flor de maceta.

Melgares, J. 1996. El Cultivo de Lisianthus (II PARTE). *Horticultura. Revista de Hortalizas, Flores, Plantas Ornamentales y Viveros*. 15(5): 47-50.

Ohkawa K., A. Kano, K. Kanematsu and M. Korenaga. 1994. Reserval of heat- induce resetting in *Eustoma grandiflorum* with low temperaturas. *hortSciencie* 29:165-166.

Ortega S. F. y Orellana G. S. 2007. El riego con aguas de mala calidad en la agricultura urbana. Aspectos a considerar. I. Aguas salinas o alcalinas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 16:41-44.

- Paz C.C. 2009. Evaluación de la relación $\text{NO}_3:\text{NH}^+$ en Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) cultivado en invernadero. Tesis de licenciatura, UAAAN. Buenavista, saltillo Coahuila México.
- PRODUCTORES de HORTALIZAS. 2002. Las claves de la nutrición una publicación de meister marzo 2008. pp 10-12.
- SAGARPA. 2011.
<http://sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/2011/mayo/Documents/2011B238.pdf>. Consulta octubre 2014.
- Smart-fertilizer. 2014. <http://www.smart-fertilizer.com/articulos/calcio-en-plantas>. Consulta octubre 2014.
- Sakata Seed. 2002. Series Lisianthus (<http://www.sakata.com.mx/paginas/ptlisianthus.htm>). Consulta octubre 2014.
- Valdez, A. L. A. 2004. Effect of alkalinity in irrigation water on select greenhouse crops. Dissertation. Texas A&M University.
- Velázquez G.D. 2006. Ácido cítrico y ácido benzoico en el cultivo de lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) en etapas tempranas. Tesis de licenciatura, UAAAN. Buenavista, saltillo, Coahuila, México.
- Verdugo G. 1994. Lisianthus, facultad de agronomía UACH, In: manejo de especies florales. Quilloga. s.p
- Verdugo R. G. 2007. MANUAL "Producción de flores cortadas –V región", dirigido por pequeños productores pertenecientes a la agricultura familiar campesina. Santiago Chile. Diciembre 2007 pag.68-72.
- Vidalie H. 1992. Producción de flores y plantas ornamentales. Madrid, Mundi Prensa. 310 p.

Walcoagro 2014 <http://ww2.walcoagro.com/?folio=9POR7JU99> consulta en noviembre del 2014

Zaccai, M. and N. Edri. 2002. Floral transition in Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*). *Scientia horticultrae* 95: 333-340

APÉNDICE

Cuadro A.1. Comparación de medias y ANVA de plantas de *Lisianthus (Eustoma grandiflorum)* variedad mariachi blue cultivada en hidroponía, de las variables altura de la planta, diámetro del tallo, diámetro de la flor y número de hojas.

Factor	(mM)	Altura de la planta (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Diámetro de la flor (cm)	Número de hojas
HCO₃	1	66.04 a	5.30 a	8.20 a	47.613 a
	6	66.82 a	5.20 a	8.24 a	35.607 b
DMS		7.18	0.41	0.15	5.9897
Ca	4	65.10 a	5.21 a	8.12 a	41.570 a
	6	64.13 a	5.27 a	8.15 a	42.655 a
	8	70.07 a	5.22 a	8.33 a	40.605 a
DMS		10.77	0.61	0.23	8.982
HCO₃ X Ca		ns	ns	ns	ns
CV		10.648	7.626	1.90	14.015

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

ns= no significativo, * =significativo al 0.05, DMS = diferencia mínima significativa, CV= coeficiente de variación.

Cuadro A.2. Comparación de medias y ANVA de plantas de lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) variedad mariachi blue cultivada en hidroponía, de las variables peso numero de flores, fresco de la hoja, peso fresco del tallo y peso fresco de la flor.

Factor	(Mm)	Número de flores	Peso fresco de la hoja (g)	peso fresco del tallo (g)	Peso fresco de la flor (g)
HCO₃	1	9.58 a	23.94 a	20.00 a	13.58 a
	6	8.01 b	20.19 a	16.90 a	12.40 a
DMS		1.12	4.30	4.39	1.92
Ca	4	8.68 a	21.73 a	18.14 a	12.95 a
	6	8.82 a	22.04 a	17.95 a	12.65 a
	8	8.92 a	22.35 a	19.21 a	13.42 a
DMS		1.67	6.45	6.58	2.87
HCO₃ x Ca		ns	ns	ns	ns
CV		12.364	19.02	23.19	14.38

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

ns= no significativo, * =significativo al 0.05, DMS = diferencia mínima significativa, CV= coeficiente de variación.