

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Respuesta de *Lisianthus Eustoma grandiflorum* (Raf) Shinn cv.ABC Blue
Rim a Altos Niveles de Amonio en Combinación con Niveles
Suplementarios de Calcio

Por:

MARIA GUADALUPE MONSIVAIS MORENO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Respuesta de *Lisianthus Eustoma grandiflorum* (Raf) Shinn cv. ABC Blue
Rim a Altos Niveles de Amonio en Combinación con Niveles
Suplementarios de Calcio

Por:

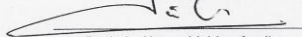
MARIA GUADALUPE MONSIVAIS MORENO

TESIS

. Presentada como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA


Aprobada



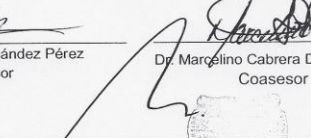
Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar
Asesor Principal



Dr. Armahdo Hernández Pérez
Coasesor



Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2015

Agradezco

A Dios por permitirme conocer este camino y mostrarme la belleza de la Tierra.

A mi madre por mantener siempre su fe en mí y darme ánimos cuando estaba por rendirme.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por abrirme las puertas y brindarme un hogar donde aprendí más de lo que aspiraba.

A mis maestros por su esfuerzo y por ofrecer una educación de calidad y en especial al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar por enseñarme el valor y entrega que debemos mostrar en esta profesión.

A mi familia y amigos por su apoyo incondicional, por permanecer en los desvelos, dificultades y compartir las alegrías de mi carrera.

Y a todos los seres que iluminan mi camino e inspiran mi vida:

MUCHAS GRACIAS!

TLASOKAMATIMIEK!

PAMPARIUS!

Dedicatoria

A Dios por ser el principio y fin de todo cuanto existe, a la vida por permitirme encontrarme en este camino y a mi madre Ma. Dolores Moreno Pérez por tantos esfuerzos para ayudarme a cumplir mis sueños, por sus enseñanzas, apoyo y por traerme a la vida les dedico este trabajo

ÍNDICE

Índice de Cuadros	i
Índice de Figuras	ii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
I.INTRODUCCIÓN	1
II.OBJETIVOS	4
III.HIPÓTESIS	4
IV.REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1 Descripción botánica	5
4.2 Requerimientos climáticos	6
4.2.1 Luz	6
4.2.2 Temperatura	7
4.2.3 Humedad	7
4.3 Manejo del cultivo	8
4.4 Nutrición	10
4.4.1. Nitrógeno	11
4.4.1.2) Absorción y asimilación de NO_3^-	13
4.4.1.3) Absorción y asimilación de NH_4^+	15
4.4.1.4) Efectos de la absorción de N como NH_4^+ o NO_3^-	16
4.4.1.5) Translocación de N	16
4.4.1.6) Deficiencia de N	18
4.4.1.7) Exceso de N	18
4.4.2 Calcio (Ca)	19
4.4.2.2) Absorción y translocación	20
4.4.2.3) Deficiencia	21
4.4.2.4) Toxicidad	21
4.4.2.5) Tipos de plantas	22
4.4.3 Fósforo (P)	23
4.4.4 Magnesio (Mg)	24
4.4.5 Manganeso (Mn)	24
4.4.6 Interacciones iónicas	25
4.5 Plagas y enfermedades	26
V.MATERIALES Y MÉTODOS.	27
VI.RESULTADOS	30
VII.DISCUSION	47
VIII.CONCUSION	49
IX.LITERATURA CITADA	50

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Concentración de macronutrientes en las soluciones nutritivas evaluadas.....	29
Cuadro 2. Efecto de las proporciones de NO_3^- : NH_4^+ y diferentes dosis de Ca sobre el crecimiento.....	30
Cuadro 3. Efecto de las proporciones de NO_3^- : NH_4^+ y diferentes dosis de Ca sobre materia seca en plantas de Lisianthus cv. ABC Blue Rim.....	31
Cuadro 4. Efecto de las proporciones nitrato: amonio y diferentes dosis de Ca en las SN sobre la concentración nutrimental en partes de plantas de Lisianthus cv. ABC Blue Rim.....	35
Cuadro5. Efecto de las proporciones NO_3^- : NH_4^+ y diferentes dosis de Ca en las SN sobre la extracción nutrimental por órgano de plantas de Lisianthus cv. ABC Blue Rim.....	41

Índice de Figuras

Figura 1. Producción mundial de flor corte por valor exportado.....	2
Figura 2. Curva teórica de la acumulación del N en la planta a través de su ciclo de crecimiento.....	13
Figura 3. Acumulación y distribución de N dentro de la planta de maíz en función del tiempo A: grano, B: marlo y envolturas, C: tallo y panojas, D: hojas.....	17
Figura 4. Efecto de la proporción de NO_3^- : NH_4^+ y concentración de Ca en la altura de plantas de Lisianthus cv. ABC Blue Rim.....	32
Figura 5. Efecto de la proporción de NO_3^- : NH_4^+ y concentración de Ca en área foliar de Lisianthus cv. ABC Blue Rim.....	32
Figura 6. Efecto de la proporción de NO_3^- : NH_4^+ y concentración de Ca en materia seca de hoja de Lisianthus cv. ABC Blue Rim.....	33
Figura 7. Efecto de la proporción de NO_3^- : NH_4^+ y concentración de Ca en la materia seca de Lisianthus cv. ABC Blue Rim.....	34
Figura 8. Efecto de la proporción de NO_3^- : NH_4^+ y concentración de Ca en la concentración de Nitrógeno de parte aérea en plantas de Lisianthus cv. ABC Blue	

Rim.....	36
Figura 9. Efecto de la proporción de NO_3^- : NH_4^+ y concentración de Calcio en la concentración de Nitrógeno en flores de Lisianthus cv. ABC Blue Rim.....	37
Figura 10. Efecto de la proporción de NO_3^- : NH_4^+ y dosis de Ca en la concentración de Ca de la parte aérea de Lisianthus cv. ABC Blue Rim.....	38
Figura 11. Efecto de la proporción de NO_3^- : NH_4^+ y dosis de Ca en la concentración de Ca de flores de Lisianthus cv. ABC Blue Rim.....	39
Figura 12. Efecto de la proporción de NO_3^- : NH_4^+ y dosis de Ca en la concentración de Ca en la raíz de Lisianthus cv. ABC Blue Rim.....	40
Figura 13. Efecto de la proporción de NO_3^- : NH_4^+ y concentración de Ca en la extracción de Nitrógeno de las flores de Lisianthus cv. ABC Blue Rim.....	42
Figura 14. Efecto de la proporción de NO_3^- : NH_4^+ y concentración de Ca en la extracción de Ca de la parte aérea de Lisianthus cv. ABC Blue Rim.....	43
Figura 15. Efecto de la proporción de NO_3^- : NH_4^+ y concentración de Ca en la concentración de Ca en la flor de Lisianthus cv. ABC Blue Rim.....	44
Figura 16. Efecto de la proporción de NO_3^- : NH_4^+ y concentración de Ca en la concentración de Ca en la flor de Lisianthus cv. ABC Blue Rim.....	45
Figura 17. Efecto de la proporción de NO_3^- : NH_4^+ y concentración de Ca en la extracción de Ca en la raíz de Lisianthus cv. ABC Blue Rim.....	46

RESUMEN

El adecuado suministro de N promueve el crecimiento vegetal e incrementa la relación biomasa-raíces y se absorbe generalmente como anión NO_3^- mediante un proceso activo, o en algunas especies como catión NH_4^+ mediante un proceso activo y pasivo pero si no es incorporado inmediatamente a los esqueletos carbonados, su almacenamiento en la planta resulta tóxico para la raíz. Por otra parte, el Ca es esencial para la formación de las células y su multiplicación, actúa como mensajero secundario dándole a la planta cierta protección al estrés. Es fundamental para el crecimiento de raíces y su absorción puede ser afectada por otros iones como el NH_4^+ ya que estos compiten en la raíz, sin embargo el incremento de Ca provocaría la precipitación del mismo, favoreciendo la absorción de NH_4^+ . El presente experimento consistió en seis distintas soluciones nutritivas (SN) tomando como base la solución universal Steiner y modificándola para obtener dosis con 6, 9 y 12 meq L^{-1} de Ca así como la interacción con 0 % y 50 % del N en forma de NH_4^+ . La tolerancia a altas concentraciones de NH_4^+ fue observada en *Lisianthus* dado que respondió favorablemente en variables como área foliar, altura de planta, materia seca de parte aérea y flores, extracción de N y Ca en flores, número de botón floral y diámetro de tallo cuando se le suministro 50% de N en forma de NH_4^+ . ; Además se observó que si se incrementan las proporciones de Ca se ven favorecidas la concentración de N en parte aérea, la extracción nutrimental en la parte aérea así como la extracción de Ca en parte aérea y en flores.

Palabras clave: **Lisianthus, NO_3^- , NH_4^+ , Ca, materia seca, extracción, concentración.**

ABSTRACT

The N, is a constituent of vitamins and proteins, plays an important role in photosynthesis as it is required for the synthesis of chlorophyll. Adequate supply of N promotes plant growth and increase biomass-roots relationship and is usually absorbed as anion NO_3^- by an asset or in some species such as cation NH_4^+ by active and passive process but if not incorporated immediately skeletons carbonaceous storage in the plant is toxic to the root. Furthermore, Ca is essential for the formation of the cells and acts as a secondary messenger multiplication giving some protection to plant stress. It is essential for the growth of roots and absorption can be affected by other ions such as NH_4^+ as these compete in the root, but the increase in Ca SN cause precipitation of the same favoring the absorption of NH_4^+ . This experiment consisted of 6 different SN based universal solution Steiner (1961) and modifying it for dose with 6.9 and 12 Meq L^{-1} of Ca finding interaction with dose of 0% and 50% NH_4^+ , demonstrating tolerance to high concentrations of NH_4^+ in the SN since responded favorably in variables such as leaf area, plant height, dry matter of aerial part and flowers, extraction of N and Ca in flowers, number of flower bud and stem diameter when It will supply 50%; also it found that if Ca ratios are increased N concentration in the nutrient extraction aerial part in the aerial part and extraction of Ca in aerial parts and flowers are favored.

Keywords: **Lisianthus, NO_3^- , NH_4^+ , Ca, dry matter, extraction, concentration**

I.INTRODUCCIÓN

La floricultura a nivel mundial tiene una demanda creciente y la flor de corte ocupa el principal volumen en comercialización; esta actividad es desarrollada por todo el mundo en más de 145 países, África es quien provee al mercado europeo, Colombia y Ecuador exportan principalmente a EEUU y Oceanía y el Sudoeste Asiático abastece a Japón (Holland Flower Council, 2010). En 2007 la floricultura ocupaba unas 190,000 hectáreas, las cuales generan alrededor de 60 mil millones de dólares al año. Si agrupamos por superficie cultivada, África y Medio Oriente tienen un 1% destinado a floricultura, Europa un 10%, América 13% y Asia destina el 75%. En la Figura 1 se puede observar los principales países productores de ornamentales. Las principales especies de plantas que participan del comercio mundial son: rosa, crisantemo, tulipán, liliun, gerbera, cymbidium, fresia y anturio como flores de corte, sin embargo, debido a que el mercado es muy innovador cada vez se demandan diferentes especies incluso mejoramientos de las mismas con el de satisfacer el gusto del consumidor.

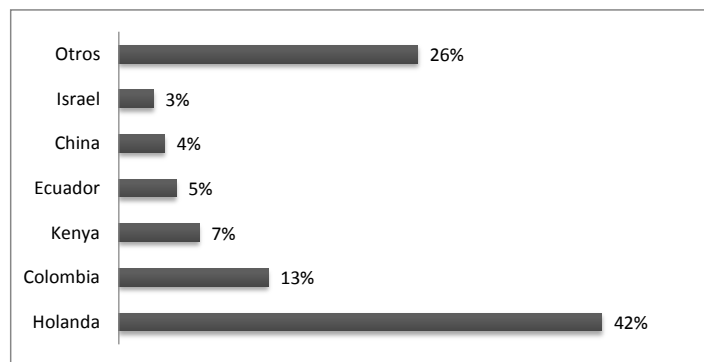


Figura 1. Producción mundial de flor corte por valor exportado
Fuente: AIPH, 2008.

Lisianthus es una planta que en su hábitat natural crece a las orillas de arroyos y ríos, y es nativa del oeste de Nebraska, Colorado, Wyoming, sur de Dakota, Kansas, centro de Texas; así como del norte de México (Ohkawa, 1994). Su hábitat natural le permite adaptarse a condiciones de baja humedad relativa y temperaturas extremas.

En los años 30, se introdujo el lisianthus en Europa y Japón. A través de muchos programas de mejoramiento realizados por empresas japonesas, se han obtenido variedades híbridas F_1 (Halevy y Kofranek, 1984).

En la década de los 90 se amplía la zona de producción y en México se empiezan a introducir gran diversidad de flores con pétalos sencillos y dobles de distintos colores que van desde el blanco al púrpura además con alta productividad y buena duración en florero (Fox, 1998; Barbaro et al. 2009).

Su cultivo no presenta grandes problemas técnicos ya que las estructuras de soporte y conducción son semejantes a las utilizadas en producción de claveles, crisantemos y lilis, entre otras flores; permitiendo a los productores diversificar los cultivos sin mayores complicaciones (Melgares de Aguilar, 1996). Se considera al lisianthus como una flor con potencial de comercialización internacional ya que en México los productos son competitivos adecuados para el posicionamiento importante en el mercado sin llegar a ser una competencia para la rosa pero con una rentabilidad mayor que esta (Domínguez, 2002). Las áreas de producción de lisianthus son muy variadas y en cada una de ellas el comportamiento del cultivo es diferente; algunas zonas de producción son: Arteaga Coahuila, Zacatepec Morelos, Villa Guerrero, México, Tecamachalco Puebla, Guadalajara Jalisco entre otras. (Domínguez, 2002)

Estudiando la demanda y niveles óptimos de nutrición es reportado por Hernández-Pérez et al. (2015) mencionan que *lisianthus* responde favorablemente a la aplicación de altas dosis de NH_4^+ comprobando la relación óptima de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ entre los 75:25 y 50:50% en la fase vegetativa y reproductiva; por su parte Mendoza-Villarreal et al (2015) señalan que esta tolerancia probablemente es debido a altas asimilaciones de Ca.

II.OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Determinar el efecto de Ca en la tolerancia a altos niveles de NH_4^+ en la solución nutritiva en el cultivo de lisianthus.

2.1.1 Objetivos específicos

- Definir el efecto de altos niveles de NH_4^+ en el crecimiento y desarrollo de lisianthus.
- Estipular el efecto del Ca en interacción con NH_4^+ en el crecimiento y desarrollo de lisianthus.
- Determinar el efecto del NH_4^+ y Ca en la concentración nutrimental en plantas de lisianthus.

III.HIPÓTESIS

- La concentración de Ca en la solución nutritiva afecta la tolerancia de lisianthus al NH_4^+ .

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Descripción botánica

Lisianthus es una planta perteneciente al Subreino *Embryobionta* a la División *Magnoliophyta* su Clase es *Magnoliopsida* del Orden *Gentianales*, su Familia *Gentianaceae* del Genero *Eustoma* y de la Especie *grandiflorum* Raf. Esta especie también es conocida como gentiana de las praderas o campana azul de Texas (Ohkawa , 1994) y es una flor silvestre originaria del sur de Estados Unidos y norte de México.

Tiene ciclo bianual o anual en el caso de flores cultivadas cuyo tallo oscila entre 40 y 50 cm de altura y 3 a 6 mm de diámetro con una base de hojas en forma de roseta que posteriormente se desarrollan opuestas, sésiles, enteras, adnadas, ovales a lanceoladas u oblongas, con 3 nervaduras, una longitud de 2 a 6 cm, de color verde grisáceo, sus flores son pediceladas de 9 a 6 cm de diámetro con largos peciolo, solitarias o en panículas; cáliz largo con lóbulos en la quilla de 15 a 20 mm de longitud, acuminado; corola penta o hexalobulada campanulada o infundiliforme, compuesta por 5 a 6 lóbulos azules, morados y ocasionalmente blancos o rosas de 2 a 3 cm de longitud (Córtes, 1998). Las flores presentan de 5 a 6 estambres; filamentos filiformes, anteras oblongas y en disposición recta; su cápsula es oval o elipsoidal de 10 a 15 mm, obtusa, con una o dos valvas sobre un largo peciolo, sus semillas son pequeñas de 0.04 mm de diámetro, cuando están secas son de color café oscuro, negro o pálidas (Córtes, 1998).

El fruto es una cápsula (Olvera, 2004). Las semillas son muy pequeñas pudiendo haber alrededor de 21,840 semillas por gramo o 624,000 semillas por onza (Córtes, 1998). A través de sucesivos programas de mejora, realizados en su mayoría por empresas

japonesas, se han obtenido variedades híbridas F1 de flores rojas, blancas, albaricoque o con mezcla de colores; con longitudes de 60 a 90 cm y flores sencillas o dobles, éstas últimas con dos o tres filas de pétalos (Melgares de Aguilar, 1996).

4.2 Requerimientos climáticos

4.2.1 Luz

Esta especie tiene respuesta favorable a los días largos, por lo que para completar de 15 a 20 horas de iluminación se recomienda la aplicación de luz artificial (600-900 pies candela o 6,500-9,700 luxes). Mientras que durante la etapa de la germinación requiere radiación de 100 a 300 pies candela o 1000 a 3000 lux. Los niveles óptimos de luz son de 4,000 a 6,000 pies candela (40,000 a 60,000 Lux). Los niveles más altos de luz fomentan un mayor número de botones y buen desarrollo de flores. Sin embargo, la luz excesiva (más de 7,000 p.c./70,000 luxes) puede reducir la longitud del tallo.

La sombra puede ser necesaria para incrementar la longitud del tallo. Durante el invierno, cuando existen menos de 12 horas luz, puede utilizarse la luz suplementaria (incandescente o HID). La luz HID es preferible ya que aumenta la calidad de las flores y disminuye el tiempo de producción (Pan American Seed, 2012). Sin embargo, la floración no se ve influida por el fotoperíodo, por lo que no es necesario técnicas de iluminación para obtenerla, pero si podrá mejorarse la calidad si se ilumina con de longitud de onda de 400 a 700 nm en épocas de baja radiación, como en el invierno (Melgares de Aguilar, 1996). Sakata (2011) menciona que la luz ultravioleta intensifica el color de la flor.

4.2.2 Temperatura

Temperaturas entre 20 y 25°C favorecen la germinación de las semillas mientras que el crecimiento de las plántulas se da entre los 21 y 24°C durante el día y entre 16 y 18°C nocturnas. En general, la temperaturas entre 18°C son aceptables durante el período vegetativo hasta la formación de cuatro a cinco pares de hojas (Dole & Wilkins, 2005). La temperatura en condiciones de invernadero no debe exceder a 20°C durante la etapa de crecimiento. La sensibilidad de *lisianthus* a altas temperaturas es elevada en el período inmediato después de la germinación de las semillas, época en la que éstas pueden inducir a la planta a la formación de una roseta de hojas que no desarrollen el tallo floral, o que la floración se retrase mucho (Melgares de Aguilar, 1996). Para un desarrollo adecuado del cultivo es necesario mantener un intervalo de temperatura que van desde los 13°C como mínimo hasta 28°C como máximo; si pasa de los 30 °C durante varios días, después del trasplante, ocasionará problemas de rosetas (Domínguez, 2008). Se considera que si la planta ha formado entre el quinto y sexto par de hojas y no ha aparecido el tallo floral, eso quiere decir que formado la roseta (Melgares de Aguilar, 1996).

4.2.3 Humedad

Las plantas de *lisianthus* son muy sensibles a pudriciones de raíz y de corona, por lo que mantener un medio bien drenado es un requerimiento cultural (Dole & Wilkins , 2005). Los primeros 30 días la planta no tiene desarrollo vegetativo, en esta etapa es muy importante tener una buena humedad del suelo, ya que esta etapa será básica en su crecimiento posterior. Del día 30 a 60 se desarrolla vegetativamente y es recomendable que la planta cuente con bastante humedad en el medio de cultivo y regar evitando mojar las hojas. A partir del día 90 la

planta alcanza un buen desarrollo y se empiezan a formar microclimas con mucha humedad, por lo que se recomienda reducir al mínimo los riegos, haciéndolos más espaciados, cuidando de sólo mantener buena humedad en el suelo para tener un buen desarrollo del cultivo (Domínguez, 2008).

4.3 Manejo del cultivo

El ciclo de la planta cultivada varía desde los 90 a 120 días dependiendo de la variedad y época de plantación (Melgares de Aguilar, 1996b). Las siguientes etapas de desarrollo de cultivo es muy importante poner énfasis para un buen crecimiento del mismo.

a) Propagación

Se da por semilla que germinan de 10 a 15 días (Dole & Wilkins, 2005), a una temperatura de 20 a 25°C y se realiza en charolas con sustrato húmedo hasta la germinación manteniendo el pH entre 6.0 y 6.5 (Domínguez, 2008). Asimismo, esta especie también puede ser propagada vegetativamente mediante esquejes y cultivo *in vitro* (Melgares de Aguilar, 1996b)

b) Trasplante

Se realiza a partir de las 8 semanas después de la siembra o cuando la planta cuenta con cuatro o cinco pares de hojas bien conformadas (Dole & Wilkins, 2005). Teniendo mucho cuidado al realizar el riego manteniendo la humedad relativa sin maltratar las plántulas (Domínguez, 2008).

c) Crecimiento y desarrollo

Después del trasplante se da la primera etapa que dura entre 20 y 30 días, en este periodo solamente se desarrolla la raíz por lo que en

la parte aérea no se ven cambios. En la segunda etapa de crecimiento que dura 30 días más, el tallo se alarga y la planta emite tallos secundarios en número de tres a nueve dependiendo del cultivar, estos tallos alcanzan una altura entre 30 y 50 cm. En la tercera etapa donde tiene una duración de 30 días aproximadamente, los botones engrosan y se desarrollan y a la vez los pedúnculos se alargan hasta alcanzar la altura definitiva.

d) Floración

Al término de los 80-90 días en general aparece un botón más desarrollado que los demás, el cual deberá ser eliminado tratando de uniformizar la floración y tener en el tallo de 2 a 3 flores abriendo al mismo tiempo (Domínguez, 2008).

e) Cosecha

El corte de los tallos de *lisianthus* se realiza cuando al menos tres botones florales hayan tomado un tono característico de la variedad y que comienzan a abrir, pues si se cortan antes muchos botones terminales no alcanzaran a abrir perdiendo así su calidad. Si por el contrario, si se corta con demasiadas flores abiertas, se pueden producir daños durante la manipulación y transporte y la vida en el florero será menor. Los tallos se cortan escalonadamente según vayan floreciendo. Así, todos los tallos se recolectan en su punto óptimo de apertura, luego rebrota por los nudos dejados y da una nueva producción a los tres o cuatro meses, aunque será de menor calidad que la primera (Mazuela et al 2007).

El ciclo total de la planta, desde la plantación hasta la floración, puede durar entre 90 y 120 días, dependiendo de la variedad, época de plantación y condiciones climáticas; mientras que en algunas regiones de México existen ciclos de 70 a 80 días (Zacatepec, Morelos) y hasta

de 180 días (Arteaga, Coahuila) (Domínguez, 2008). Hay cultivares como el Heidi (flor sencilla y tallos de 10 nudos) y Echo (flor doble y tallo de 10 nudos) que son precoces y son adecuados para cultivar en primavera. También existen cultivares de menor precocidad como Flamenco (flor sencilla y tallo con 13 nudos) y Mariachi (flor doble y tallo con 13 nudos), estas se recomiendan para temporadas de días largos así maximizar la longitud de los tallos y además es para lugares con alta luminosidad (Sakata, 2011).

4.4 Nutrición

Lisianthus requiere altos niveles de nutrimentos, la insuficiencia de estos resulta en plantas pequeñas, reducción en el desarrollo de brotes axilares basales y pocas flores, así como generación de síntomas de deficiencia (Dole & Wilkins, 2005). Tiene dos fases distintas de crecimiento, la primera es de crecimiento activo de las plántulas, en este estado del desarrollo es la más larga y donde es importante mantener los niveles de fertilización pero no sobre fertilizar (Gill *et al.*, 2000), ya que lisianthus es una planta sensible a la salinidad, que puede producir quemaduras en raíces y hojas, disminuyendo la calidad (Melgares de Aguilar, 1996b). De acuerdo con Gill *et al.* (2000) recomiendan las siguientes directrices para una adecuada fertilización:

- Fertilizantes de liberación lenta pueden aplicarse inmediatamente después del trasplante.
- Usar nitrato como fuente de nitrógeno.
- La tasa de aplicación de potasio debe ser igual a la tasa de aplicación de nitrógeno.
- Suplementos de calcio pueden ser requeridos durante la producción, a menos que el sustrato contenga altos niveles de calcio.

- Disminuir la aplicación de nitrógeno y aumentar el potasio cuando las yemas florales inicien su desarrollo.

Por su parte, Backes *et al.* (2007, 2008) obtuvieron buenos resultados en el crecimiento, desarrollo y absorción nutrimental en diferentes cultivares de lisianthus con el uso de la solución nutritiva propuesta por Barbosa *et al.* (2000), solución nutritiva de Steiner y una solución nutritiva de prueba cuya composición de macronutrientes fueron: NO_3^- ; NH_4^+ ; H_2PO_4^- ; K^+ ; Ca^{2+} ; Mg^{2+} y SO_4^{2-} en $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (11.51; 2.88; 1.95; 12.92; 1.51; 0.5 y 1, respectivamente) solución de Barbosa, (9; 3; 1; 7; 4.5; 2 y 3.5, respectivamente) solución de Steiner y (12.8; 3.2; 0.7; 6.6; 1.5; 2.7 y 3.3, respectivamente) la solución nutritiva de prueba. La composición de los macronutrientes fueron: B, Cu, Fe, Mn, Mo y Zn en $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (30, 0.5, 60, 30, 0.5 y 1.5 respectivamente) son las soluciones de nutritivas empleadas en la producción de lisianthus en hidroponía bajo el sistema de flujo laminar.

Según Velázquez (2008) reporta que la extracción total nutrimental de lisianthus cv. Mariachi fue de 24.1, 4.58, 32.61, 7.79, y 11 $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (N, P, K, Ca y Mg, respectivamente) y 171.6, 137.5, 204.1, 86, 38 y 5,613.1 $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Fe, Mn, Zn, B, Cu, y Na, respectivamente). El cultivo de lisianthus en maceta el sustrato debe tener buen drenaje con un pH de 6.5 a 7.5, pero el mejor crecimiento se obtiene con un pH de 6.7. Un sustrato con pH de 6.5 o menor resulta en una toxicidad nutrimental; los síntomas incluyen clorosis, crecimiento radical pobre, necrosis en el borde y ápice de las hojas y un crecimiento raquítrico (Dole & Wilkins, 2005).

4.4.1. Nitrógeno(N)

El N está presente en la composición de numerosas sustancias orgánicas tales como proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos, etc., que son la base

de procesos que controlan el desarrollo, el crecimiento y la multiplicación de las plantas (Salas, 2003).

El N junto con el Mg forma parte de la molécula de clorofila, por lo cual está asociado con la coloración verde de los tejidos vegetales y la captación de energía lumínica en la fotosíntesis (Molina, 2003).

El adecuado suministro de N promueve el crecimiento vegetal, incrementa la relación parte aérea/raíz y es esencial para la formación de frutos y granos. En general forma parte de los sistemas de energía de las plantas es constituyente de todas las proteínas así como de materiales orgánicos, es requerido para la síntesis de la clorofila, pues tiene un papel importante en la fotosíntesis y también es uno de los componentes principales de las vitaminas (Orozco, 1982), es por estas razones la importancia de este elemento en las plantas.

Los contenidos de N en la planta expresados en relación a su peso seco total generalmente oscilan entre 1 y 5%. En general, los tejidos jóvenes tienen concentraciones mayores de N, mientras que las plantas de leguminosas tienen concentraciones mayores que las gramíneas. La acumulación de N en la planta en función del tiempo sigue una curva sigmoidea (Figura 2) donde la acumulación al principio es escasa porque la planta recién se está desarrollando. Luego ocurre una etapa de máxima absorción de N que corresponde al período de activo crecimiento. Finalmente, la tasa de absorción de N se reduce (Díaz-Rosello, 1992).

Las tasas de absorción y la duración de cada una de estas etapas dependen de factores tales como especie, variedad, manejo, etc. Una curva sigmoidea similar a la Figura 2 se obtiene cuando se relaciona la producción de materia seca de un cultivo en función del tiempo. Las diferencias entre ambas curvas es que la acumulación de N antecede a la acumulación de materia seca.

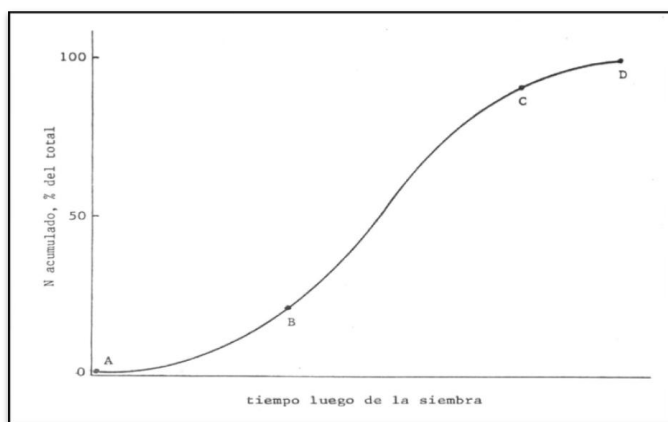


Figura 2. Curva teórica de la acumulación del N en la planta a través de su ciclo de crecimiento. (Sandoval *et al.* 1993).

4.4.1.2) Absorción y asimilación de nitrato (NO_3^-)

El proceso de absorción de NO_3^- es activo, es decir, con gasto de energía, requiriendo la presencia de enzimas especiales como la nitrato reductasa. Éstas catalizan la entrada de los iones NO_3^- a través de las membranas celulares, sobre todo a nivel de los pelos radiculares. Para este proceso, la planta necesita haber sintetizado compuestos energéticos. La temperatura del suelo también afecta la absorción de NO_3^- , siendo ésta menor a temperaturas bajas. En suelos que tienen un pH bajo a medio este proceso es máximo, inhibiéndose cuando la concentración de NH_4^+ es alta. La absorción también está afectada por el molibdeno (Mo), ya que se forma una molibdo-proteína en la superficie de las células de la raíz, para el transporte de NO_3^- (Stevenson, 1982).

Cuando la planta absorbe grandes cantidades de NO_3^- , también aumenta la síntesis de ácidos orgánicos, lo cual se asocia con una

acumulación de cationes inorgánicos (Ca, Mg y K). El medio circundante a los pelos radiculares se vuelve alcalino y las raíces liberan HCO_3^- para mantener tanto la solución del suelo como el interior de la planta eléctricamente neutra. Una vez que el NO_3^- ha sido absorbido por la planta, puede ser almacenado como tal por los tejidos radiculares o reducidos y sintetizados en aminoácidos o depositados en el xilema para ser transportado por los tallos. En los tallos y pecíolos puede existir tanto aminoácidos como NO_3^- ; éste puede ser almacenado temporalmente o moverse hacia las hojas para ser almacenado allí o reducirse. Finalmente, los aminoácidos provenientes de cualquiera de estos lugares de almacenamiento pueden ser depositados en el floema para luego ser translocados a partes reproductivas o de activo crecimiento, incluso parte de estos aminoácidos puede volverá las raíces.

La asimilación de NO_3^- se realiza a través de una serie de etapas. Primero, el NO_3^- se reduce a NO_2^- requiriéndose de la acción de enzimas como NO_3^- reductasa y de la presencia de fotosintatos. Se ha estimado que por cada molécula de NO_3^- que se reduce se requieren dos de NADH. Luego, ese NO_2^- se reduce a NH_3 , por la acción del nitrito reductasa. El NH_3 obtenido es rápidamente incorporado a ácido glutámico por acción de la glutamina sintetasa y glutamato sintasa, ubicadas tanto dentro de las células, como fuera de ellas (Barraclough et al 1998). Asimismo, el NO_3^- puede ser reducido en la hoja, la energía utilizada y requerida para el proceso de reducción proviene directamente de la energía solar. Pues a que la energía solar disponible excede la energía requerida para reducir los carbohidratos, no existe competencia por energía dentro de la planta para la producción de carbohidratos para la reducción de NO_3^- solamente cuando el NO_3^- es reducido en la raíz. Por lo tanto, el costo energético de reducir NO_3^- a NH_4^+ , es mayor cuando es reducido en la raíz que es reducido en las hojas (Hageman, 1984).

4.4.1.3) Absorción y asimilación de amonio (NH_4^+)

La absorción de NH_4^+ , es contrario a la de NO_3^- , pues es a través de un proceso activo y otro pasivo. Algunos estudios que se ha realizado y utilizado inhibidores metabólicos en plantas de tomate, se demostró que cuando se inhibe la liberación de energía respiratoria, la absorción de NH_4^+ se reduce a la mitad, pero ésta no se inhibe completamente, como el caso de la absorción de NO_3^- . Los factores del ambiente que también afectan la absorción de NH_4^+ son similares a los que afectan la absorción de NO_3^- . Sin embargo, la tasa de absorción de NH_4^+ es máxima a valores de pH cercanos a 8. Las bajas temperaturas disminuyen el proceso, pero es menos marcada que para el caso de la absorción de NO_3^- . Sin embargo, la absorción de NH_4^+ produce un incremento de la absorción de aniones (H_2PO_4^- , SO_4^{2-} y Cl^-) y el pH de la rizósfera puede decrecer debido a la liberación de H^+ por la raíz para mantener la neutralidad eléctrica. (Ladd & Jackson, 1982).

A pesar de que el NH_4^+ puede ser absorbido por un proceso pasivo, la tasa de absorción de este depende más del suministro de energía que para el NO_3^- . Esto se debe a que una vez absorbido el NH_4^+ debe ser incorporado inmediatamente a los compuestos carbonados, pero si no existen carbohidratos disponibles para este proceso el NH_4^+ puede acumularse dentro de la raíz hasta llegar a niveles tóxicos, mismo causa disminución en el crecimiento y reducción de la absorción de K, presentando síntomas de deficiencia de este nutriente en la planta. Generalmente las plantas no transportan NH_4^+ por el xilema, sino que el NH_4^+ absorbido es transformado o asimilado en las raíces y luego translocado en forma de compuestos orgánicos o aaminados (Díaz-Rosello, 1992). Este mismo autor menciona que

existen reportes donde indican que el NH_4^+ también puede ser asimilado en las hojas.

El NO_3^- en cambio, no es tóxico dentro de la planta y puede almacenarse en grandes cantidades, siendo luego translocado como tal sin necesidad de una reducción previa. Una vez absorbido el NH_4^+ no requiere ser reducido, por lo que en relación al NO_3^- existe un ahorro de energía por parte de la planta, Sin embargo, en algunas situaciones este costo energético podría no ser importante (Perdomo S/A)

4.4.1.4) Efectos de la absorción de N como NH_4^+ o NO_3^-

Anteriormente se ha mencionado que las plantas son incapaces de almacenar NH_4^+ y su acumulación resulta ser tóxica. Por lo tanto, todo el N absorbido de esta forma tiene que ser rápidamente detoxificado, esto se logra combinando con carbohidratos para producir proteínas. Si la planta absorbe mucho NH_4^+ ésta tiene que usar una alta proporción de los carbohidratos producidos mediante la actividad fotosintética para formar aminoácidos y proteínas (Jansson & Persson, 1982). Los antes citados autores también comentan que cuando las plantas absorben N en forma de NO_3^- no causa problemas tan acentuados, esto se debe a que las plantas pueden almacenar grandes cantidades del NO_3^- .

4.4.1.5) Translocación de N

El N dentro de la planta es muy móvil, por lo cual puede ser redistribuirse o retranslocarse, a medida que el cultivo envejece parte del N (orgánico) de las áreas vegetativas se mueve hacia la semilla. Este proceso ocurre en forma independiente de la magnitud del

suministro del N que el cultivo esté recibiendo desde el suelo (Figura 3).

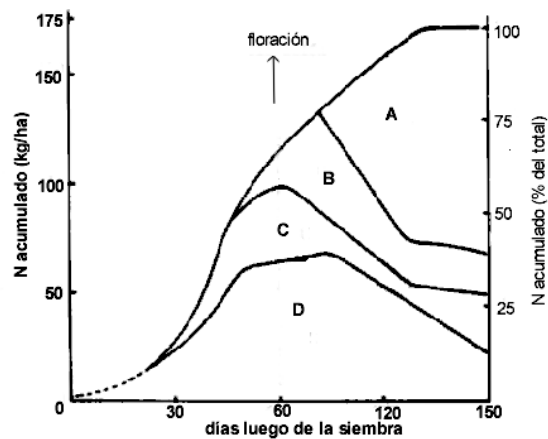


Figura 3. Acumulación y distribución de N dentro de la planta de maíz en función del tiempo A: grano, B: marlo y envolturas, C: tallo y panojas, D: hojas. (Sandoval *et al.* 1993).

Sin embargo, si el cultivo dispone de una adecuada cantidad de N en las últimas etapas de su ciclo, la actividad fotosintética de la parte vegetativa tendrá una duración mayor, acumulándose más materia seca. Por lo tanto, la concentración de N total en las hojas es mayor cuando la planta se encuentra en la fase vegetativa que cuando se encuentra en la etapa de fructificación.

El nitrógeno puede ser absorbido en dos formas: aniónica (NO_3^-), catiónica (NH_4^+). En algunos casos las plantas también absorben N bajo forma de urea. (Näsholm, 2009).

Se ha reportado que algunas plantas se desarrollan mejor cuando se le suministra una mezcla de NH_4^+ y NO_3^- . En especial se ha

detectado que algunas plantas no sólo pueden producir mayor nivel de rendimiento sino también mayor nivel de proteína (Díaz-Rosello, 1992).

4.4.1.6) Deficiencia de N

Los síntomas de deficiencia de N pueden variar según la especie y el género, pero en general, los signos externos más característicos que podemos apreciar es una reducción en el crecimiento, debilitamiento generalizado del color verde a amarillo que comienza en las hojas más adultas de la planta. Posteriormente, estas hojas comienzan a necrosarse desde el extremo apical hasta los bordes y el centro de la lámina foliar. Los síntomas de deficiencia también disminuyen la floración, producción de frutos y granos. (Hauck, 1981)

4.4.1.7) Exceso de N

El exceso de este elemento en el tejido de las plantas se refleja con una elongación excesiva de tallos y hojas, menor floración, aborto de flores, falta de consistencia en los tejidos, mayor absorción y consumo de agua, en algunas ocasiones genera agrietamiento de frutos por hidratación excesiva, deficiencia inducida de otros nutrientes como son calcio, boro, zinc y fierro y mayor susceptibilidad a plagas, enfermedades y stress ambiental (Yáñez 2002). Siempre se considera conveniente mantener un balance entre Nitrógeno y Potasio ya que es crítico para el buen desarrollo de los cultivos.

Sin embargo, a mayor contenido de N mayor de crecimiento vegetativo y mayor producción de proteínas, a mayor contenido de potasio mayor producción de azúcares, fibras y otros compuestos especializados y mayor producción de materia seca (Stevenson, 1982).

La determinación de los requerimientos de N está en función a la concentración promedio en el tejido vegetal de variedades comerciales específicas y conocidas, ligadas con el rendimiento potencial esperado y considerando la disponibilidad del nutriente en el suelo, las reacciones de pérdida del fertilizante, así como la disponibilidad en el medio de desarrollo de las raíces y la eficiencia para absorber y disponer del elemento por el cultivo durante el ciclo de desarrollo. (Yañez, 2002).

4.4.2 Calcio (Ca)

El Ca es un elemento importante y esencial para la formación y desarrollo inicial de todos los órganos y tejidos de las plantas ya que es indispensable para la formación de cada una de las células y su multiplicación, se requiere para la conformación de las paredes celulares en forma de pectatos de Ca y para la regulación de la integridad de las membranas, de tal forma que su carencia genera fuertes malformaciones, necrosis de hojas, aborto de flores, muerte meristemos apicales de algunos cultivos como apio ,tomate, chiles , sandias, manzano ,coliflor, etc. (Yañez, 2002). La mayor concentración Ca en la planta se localiza en la vacuola, como oxalato de calcio y en la pared celular y lamina media asociada a la formación de pectinas (Konno *et al.* 1984). Es un elemento esencial para el crecimiento de las raíces, favorece la germinación del polen y activa gran cantidad de enzimas que intervienen en la mitosis, división y elongación celular. Los ápices radiculares requieren de Ca en la rizósfera para un crecimiento normal. (Dell *et al.*, 1995)

La concentración de Ca en el tejido vegetal varía desde 0,1 hasta >5% en peso seco dependiendo del estado de crecimiento, especie y órgano de la planta. Los requerimientos de calcio para un óptimo crecimiento es mucho menor en monocotiledóneas que en dicotiledóneas (Loneragan & Snowball, 1969). Una función poco

reconocida del Ca es su papel antitóxico, pues contribuye a neutralizar la acidez excesiva que pueda originarse en el interior celular y además, bloquea por insolubilización la toxicidad específica de ciertos aniones, como el oxálico es neutralizado en forma de cristales de oxalato cálcico. No es el caso del fitato de calcio que este funciona como almacén tanto de fósforo como de Ca (Núñez *et al* ,2009).

4.4.2.2) Absorción y translocación

El Ca a diferencia de la mayoría de los elementos, es absorbido y transportado por un mecanismo pasivo. El proceso de transpiración de las plantas es un factor importante en la absorción de Ca. El Ca se mueve hacia las zonas de alta tasa de transpiración, como las hojas en rápida expansión (Hepler & Wayne, 1985). La mayor parte de la absorción de Ca se produce en una región más apical de la raíz. Las enfermedades de la raíz, limitan considerablemente la absorción de Ca por la planta. Puesto que el movimiento de Ca en la planta está relacionada con la transpiración este se deduce cuando es afectadas por las condiciones ambientales afectan al mismo el movimiento de Ca. Los períodos de alta humedad pueden conducir a que el ápice de ciertas plantas se vea como quemadas debido a que la transpiración es baja y no satisface la elevada necesidad de Ca a las zonas de rápido crecimiento.

La concentración normal de Ca en hojas maduras es de 1% al 5%. Las deficiencias, sin embargo, pueden ocurrir de manera temporal bajo ciertas condiciones ambientales como se mencionó anteriormente. Además, la absorción de Ca puede ser afectada por otros iones como el NH_4^+ , Mg y K. Estos cationes pueden competir con el Ca en la absorción por la raíz. Para evitar la competencia los cationes mencionados no deben ser suministrados en exceso a lo que se necesita por la planta (Sellés, 2012)

4.4.2.3) Deficiencia

El Ca es inmóvil en la planta, por lo tanto los síntomas de deficiencia aparecen primero en los ápices de crecimiento causando necrosis o rizado de las hojas nuevas y el crecimiento curvado, debido a que el Ca se dirige principalmente a las zonas de alta transpiración y es común que la deficiencia se manifiesten en los ápices de los frutos donde la transpiración es muy baja. Las plantas con deficiencia de Ca o con desbalances de este elemento suelen ser débiles pequeñas y susceptibles al ataques de patógenos así como a las pudriciones y es común cuando se excede en nitrógeno o bien cuando hay falta o exceso de humedad y días nublados o con fuertes vientos. (Yáñez, 2002)

4.4.2.4) Toxicidad

La principal concentración de Ca en la corteza terrestre está en cantidades de aproximadamente 36.4 g kg^{-1} . El calcio está presente en el suelo en varios minerales primarios. Incluyendo el Ca silicatos, feldespatos y anfóbolos, fosfatos de Ca y carbonatos de Ca. Estos últimos son particularmente importantes en suelos calcáreos y están normalmente presentes como calcita (CaCO_3) o dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]. Además pueden estar presentes en varias formas de fosfato de calcio tales como apatitas, octo-Ca-fosfato y CaHPO_4 . La concentración de calcio de diferentes tipos de suelos varía mucho dependiendo principalmente del material de partida y del grado en el que el desgaste y el lixiviado han influido en el desarrollo del suelo. Los suelos derivados de caliza o tiza, y suelos de pantanos jóvenes son normalmente ricos en Ca con alto contenido de CaCO_3 estando en el rango de 100 a 700 g kg^{-1} Ca. Incluso en la capa superficial de suelos desarrollados en caliza pueden ser pobres en Ca cuando el lixiviado es excesivo. Los suelos viejos, altamente desgastados y lixiviados bajo condiciones húmedas, son generalmente pobres en Ca. Dos ejemplos

típicos de tales suelos son los Spodosoles de la zona templada y los Oxisoles y Ultisoles de los trópicos húmedos. En zonas áridas tiene alto contenido de Ca en la capa superior del suelo y pueden estar presentes en la forma de acumulado de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$).

Los suelos desarrollados de calcita, dolomita y tiza principalmente pertenecen al grupo de rendzinas de suelo (Molisoles). Un pH del suelo alto y la presencia de Ca favorecen la formación de complejos Ca-humatos y es responsable del color oscuro de los Molisoles. Los ion hidrógeno es agente quelatante pueden liberar Ca de la estructura enrejada de minerales causando así la disolución del mineral (Núñez et al ,2009).

4.4.2.5) Tipos de plantas

De acuerdo con el tipo de metabolismo de las plantas al calcio, se puede hacer una distinción en cuanto a dos fisiotipos. Las especies calciófilas acumulan Ca soluble en agua unido con ácidos orgánicos en el citoplasma como malato o citrato; la savia celular por tanto contiene más Ca que K. Muchas *Brasicáceas*, *Fabáceas*, *Geraniáceas*, *Ericáceas*, *Euforbiáceas* y en la medida de lo que se conoce todas las crasuláceas son calciófilas (Núñez et al.,2009). Otra opción que utilizan las plantas para superar el efecto negativo las altas concentraciones de Ca en suelos básicos es acumularlo en el xilema. Las especies calciofóbicas precipitan el calcio en forma de oxalato de calcio y/o por unión con pectinas en la pared celular. *Cactáceas*, *Poligonáceas*, *Quenopodiáceas*, *Lamiáceas* y muchas *Cariofiláceas* son tipo oxalato. La producción de ácido oxálico es estimulada por la absorción de Ca. Así, miembros de esas familias de plantas pueden crecer sólo en suelos con cal pues su metabolismo ácido proporcionando suficiente oxalato. Otro mecanismo para la regulación de Ca es realizado

activamente por la vía de los hidatodos en algunas especies de *Saxifragáceas* y *Plumbagináceas*. En muchos casos, hay una estrecha conexión entre esos tipos metabólicos y la distribución de las especies, aunque no es una correlación general. Entre familias y géneros de calciófilas hay especies que son tanto calcícolas como calcífugas. (Azcón & Talón, 2008). Esto es una buena ilustración del hecho de que fenómenos ecológicos son raramente el resultado de respuestas fisiológicas aisladas y ello subraya la necesidad de considerar todas las muchas y variadas relaciones entre las plantas y su medioambiente. No es poco probable que diferencias genéticas en la capacidad para absorber bioelementos esenciales, tales como el hierro, que juega un papel importante en determinar la distribución de las especies y ecotipos en suelos calcáreos que en el metabolismo de calcio. Hongos micorrízicos están disponibles para suministrar arbustos calcífugos enanos suficientemente con P y Fe, en orden para permitirles crecer en suelos calcáreos (plantas simbiocalcícolas).(Núñez et al., 2009).

4.4.3 Fósforo (P)

Yáñez (2002) indica que el P es uno de los nutrientes que más requieren las plantas para su desarrollo ya que esta forma parte de compuestos relacionados con la base genética de la planta, además de formar parte de los componentes energéticos del metabolismo vegetal (ATP, ADP, etc.).El Fósforo se relaciona fuertemente con los procesos de floración y formación de raíces por lo que su aplicación oportuna puede apoyar e intensificar dichos eventos. Aplicaciones excesivas o altos niveles de este elemento en el suelo y en el tejido inducen una deficiencia de Zn. El mismo autor asegura que la falta de este nutriente genera plantas débiles achaparradas con poca floración, raíces pequeñas, y con hojas y tallos delgados, se presentan un color morado en los tallos y en hojas adultas, los frutos son pequeños y maduran

prematuramente. Lo anterior es común en suelos extremadamente alcalinos o muy ácidos.

4.4.4 Magnesio (Mg)

El Mg es un macronutriente que tiene mayor importancia sobre la síntesis de clorofila y la regulación del pH de la solución dentro de las plantas, también es importante para la formación de compuestos de reserva en las semillas y en la etapa de floración y amarre de flores (Vargas , 2008).

Se ha reportado la influencia del Mg en la resistencia a varias enfermedades, entre ellas a las bacterias. Este elemento en suficiencia genera una mayor cantidad de clorofila y por lo tanto mayor vigor soportando así las enfermedades. Es importante mantener un balance entre este elemento y K, Ca en el tejido. La deficiencia de este se representa con una clorosis intervenal con necrosis en hojas viejas y una palidez del verde de los frutos en desarrollo (Yáñez, 2002).

4.4.5 Manganeso (Mn)

Este elemento participa en la fotosíntesis y en la actividad de varias enzimas entre las que resalta la AIA Oxidasa, por lo que está fuertemente ligado a la regulación del metabolismo hormonal (Azcón & Talón, 2000). La deficiencia de Mn comúnmente se presenta acompañada de la de Zn o Fe y con frecuencia se enmascaran o confunden los síntomas del mismo, el amarillamiento blanquecinos de la deficiencia de Mg ocurren en hojas jóvenes.

4.4.6 Interacciones iónicas

De acuerdo con Kirkby & Mengel, (1987) la absorción catiónica es un proceso relativamente específico, dependiendo de la concentración de cationes de la solución y en algunos casos de la permeabilidad específica de la membrana celular a ciertas especies. De esta forma, el aumento del suministro de un catión en la solución nutritiva puede deprimir el contenido de otros cationes en tejido vegetal. Ese tipo de interacción iónica es entendida como un proceso de inhibición competitiva, donde dos iones compiten por mismo sitio cargador. Los iones presentes en la solución pueden interactuar entre sí, de tal forma que la presencia de un ión inhibe o estimula la absorción de otro. Estos mismos autores, indican que la aplicación de dosis crecientes de magnesio disminuyeron los contenidos de Ca y sodio (Na) en plantas de girasol. Otros ejemplos de efectos interiónicos son citados por Malavolta, Vitti & Olviera, (1989), quienes señalan la inhibición competitiva entre el K y Ca (alta concentración), o sinergismos entre K y Ca (baja concentración) y el antagonismo entre el cobre y Ca.

Los constituyentes de la membrana celular son particularmente fosfo y sulfo lípidos y proteínas, que son grupos cargados eléctricamente. Los iones en solución interactúan con esos grupos y la fortaleza de la interacción sigue el siguiente orden: moléculas sin carga < cationes, aniones < cationes 2+, aniones 2- < cationes 3+, aniones 3-, pero la absorción se lleva a cabo en orden contrario, lo que indica que el grado de hidratación y la valencia del ión también juegan un papel importante (Marschner *et al.* 1981).

4.5 Plagas y enfermedades

Las plagas que atacan al lisianthus se encuentran los áfidos, mosquitas blancas, thrips y el minador. Los thrips pueden dañar especialmente a las flores de color oscuro porque al alimentarse dañan la apariencia (Dole & Wilkins, 2005). Las enfermedades de la raíz y pudriciones de corona son causados por *Fusarium*, *Phytophthora*, *Pythium* y *Rhizoctonia*, ocurren durante el estado vegetativo, los cuales pueden llegar a destruir toda la planta (Dole & Wilkins, 2005).

Lisianthus es también susceptible a varios virus, incluyendo el Virus de la mancha necrótica del impatiens (INSV), Virus del bronceado del tomate (TSWV), Virus del mosaico amarillo del frijol (BYMV), Virus del mosaico del tabaco (TMV), Virus del rizado amarillo del tomate (TYLCV), y también a la cenicilla vellosa (*Peronospora*), cenicilla polvorienta (*Leveillulataurica*), mancha de la hoja (*Cercospora eustomae*) y *Thielaviopsis* (Dreistadt, 2001; Dole & Wilkins, 2005).

V.MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un invernadero en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en la ciudad de Saltillo, Coahuila, a principios de 2014. La temperatura mínima y máxima promedio oscilaron entre 11.2 y 33.6°C respectivamente, en tanto la humedad relativa fluctuó entre 25.0% y 72.5%, la radiación fotosintéticamente activa incidente diurna promedio fue $255 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

El material vegetal consistió en plántulas de *lisanthus* (*Eustoma grandiflorum* (Raf) Shinn) cv. ABC Blue Rim, con dos y tres hojas verdaderas bien desarrolladas, las cuales se trasplantaron el 20 de enero a contenedores de polietileno negro con volumen de 10 L, usando como sustrato perlita de partículas entre 0.2 a 0.5 mm de diámetro. Se colocaron cuatro plántulas por contenedor a una distancia entre plantas de 12 cm y entre contenedores de 15 cm, resultando en total 16 plantas por tratamiento.

Se evaluaron soluciones nutritivas (SN) elaboradas con agua de pozo tomando en cuenta las propiedades químicas de esta para su formulación. Los tratamientos consistieron en dos relaciones de NO_3^- : NH_4^+ (100:00 y 50:50) y tres concentraciones de Ca (6, 9 y 12 meq L^{-1}), ajustando el pH de estas soluciones a 6.2 ± 1 usando HNO_3^- al 55% y H_3PO_4 al 85%. La conductividad eléctrica osciló entre 2.2 a 3 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$.

Se plantearon ambas relaciones de NO_3^- : NH_4^+ a partir de modificaciones de la solución universal de (Steiner, 1961). En la solución original de Steiner no se incluye al NH_4^+ como fuente de nitrógeno (N), por lo que la modificación consistió en la adición de una determinada concentración total de N en forma de NO_3^- (12 meq L^{-1}). Sin embargo, lo anterior redujo la concentración relativa de los aniones

(NO_3^- , H_2PO_4 y SO_4^{2-}). Estos aniones deben mantener la concentración total de la solución Steiner (20 meq L), por lo que se incrementaron las concentraciones de H_2PO_4 y SO_4^{2-} hasta igualar la concentración de NH_4^+ , manteniéndose la relación equitativa entre H_2PO_4 y SO_4^{2-} .

El aporte de NH_4^+ aumentó la concentración relativa de los cationes (K^+ , Ca , Mg^{2+}) por lo que se restó la cantidad añadida de NH_4^+ a las concentraciones de K^+ y Mg^{2+} conservando así la concentración total de los cationes (20 meq L^{-1}) prevaleciendo la relación equitativa entre K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} . Las modificaciones antes nombradas causaron un cambio en la presión osmótica de la SN, por lo que se ajustaron las concentraciones de los iones mediante un factor de corrección (0.024) propuesta por Steiner.

La concentración de las seis SN se puede observar en el Cuadro 1, mientras que la de micronutrientes fue ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$): hierro (Fe) 5, cobre 0.02, zinc 0.11, molibdeno 0.05, manganeso 0.65 y boro. El Fe se aportó como Fe-EDTA.

En cuanto al riego, este fue suministrado manualmente según las necesidades hídricas de las plantas. La SN fue aplicada a partir del cuarto día después del trasplante en cantidades suficientes hasta obtener un volumen del lixiviado del 30%. El experimento finalizó cuando en el 95% de las plantas presentaban apertura completa en dos o tres botones florales derivando en la evaluación correspondiente a la medición de altura de planta, diámetro de tallo, área foliar y número de botones florales, el día 30 de mayo.

La muestra por contenedor fue de tres plantas cuyo sistema radicular fue posteriormente lavado con agua potable para eliminar los restos del sustrato; después se separó la raíz, tallo, hojas y flores, posteriormente se metió cada parte a la estufa secado a 65°C durante 72 horas y luego se pesó en una balanza analítica la materia seca de

las mismas. Para determinar la concentración de macronutrientes en los diferentes tejidos se digitaron en una mezcla de 2:1 con H₂SO₄: HClO₄ y 2 ml de H₂O al 30% después para determinar al N fueron analizadas usando el procedimiento Micro-Kjeldah (Bremner, 1996). Mientras que para determinar la concentración de Ca se utilizó un espectrómetro de emisión de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES, model Liberty, VARIAN, Santa Clara, CA) (Soltanpour *et al.* 1996). La distribución de las concentraciones por órgano se determinó a partir del contenido nutrimental teniendo en consideración a la materia seca y la concentración de nutrientes, la sumatoria de las extracciones por órgano representó el contenido total por planta. Posteriormente se determinó la distribución de los nutrientes expresada en porcentaje a partir del paso anterior.

Con formato: Español (España, internacional)

El diseño elegido para el experimento fue de bloques completamente al azar con arreglo factorial (2X3) con cuatro repeticiones por tratamiento. Para el análisis de los datos se usó un análisis de varianza (ANOVA) y las medias se compararon de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) con el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.2.

Cuadro 1 Concentración de macronutrientes en las soluciones nutritivas evaluadas.

NO ₃ ⁻ :NH ₄ ⁺ (%)	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄	SO ₄ ²⁻	Ca Meq L ⁻¹	K ⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	P.O (atm)
	12.09	1.01	7.05	12.40	5.58	3.8	0.00	0.72
100:00	12.04	1.00	7.02	9.33	6.83	3.90	0.00	0.72
	11.67	0.97	6.80	6.12	8.48	4.84	0.00	0.72
	6.38	1.86	13.02	13.07	1.83	1.04	6.38	0.72
50:50	6.34	1.85	12.95	9.83	3.16	1.81	6.34	0.72
	6.14	1.79	12.53	6.45	5.01	2.86	6.14	0.72

P.O=Presión osmótica

VI.RESULTADOS

Las variables diámetro de tallo, número de botones florales, materia seca de tallo y raíz no presentaron interacción significativa mientras que las variables restantes si resultaron ser significativas en la interacción entre NH_4^+ y Ca. La altura de planta y materia seca de raíz fueron afectadas negativamente por el aumento de NH_4^+ en la solución nutritiva, sucediendo lo contrario en las variables diámetro de tallo, área foliar, número de botón floral y materia seca de parte aérea (hojas y tallos). La materia seca de tallo y raíz se redujeron al aumentar la concentración de Ca en la solución nutritiva mientras que en el diámetro de tallo no se presentó una tendencia definida y el número de botón floral la respuesta fue similar en las tres concentraciones (Cuadro 2).

En cuanto a la altura de planta, área foliar, materia seca de hoja y flor fueron afectados por el Ca pues se observó un aumento con la disminución en la proporción de este ion. (Cuadro 2 y 3).

Cuadro 2. Efecto de las proporciones de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y diferentes dosis de Ca sobre el crecimiento de *Lisianthus* cv. ABC Blue Rim.

$\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (%)	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Área foliar (cm^2)	Número de botón floral
100-0	78.78a	77.98a	594.08a	15.78a
50-50	71b	68.04b	305.41b	9.33b
ANOVA $P \leq$	0.001	0.011	0.001	0.001
Ca (meq L^{-1})				
12	74.00b	79.53a	435.65b	12.67a
9	72.92b	66.81b	430.65b	12.33a
6	77.75a	76.28ba	482.94a	12.67a
ANOVA $P \leq$	0.02	0.02	0.0005	ns
Interacción	0.01	ns	0.01	ns
CV (%)	3.48	9.26	3.69	8.92

CV= coeficiente de variación, Interacción= $\text{NH}_4^+ \times \text{Ca}$, ANOVA= Análisis de varianza, ns, 0.01 y 0.001= No significativo y significativo.

Cuadro 3. Efecto de las proporciones de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y diferentes dosis de Ca sobre materia seca en plantas de *Lisianthus* cv. ABC Blue Rim.

$\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (%)	Materia seca tallo (g)	Materia seca hoja (g)	Materia seca flor (g)	Materia seca raíz (g)
100-0	6.00a	3.43a	3.80a	2.05a
50-50	3.65b	1.61b	2.50b	1.78b
ANOVA $P \leq$	0.001	0.001	0.001	0.001
Ca (meq L⁻¹)				
12	4.48b	2.34b	2.96b	1.63c
9	4.80b	2.30b	2.73c	2.00b
6	5.20a	2.93a	3.75a	2.12a
ANOVA $P \leq$	0.01	0.0001	0.0001	0.0001
Interacción	ns	0.001	0.001	ns
CV (%)	6.32	5.47	5.17	2.45

CV= coeficiente de variación, Interacción= $\text{NH}_4^+ \times \text{Ca}$, ANOVA= Análisis de varianza, ns, 0.01 y 0.001= No significativo y significativo.

En plantas tratadas sin NH_4^+ no hay efecto de la concentración de Ca sin embargo en plantas con 50% NH_4^+ disminuyó la altura (Figura 4).

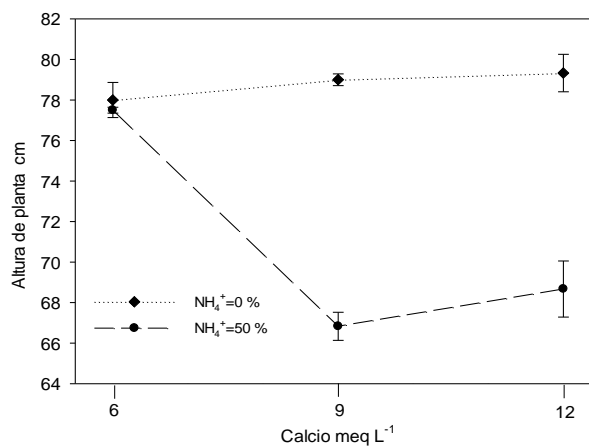


Figura 4. Efecto de la proporción de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentración de Ca en la altura de plantas de Lisianthus cv. ABC Blue Rim. La línea punteada (.....) se refiere a la proporción 100:00 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$, la línea en guiones (- -) se refiere a la proporción 50:50 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Las barras indican el error de la media.

En área foliar, materia seca de hoja y flor se presentó una tendencia similar (Figura 5 y 6) en la que al aumentar el Ca se nota una disminución en estas variables cuando la proporción de NH_4^+ fue de 50%, en cambio cuando no se aplicó NH_4 la tendencia no es uniforme.

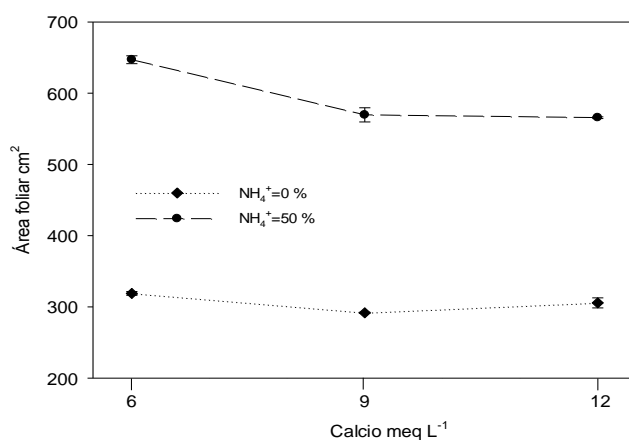


Figura 5. Efecto de la proporción de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentración de Ca en área foliar de Lisianthus cv. ABC Blue Rim. La línea punteada (.....) se refiere a la proporción 100:00 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$, la línea en guiones (- -) se refiere a la proporción 50:50 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Las barras indican el error de la media.

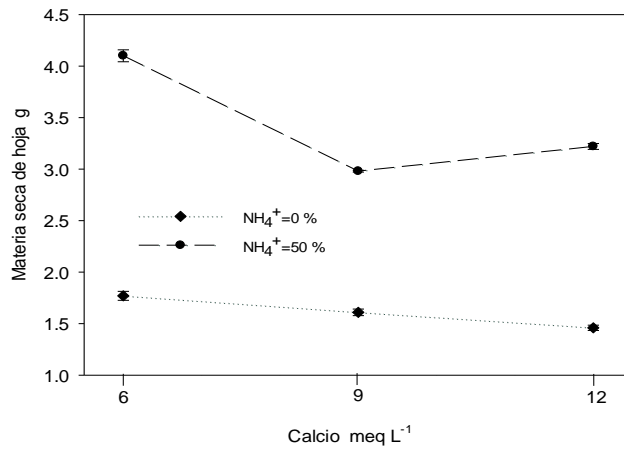


Figura 6. Efecto de la proporción de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentración de Ca en materia seca de hoja de Lisianthus cv. ABC Blue Rim. La línea punteada (.....) se refiere a la proporción 100:00 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$, la línea en guiones (- - -) se refiere a la proporción 50:50 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Las barras indican el error de la media.

El tratamiento con 50 % de NH_4^+ en los niveles más bajos de Ca resultó obtener la mayor cantidad de materia seca en flores mientras que el resultado menor se dió en la dosis media de Ca cuando la aplicación fue de 100% NO_3^- (Figura 7).

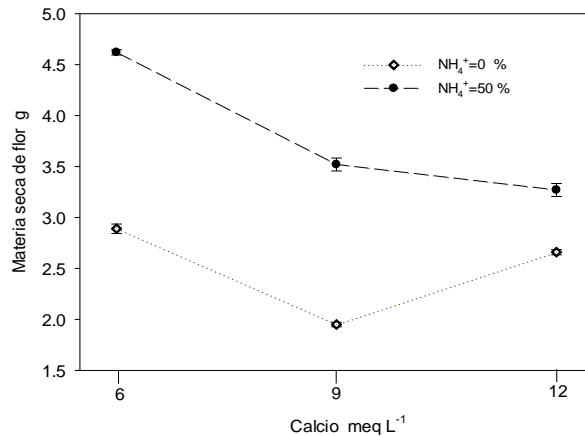


Figura 7. Efecto de la proporción de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentración de Ca en la materia seca de *Lisianthus* cv. ABC Blue Rim. La línea punteada (.....) se refiere a la proporción 100:00 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$, la línea en guiones (- - -) se refiere a la proporción 50:50 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Las barras indican el error de la media.

En todas las variables excepto en la concentración de N en raíz hubo significancia en la interacción, notándose resultados más favorables con 50% de NH_4^+ (Cuadro 4).

La concentración de Ca en parte aérea y flor fueron proporcionales al aumento de Ca, siendo el tratamiento de 12 meq L⁻¹ de Ca el de mejor resultado para estas variables pero no se comportó así en raíz donde el mejor resultado lo dio la dosis más baja de Ca (Cuadro 4).

En todas las variables resultantes significativas en su interacción se notó que las plantas tratadas con 50 % NO_3^- obtuvieron los mejores resultados. Mientras que para el factor B de las mismas plantas la concentración de N (%) en flor obtuvo la misma categoría en todas las

dosis de Ca no siendo así en la parte aérea donde la mejor respuesta se observó en plantas con 9 y 12 meq L⁻¹ de Ca en la solución (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de las proporciones nitrato: amonio y diferentes dosis de Ca en las SN sobre la concentración nutrimental en partes de plantas de *Lisianthus* cv. ABC Blue Rim

NO ₃ ⁻ /NH ₄ ⁺ (%)	N (%)			Ca (ppm)		
	Parte aérea	Flor	Raíz	Parte aérea	Flor	Raíz
50-50	2.84a	2.63a	2.48a	9077.5a	2577.4a	21323.1a
100-0	1.77b	1.95b	1.81b	3286.8b	1821.39b	13687.3b
ANOVA P≤	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Ca (meq L⁻¹)						
12	2.34a	2.22a	2.19a	8549.6a	2571.30a	16823.4b
9	2.42a	2.37a	2.11a	6077.8b	2313.86b	16666.3b
6	2.16b	2.29a	2.13a	3919.0c	1713.02c	19025.8a
ANOVA P≤	0.0031	ns	ns	0.0001	0.0001	0.01
Interacción	0.001	0.002	ns	0.0001	0.01	0.001
CV (%)	4.32	5.47	7.81	9.46	6.03	6.41

CV= coeficiente de variación, Interacción= NH₄⁺ x Ca, ANOVA= Análisis de varianza, ns, 0.01 y 0.001= No significativo y significativo.

La dosis media de Ca en plantas tratadas con 50% de amonio resultó en mayor concentración de N mientras que sin NH₄⁺. las plantas tuvieron la menor concentración de este elemento en la parte aérea de las plantas (Figura 8).

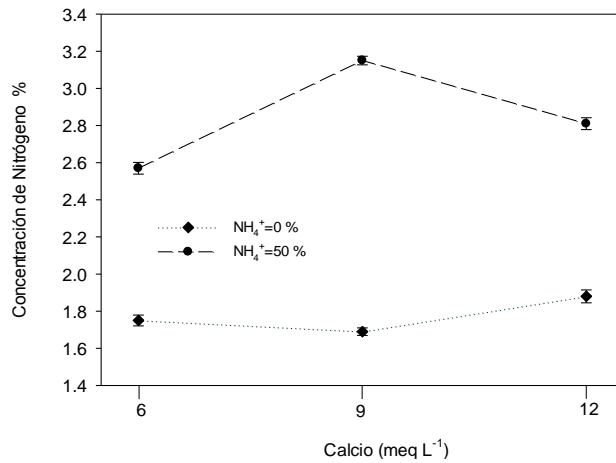


Figura 8. Efecto de la proporción de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ concentración de Ca en la concentración de Nitrógeno de parte aérea en plantas de Lisianthus cv. ABC Blue Rim La línea punteada (.....) se refiere a la proporción 100:00 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$, la línea en guiones (- -) se refiere a la proporción 50:50 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Las barras indican el error de la media.

En plantas tratadas con 50% NH_4^+ se obtuvieron las mejores respuestas cuando la dosis de Ca fue mínima en concentración de N en la flor, no sucediendo así cuando a las plantas se les suministro 0% de NH_4^+ sucediendo que la dosis media de Ca resultó la mejor mientras que la dosis más baja repercutía en una baja concentración de N (Figura 9).

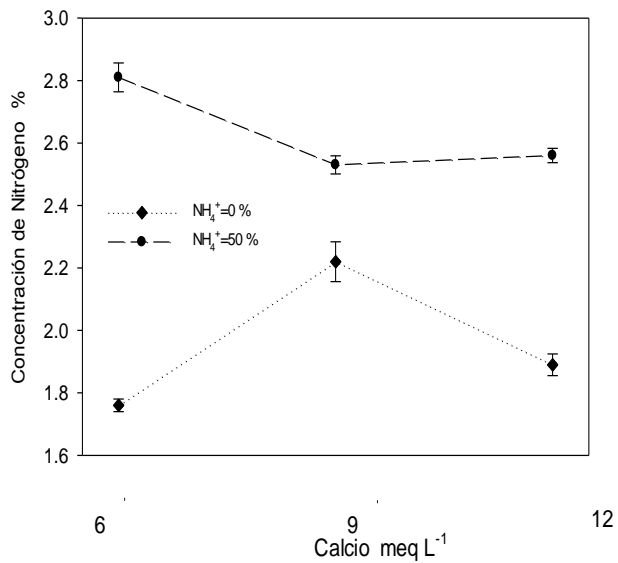


Figura 9. Efecto de la proporción de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentración de Calcio en la concentración de Nitrógeno en flores de Lisianthus cv. ABC Blue Rim. La línea punteada (.....) se refiere a la proporción 100:00 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$, la línea en guiones (- - -) se refiere a la proporción 50:50 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Las barras indican el error de la media.

Se observan aumentos proporcionales en las interacciones para concentración de Ca en parte aérea y flores conforme al incremento de Ca en la SN (Figuras 10 y 11).

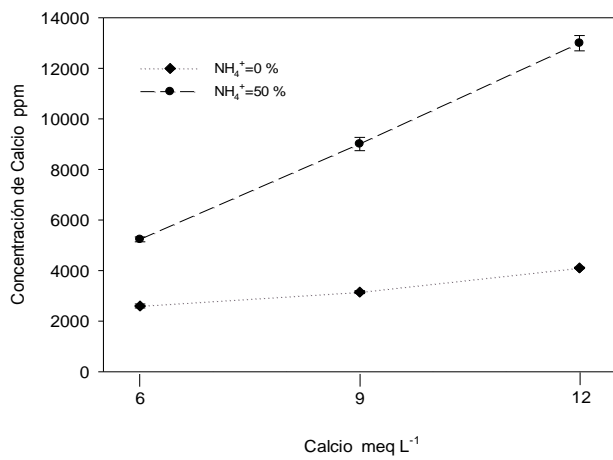


Figura 10. Efecto de la proporción de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y dosis de Ca en la concentración de Ca de la parte aérea de Lisianthus cv. ABC Blue Rim La línea punteada (.....) se refiere a la proporción 100:00 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$, la línea en guiones (- -) se refiere a la proporción 50:50 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Las barras indican el error de la media.

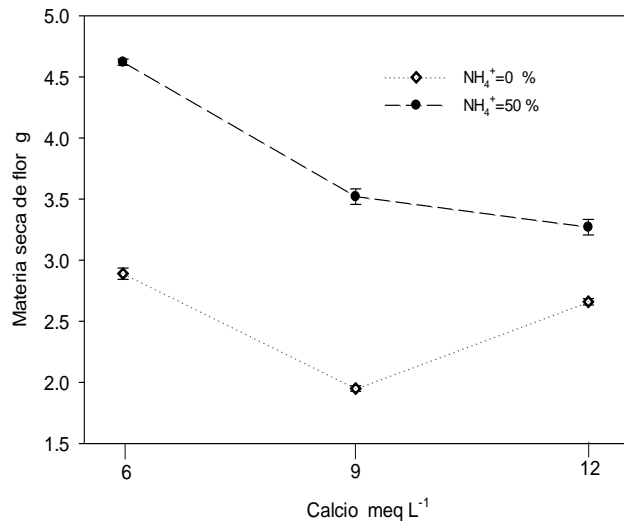


Figura 11. Efecto de la proporción de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y dosis de Ca en la concentración de Ca de flores de Lisianthus cv. ABC Blue Rim. La línea punteada (.....) se refiere a la proporción 100:00 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$, la línea en guiones (- -) se refiere a la proporción 50:50 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Las barras indican el error de la media.

La concentración de Ca en raíz tiende a ser disminuir para la dosis de 9 meq L⁻¹ de Ca en plantas con 50% NH_4^+ mientras que en plantas sin NH_4^+ aumenta en esta misma dosis notándose un comportamiento inverso entre ambas proporciones de NH_4^+ (Figura 12).

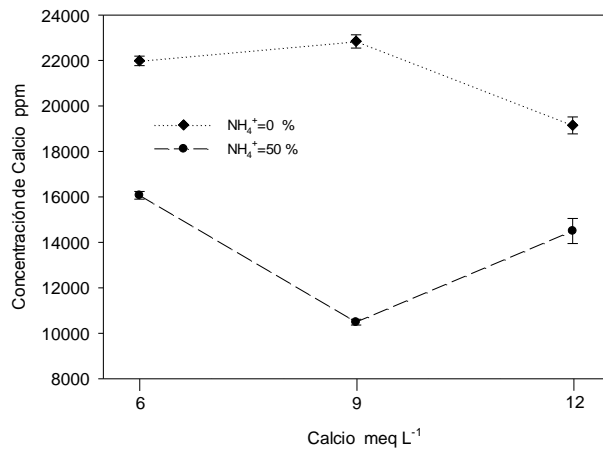


Figura12. Efecto de la proporción de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y dosis de Ca en la concentración de Ca en la raíz de Lisianthus cv. ABC Blue Rim. La línea punteada (.....) se refiere a la proporción 100:00 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$, la línea en guiones (- -) se refiere a la proporción 50:50 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Las barras indican el error de la media.

No existió significancia para la extracción de nitrógeno en raíz. (Cuadro 5), sin embargo, la extracción de Ca la interacción fue significativa, tendiendo a comportarse similar en flor y raíz para todas las dosis de Ca en plantas tratadas con 50% NH_4^+ mientras que en la parte aérea de las mismas plantas se comportó proporcional al aumento de Ca en la SN.

Cuadro5. Efecto de las proporciones $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y diferentes dosis de Ca en las SN sobre la extracción nutrimental por órgano de plantas de *Lisianthus* cv. ABC Blue Rim.

$\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (%)	Parte aérea	N (mg órgano^{-1})		Ca (mg/órgano)		
		Flor	Raíz	Parte aérea	Flor	Raíz
100-0	93.25 b	48.22b	37.11b	17.06b	4.48b	44.08a
50-50	266.59a	100.79a	44.15a	83.33a	9.67a	24.43b
ANOVA $P \leq$	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Ca (meq L^{-1})						
12	169.69a	66.91b	44.63b	67.55a	6.62a	40.73c
9	183.97a	66.13b	41.965a	35.130b	7.7067a	34.38b
6	186.10a	90.47a	35.30a	47.90c	6.91a	27.66a
ANOVA $P \leq$	Ns	0.001	0.001	0.001	Ns	0.001
Interacción	Ns	0.001	Ns	0.001	0.001	0.001
CV (%)	7.17	6.81	7.43	5.91	10.37	5.91

*CV= coeficiente de variación, Interacción= $\text{NH}_4^+ \times \text{Ca}$, ANOVA= Análisis de varianza, ns, 0.01 y 0.001= No significativo y significativo.

En plantas tratadas sin NH_4^+ el comportamiento de la extracción del N en flores fue similar bajo las diferentes dosis de Ca sin embargo no sucedió así en plantas con 50% de NH_4^+ pues el N fue disminuyendo conforme aumentaba el Ca en la SN (Figura 13) .

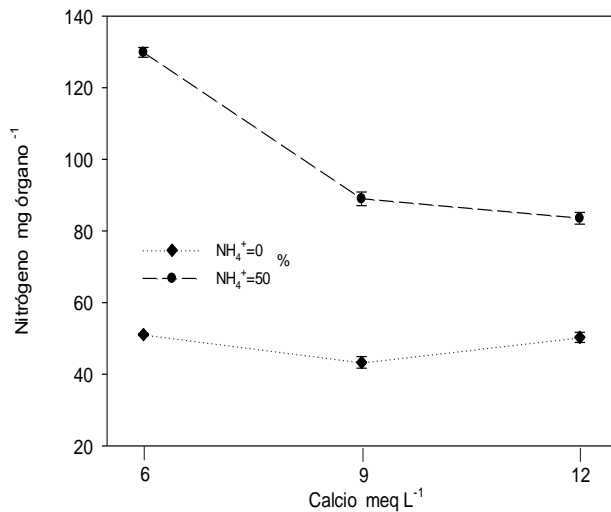


Figura 13. Efecto de la proporción de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentración de Ca en la extracción de Nitrógeno de las flores de Lisianthus cv. ABC Blue Rim. La línea punteada (.....) se refiere a la proporción 100:00 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$, la línea en guiones (- -) se refiere a la proporción 50:50 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Las barras indican el error de la media.

La extracción de Ca en la parte aérea de la planta no es afectada por el incremento en la aplicación de Ca cuando no se suministra NH_4^+ pero si se aplica el 50% de NH_4^+ la extracción de Ca aumenta conforme la aplicación de Ca (Figura 14).

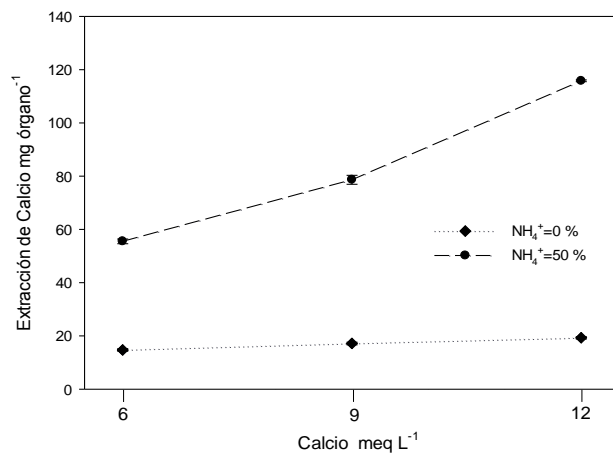


Figura 14. Efecto de la proporción de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentración de Ca en la extracción de Ca de la parte aérea de Lisianthus cv. ABC Blue Rim, La línea punteada (.....) se refiere a la proporción 100:00 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$, la línea en guiones (- - -) se refiere a la proporción 50:50 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Las barras indican el error de la media.

La extracción de Ca en la flor se vio afectada por las dosis de Ca en la SN dando mejores resultados para plantas con 50% de NH_4^+ donde fue inversamente proporcional a la aplicación de este elemento favoreciendo la dosis mínima, mientras que para plantas que no recibieron NH_4^+ sucedió lo contrario disminuyendo la extracción del Ca conforme aumentaba el mismo elemento en la SN (Figura 15).

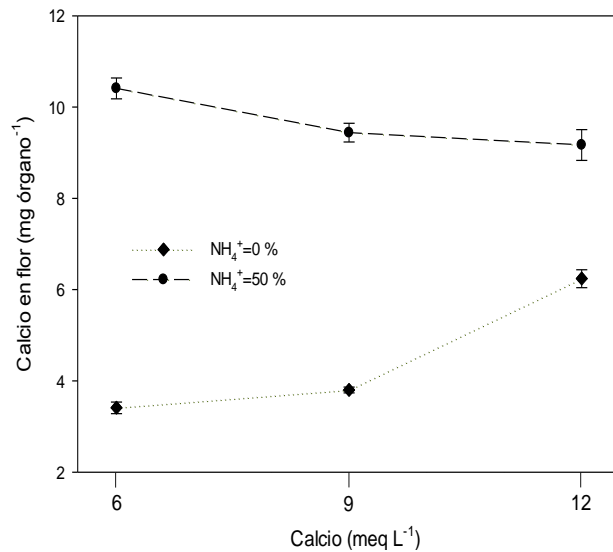


Figura 15. Efecto de la proporción de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentración de Ca en la concentración de Ca en la flor de Lisianthus cv. ABC Blue Rim. La línea punteada (.....) se refiere a la proporción 100:00 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$, la línea en guiones (- - -) se refiere a la proporción 50:50 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Las barras indican el error de la media.

La extracción de Ca en las flores se ve favorecida por el aporte de NH_4^+ en la SN, respondiendo negativamente al aumento de Ca sucediendo al contrario sin NH_4^+ , donde aumenta conforme al Ca (Figura16).

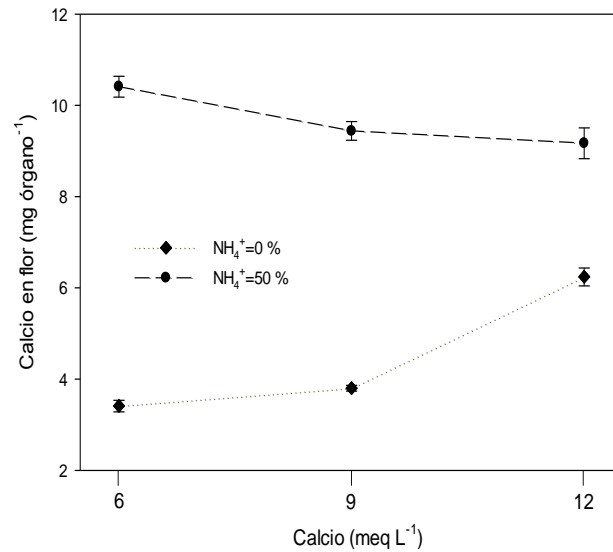


Figura 16. Efecto de la proporción de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentración de Ca en la concentración de Ca en la flor de Lisianthus cv. ABC Blue Rim. La línea punteada (.....) se refiere a la proporción 100:00 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$, la línea en guiones (---) se refiere a la proporción 50:50 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Las barras indican el error de la media.

La raíz en presencia de NH_4^+ sin embargo en general en la concentración de Ca tiende a disminuir si se le aumenta la proporción de Ca siendo la dosis más baja el mejor resultado (Figura17).

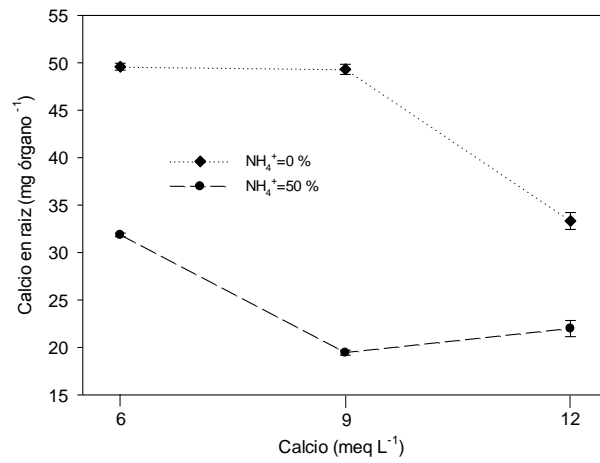


Figura 17. Efecto de la proporción de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y concentración de Ca en la extracción de Ca en la raíz de Lisianthus cv. ABC Blue Rim. La línea punteada (.....) se refiere a la proporción 100:00 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$, la línea en guiones (- -) se refiere a la proporción 50:50 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Las barras indican el error de la media.

VII.DISCUSIÓN

Hay evidencias de especies que toleran la aplicación de N en forma NH_4^+ , el arroz es un ejemplo mencionado por Tisdale et al. (1985), como queda de manifiesto el hecho de que *lisianthus* responde de manera favorable en variables como área foliar, altura de planta, materia seca de parte aérea y flores, extracción de N y Ca en flores, número de botón floral y diámetro de tallo cuando se le suministro 50% de NH_4^+ reafirmando lo dicho por Mendoza-Villarreal et al. (2014) quienes mencionan que algunas especies muestran óptimo desarrollo cuando se les provee altos niveles de NH_4^+ .

De acuerdo con Siddiki et al. (2002) en el cultivo de tomate bajo dosis de 50% de NH_4^+ se disminuyen las concentraciones de Ca en hojas debido al antagonismo entre ambos cationes, sin embargo, el *lisianthus* no se comportó así en este experimento pues demostró que la concentración de Ca en área foliar fue mayor en la presencia de 50% de NH_4^+ siendo proporcional al aumento de Ca en la SN. Nuestros resultados coinciden con Marschner (1995) quien menciona que el NH_4^+ afecta negativamente a la raíz pues la extracción de Ca en este órgano fue menor cuando se le aplicó 50% de NH_4^+ sin embargo sin la presencia de NH_4^+ las dosis altas de Ca tampoco favorecieron.

Sandoval et al. (1993) y Marschner (1995) encontraron que el aporte de NH_4^+ da como resultado la disminución de crecimiento y peso seco en raíz, de igual manera se manifestó en *lisianthus* donde se limita el peso seco de raíz. La concentración y extracción de Ca en la raíz cuando se le administro 50% de NH_4^+ ; lo anterior es explicado por (Kirkby & Mengel, 1987) señalando que a mayor concentración de NH_4^+ en la solución nutritiva, hay mayor absorción de este catión, el cual es absorbido rápidamente; en cambio, la absorción de Ca es más lenta, Sin embargo esta afirmación solo se limita a variables donde se

involucre la raíz pues no sucedió así en las extracciones nutrimentales de parte aérea y flores donde el aporte de NH_4^+ les favoreció.

En concordancia con Mendoza-Villarreal et al. (2014) *lisianthus* tiene alta tolerancia al NH_4^+ cuando se incrementan las proporciones de Ca. En nuestro experimento se muestra un aumento en la concentración y extracción de N en parte aérea, la así como la extracción de Ca en parte aérea y en la flor cuando se suministra un 50% de NH_4^+ en la SN, cuando se suministró Ca a dosis medias y altas, reafirmando así los numerosos reportes que indican los efectos benéficos de la suplementación con Ca en la tolerancia a salinidad para especies parecidas a tomate (Lopez & Satti, 1996) y fresa (Khayyat et al., 2011; Valdez et al., 2014)

En la raíz las dosis más bajas de Ca favorecieron la extracción de Ca donde los mejores resultados se observaron sin la presencia de NH_4^+ pues como mencionan Lasa et al. (2000) la inclusión de NH_4^+ en ciertas concentraciones puede limitar la absorción de otros cationes como Ca y Mg así como su contenido en la planta.

VIII.CONCLUSION

Lisianthus tiene una respuesta favorable a la fertilización nitrogenada utilizando como fuente el NH_4^+ , tolerando altos niveles del mismo con la adecuada suplementación del Ca.

IX.LITERATURA CITADA

Azcón, J. & Talón, M. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. Mc Graw Hill. 83-92p

Con formato: Español (España, internacional)

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Backes, F., Barbosa, J., Cecon, J., & Saraiva, G. 2007. Cultivo hidropónico de lisianto para flor de corte em sistema de fluxo laminar de nutrientes. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 42.1561-1566.

Backes, F., Barbosa, J., Cecon, J., & Saraiva, G. J. 2008. Concentração e conteúdo de nutrientes em lisianto, cultivado em hidroponia, em sistema NFT. i. Acta Science Agronomi, 30. 495-500.

Barbaro, L., Karlanian, M., & Morisigue, D. 2009. Sistema flotante como alternativa para la producción de plantines de Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* L.). Agriscientia. 26. 63-69

Barracough, D., Gibbs, P., & Macdonald, A. 1998. A new soil nitrogen and carbon. CD ROM del Congreso Internacional de Suelos, Binford, Francia

Tisdale, S., Nelson, W., & Beaton, J., 1985. Soil fertility and fertilizer. 5a Edition McMillan. New York, USA. 754p.

Mendoza-Villarreal, R., Valdez-Aguilar, L., Sandoval-Rangel, A., Robledo-Torres, V. & Benavides-Mendoza, A. 2014. Tolerance of lisianthus to high ammonium levels in rockwool culture. Journal of Plant Nutrition. 38. 73-82.

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Bremner, J. 1996. Total nitrogen. Methods of soil analysis. Part II. Chemical methods. American Society of Agronomy. Soil Science Society of America. Wisconsin. USA. 1085-1086 pp.

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Córtés, R. 1998. Germinación, micropropagación y enraizamiento in vitro de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* var. *Giseb*). Tesis de licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo México, México .76p

Dell, B., Malajczuk, N., & Gove, T. 1995. Nutrient disorders in plantation Eucalypts Australian. Center For International Agricultural, 110. 176: 329-332.

Dole & Wilkins. 2005. Floriculture Principles and species. Second Edition. Prentice Hall. New Jersey, USA. 1023p

Díaz-Rosello, R. 1992. Evolución del nitrógeno total en rotaciones con pasturas. INIA Investigaciones Agronómicas. 1. 27-35.

Domínguez, A. 2002. Cultivo de Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*). UAAAN.Salttillo, Coahuila.

Domínguez, R. 2008. Lisianthus; una especie con alto potencial. Ornamentales, 3, 24-25.

Gill, S., Blessington, T., Dukty, E., Balge, R., Ross, S., Rosenkranz, G., y otros. 2000. Production of lisianthus as a cut flowers. University of Maryland .Cooperative Extension Fact.770.1-12.

Hageman, R. 1984. Ammonium versus nitrate nutrition in higher plants. Nitrogen in crop production. American Society of Agronomy Wisconsin, USA. 67-86.

Halevy A. & Kofranek. A.1984. Evaluation of lisianthus as a new flower crop. Hort Science , 6..845-847.

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Hauck, R. 1981. Nitrogen fertilizer effects in nitrogen cycle processes. Terrestrial nitrogen cycles. Swedish Natural Science Research.33.Council, Stockholm.551-562.

Hernández-Pérez, A., Villegas -Torres, O., Valdez -Aguilar, L., Alia-Tejacal, I., López- Martínez, V. & Domínguez -Patiño, M. 2015. Tolerancia de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.) a elevadas concentraciones de amonio en la solución nutritiva. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 6, 467-482.

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Heppler, P. & Wayne R. 1985. Calcium and plant development. Ann. Rev. Plant Physiol. 36:397-439.

Holland Flower Council.2010.
http://www2.flowercouncil.org/int/holland/market_vision/Jiang, X. 2001.Cut flowers in Yunnan Province of China. ITC experience in technical cooperation for export diversification. Regional Workshop on commodity export diversification and poverty reduction in South and South-East Asia. Organized by UNCTAD in cooperation with ESCAP. 8 pp.

Jansson, S. & Persson, J. 1982. Mineralization and immobilization of soil nitrogen. Nitrogen in agricultural soils.Monography N° 22. American Society of Agronomy. Wisconsin, USA. 229-252p

- Soltanpour, P., Johnson, G., Workman, S., Jones, J. & Miller, R. 1996. Inductively coupled plasma emission spectrometry and inductively coupled plasma mass spectrometry. Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods. Soil Science Society of America. Wisconsin, USA. 91-139.
- Khayyat, M., Khanizadeh, S., Tafazoli, E., Rajaei, S. & Kholdebarin, B., 2011. Effect of different calcium forms on gas exchange activities, water usage and macronutrient uptake by strawberry. Journal of Plant Nutrition. 43.427-443.
- Kirkby, E., & Mengel, K. 1987. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute. Basel, Switzerland.
- Konno H., Yamaya T., Yamasaki Y. & Matsumoto H. 1984. Pectic polysaccharide break-down of cell walls in cucumber roots grown with calcium starvation. Plant Physiol. 76 .633-637.
- Ladd, J., & Jackson, R. 1982. Biochemistry of ammonification. Nitrogen in agricultural soils. Monography Nº 22. American Society of Agronomy. Wisconsin, USA. 173-228p.
- Lasa, R., Aleu, M., Lamsfus, C. & Trejo, M. 2000. Effects of low and high levels of magnesium on the response of sunflower plants grown with ammonium and nitrate. Plant. Soil 225.167-174.
- Loneragan, J., & Snowball, K. 1969. Calcium requirement of plants. Ed. Mc Millan Soil fertility and fertilizers. New York, USA. 249-291pp.
- Lopez, M., & Satti, E. 1996. Calcium and potassium-enhanced growth and yield of tomato. Plant Science. 114.19-27.
- Malavolta, E., Vitti, G., & Oliveira, S. 1989. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba S.P. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo. Aust J. Agric Res. 20.1-7.
- Marschner, H., Kylin, A., & Kuiper, P. 1981. Genotype differences in the response of sugar beet plants to replacement of potassium by sodium. Physiol Plant. 51, 239-244.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed. Academic Press San Diego, California. USA. 889 p
- Mazuela, P., Riva, F. D., & Urrestarazu, M. 2007. Cultivo de lisianthus en perlita. Planta-flor. 124. 92-92.

Melgares de Aguilar, J. 1996. el cultivo de lisianthus I parte. Horticultura 113.13-16.

Melgares de Aguilar, J. 1996b. El cultivo de lisianthus. Horticultura 114.47-50.

Molina, E. 2003. Conferencia: Características y manejo de fertilizantes que contienen nitrógeno, fósforo y potasio. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. 18 Julio 2003. Costa Rica

Näsholm T. 2009. Uptake of organic nitrogen by plant. New Phytol. 182.31-48.

Núñez, D., Galván, M., & Martínez, C. 2009. Estrés nutricional de las plantas. Fisiología Vegetal Ambiental del curso 2009-10.

Ohkawa K. 1994. Reversal of heat-induced resetting in *Eustoma grandiflorum* with low temperatures. HortScience, 29, 165-166.

Olvera, A. 2004. Evaluación técnica financiera de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* var. *Shinn*) para flor de corte bajo invernadero. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. México, México. 80p

Orozco, S. 1982. Manuales para la educación agropecuaria. suelos y fertilización. Trillas. México.

PANAMERICAN SEEDTM. 2012. GrowerFacts.
http://www.panamseed.com/series_info.aspx?phid=039104598016209.
Abril/2015.

Perdomo C. (S/A). Catedra de Suelos: Nitrógeno. Facultad de Agronomía. Universidad de la Republica. Montevideo Uruguay.

S/A. 2007. Patente nº 168 567 ISBN N° 978-956-7874-76-7. Santiago, Chile.

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Sakata. 2011. Ficha técnica del cultivo de lisianthus para flor de corte. Recuperado el 5 de febrero de 2015, de sakata ornamentals:
http://www.sakataornamentals.com/_cdib/attachments/plants/pfd-3284.pdf

Salas R. 2003. Conferencia: Nutrición mineral de plantas y el uso de fertilizantes, Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. Costa Rica

Sandoval, V., Alcantár, G., & Tirado, J. 1993. Momento oportuno de la aplicación de amonio y nitrato para incrementar la producción de grano de trigo. Terra 11 .61-66.

Sellés, M. 2012. Variaciones de los cationes solubles en plantas de dos áreas (Bétera-Tuejar) que presentan dos tipos de suelo distintos (regosol-gipsisol) y un gradiente climático. Tesis de Licenciatura. Escuela Politécnica Superior de Gandia.Universidad Politécnica de Valencia .71-72p

Siddiki, M., Malhotra, B., Min, X. & Glass, A. 2002. Effects of ammonium and inorganic carbon enrichment on growth and yield of a hydroponic tomato crop. Journal Plant Nutrition Soli Science.165 .191-197.

Steiner, A. 1961. An universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. Plant Soil.15. 134-154.

Stevenson, F.1982.Organic forms of soil nitrogen. Nitrogen in agricultural soils. Monography N° 22. American Society of Agronomy. Wisconsin.USA. 67-122 p

Valdez-Aguilar, L., Grieve, C. & Poss, J. 2014. Response of lisianthus to irrigation with saline water: Ion relations. Journal of Plant Nutrition.37. California. USA. 546-561.

Vargas, S. 2008.Estudio del comportamiento de tres fertilizantes foliares en la producción de duraznero (*Prunus pérsica L.*) var.*Florida* en la granja experimental "La Pradera". Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Universidad Técnica del Norte. Ecuador. 12-13 p.

Velázquez, M.2008. Extracción nutrimental en lisianthus (*Eustoma grandiflorum Raf.*) cv. *Mariachi*. Tesis de licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo .Mexico.México.85p.

Yañez, J. 2002.Conferencia: Nutrición y regulación del crecimiento en hortalizas y frutales. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México. Disponible en:
<http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort02/Ponencia03.pdf>