

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



La Interacción NH_4^+ y SO_4^- Afecta el Crecimiento y el Estado Nutricional de las Plantas de Lisianthus cv. ABC 1-2 Rosado Oscuro

Por:

MARÍA PATRICIA GARCÍA CASTRO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

La Interacción NH_4^+ y SO_4^- afecta el Crecimiento y Estado Nutricional de las Plantas
de *Lisianthus* cv. ABC 1-2 Rosado Oscuro

Por:

MARÍA PATRICIA GARCÍA CASTRO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

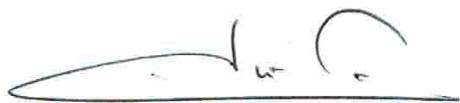
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Armando Hernández Pérez

Asesor Principal



Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar

Coasesor



Dra. Juana Cruz García Santiago

Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2018

“Todo lo demás puede esperar, pero no la agricultura”

-Pandit Jawaharlal Nerhu

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme concluir mis estudios profesionales, por el haber permitido conocer a tantas personas maravillosas al salir de casa y guiarme en cada paso que di.

A mi alma mater:

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por todas las oportunidades que me brindaste para hacer mis sueños realidad. Las enseñanzas académicas y personales fueron excepcionales, espero ponerlas cada día en práctica para poder servirle al campo mexicano y ser una persona de bien, gracias por dejarme formar parte de tu historia.

A mi Familia

Javier, Elvira, Belén y Monserrat, por todo su apoyo incondicional, motivación y confianza, durante este camino que a la distancia iniciamos juntos, entre llamadas, mensajes y video llamadas, llenas de sonrisas, enojos y uno que otro regaño a ustedes las personas más importantes de mi vida en las que siempre sabré que están para mí de igual forma que estaré para ustedes, sin importar donde nos encontremos.

A mis asesores de tesis

Dr. Armando Hernández, por el apoyo brindado en la realización de esta, sin su apoyo no hubiera sido posible debido a sus enseñanzas de métodos que desconocía y consejos, pero más aún por su amistad.

Dr. Luis Alonzo Valdez, gracias por la atención brindada como tutorada y alumna, por las buenas enseñanzas adquiridas en el mundo de la horticultura.

Dra. Juana Cruz García Santiago, por ser parte de este trabajo, sin su apoyo no hubiera podido realizarlo en tiempo y forma.

A la Banqueta

Por su amistad, risas incontrolables, consejos, tantos recuerdos de travesuras cuando no teníamos o no entrábamos a clases y pláticas profundas, un honor haberlos topado en esta vida. Colegas y amigos, les deseo mucho éxito en este nuevo camino que emprenderemos Arnoldo, Monse, Rebeca, Elmer, Karen, Cesar, Miri, Heber, Daniel Gaona, Sami, Mauri, Monse Basurto, Romualdo, Vela, Daniel, Maceda, Edgar, Diana, Everardo y Reséndiz,

Al Internado Hidalgo

En especial al cuarto 8, donde conocí a chicas maravillosas, risueñas, soñadoras, trabajadoras y compartidas. Cada día en el que estuve en nuestro cuarto desde pelona hasta novata, nunca nos faltó una sonrisa y momentos de apoyo por tristezas que nos llegaron a congojar, siempre nos mostramos apoyo y unidad gracias por hacerme sentir como en casa Talía, Denisse, Iram, Vela, Anita y Fernanda.

A:

Mónica Zamora

Gracias por tu amistad entrañable el apoyo que cada día me brindabas, risas, intentos por hacer de comer, bromas, las salidas a la Alameda a comer pizza mientras los demás hacen ejercicio, películas y series en las cuales terminábamos más aterradas, platicas sin fin, consejos, chismes y secretos “jejeje” y por haberme enseñado lo bonito que es Saltillo, eres para mí una hermana.

Elena Vela

Tanto que agradecerte amiga que no sé por dónde comenzar, me alegra haberte conocido desde el primer día que llegué a aquí pues desde ese momento nunca me sentí sola hemos estado en tantas alegrías que he perdido la cuenta y en pocas tristezas porque a tu lado todo siempre ha estado bien. Nunca olvidare los días en que nos apreciábamos tanto como en los que casi nos ahorcábamos, tantos viajes a tu lado amiga con y sin frio “jajaja”.

Heber Martínez

Espero haber escrito tu nombre correcto “jajaja” no sé porque siempre confundí tus apellidos, pero que te puedo decir amigo gracias por haberme salvado la vida al cruzar las calles cuando me aventabas a los carros y las competencias en las escaleras, tu apoyo incondicional siempre estuvo cuando lo necesite, gracias por tu amistad.

Cesar Obregón & Ricardo Maceda

Tantas risas con ustedes que tan solo con escribir estas líneas eh empezado a reír, gracias por su cariño, momentos inolvidables, apoyo, consejos, comida rica en los domingos de Arteaga y por haberme hecho sentir tan feliz y querida en mi estancia en la Universidad.

Arnoldo Alvarado

Bromas y aventuras en esas palabras podría describir nuestra amistad, pero fue más que eso pues siempre estuviste apoyándome en cada decisión, aconsejándome y ayudándome en lo que pudiste. En mis memorias siempre estarán los días en que reíamos sin preocupaciones y solo disfrutábamos de la vida, gracias caguamigo.

Nain Campos

Amiga del alma nuestra amistad siempre me ha dado fortaleza en la distancia, el esperar las vacaciones con ansias para tener platicas larguísimas llenas de risas y consejos amorosos “jajaja”. Gracias por tu apoyo y ser un ejemplo a seguir

A todos mis compañeros de la Generación CXXVI, por la ayuda cuando la requerí, tiempo compartido en clases, risas y momentos inolvidables.

DEDICATORIA

A mis padres

Elvira y Javier porque sin ellos no hubiera sido posible culminar mi profesión como Ing. Agrónomo en Horticultura el apoyo y confianza fueron fundamentales para haber estudiado lo que más me apasiona en esta vida.

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	II
ÍNDICE DE FIGURAS	III
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	3
Objetivo General	4
Objetivo específico.....	4
Hipótesis	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Elementos Minerales	5
Nitrógeno (N)	7
Proporción Nitrato/ Amonio.....	7
Toxicidad por Amonio (NH ₄ ⁺).....	8
Familias, géneros y especies de plantas sensibles al amonio.....	9
Fuentes de Fertilizantes Nitrogenados	9
Azufre (S).....	11
LISIANTHUS	12
Nutrición de lisianthus.....	13
Comercialización.....	14
MATERIALES Y MÉTODOS	16
Localización del experimento.....	16
Material vegetal	16
Instalación del experimento	16
Trasplante.....	16
Tratamientos.....	17
Condiciones ambientales	18
Manejo del cultivo:	18
Riego	18
Control de plagas y enfermedades	19
Control de malezas	19
Variables evaluadas:.....	19

Cosecha.....	19
Peso seco	19
Contenido nutrimental.....	20
Diseño experimental y análisis estadístico	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
Altura	22
Biomasa.....	24
Concentración Mineral.....	27
CONCLUSIÓN	33
LITERATURA CITADA.....	34
PAGINAS ELECTRÓNICAS	41

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de los elementos naturales.....	5
Cuadro 2. Concentración de macronutrientes de las soluciones Nutritivas evaluadas.....	17
Cuadro 3. Efecto de la concentración de sulfato de amonio en el crecimiento de las plantas de lisianthus cv. ABC 1-2 Rosado Oscuro.....	21
Cuadro 4. Efecto de la concentración de sulfato de amonio en elementos minerales; Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S) en plantas de lisianthus cv. ABC 1-2 Rosado Oscuro.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto de la interacción entre la concentración de NH_4^+ y SO_4^- en la altura de la planta.....	24
Figura 2. Efecto de la interacción entre la concentración de NH_4^+ y SO_4^- en el peso total de la planta.....	25
Figura 3. Efecto de la interacción entre la concentración de NH_4^+ y SO_4^- en el peso seco de hoja.	25
Figura 4. Efecto de la interacción entre la concentración de NH_4^+ y SO_4^- en el peso seco de tallo.....	26
Figura 5. Efecto de la interacción entre la concentración de NH_4^+ y SO_4^- en el peso seco de flor.....	26
Figura 6. Efecto de la interacción entre la concentración de NH_4^+ y SO_4^- en el peso seco de raíz.....	27
Figura 7. Efecto de la interacción entre la concentración de NH_4^+ y SO_4^- en la concentración de Nitrógeno (N).....	28
Figura 8. Efecto de la interacción entre la concentración de NH_4^+ y SO_4^- , en la concentración de Fosforo (P).....	29
Figura 9. Efecto de la interacción entre la concentración de NH_4^+ y SO_4^- , en la concentración de Fosforo (k).....	30
Figura 10. Efecto de la interacción entre la concentración de NH_4^+ y SO_4^- , en la concentración de Fosforo (Ca).....	30
Figura 11. Efecto de la interacción entre la concentración de NH_4^+ y SO_4^- , en la concentración de Fosforo (Mg).....	31
Figura 12. Efecto de la interacción entre la concentración de NH_4^+ y SO_4^- , en la concentración de Fosforo (S).....	32

INTRODUCCIÓN

La nutrición en las plantas es una base fundamental para el crecimiento, desarrollo, y metabolismo, debido a que los nutrientes son parte fundamental de los diferentes procesos bioquímicos, lo más importante es la fotosíntesis, de la cual obtienen carbohidratos que se emplean en diferentes procesos fisiológicos que dan lugar a células, tejidos y órganos. La forma química de cada nutriente es de suma importancia ya que por medio de sus cargas son absorbidas por la raíz, asimilados, transportados e integrado a las áreas de demanda.

Los nutrientes minerales tienen dos tipos de clasificación, en la primera se clasifica según la demanda que tiene en la planta (macros y micronutrientes), la segunda clasificación involucra las cargas que poseen (aniones y cationes). Entre los macronutrientes se encuentran principalmente a nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S). De estos el N es la de mayor demanda por las plantas debido a que es un nutriente causante del crecimiento y desarrollo por su presencia en estructuras, reacciones metabólicas, aminoácidos, en moléculas de clorofila, ADN y ARN, asimismo, es altamente móvil en la planta y se encuentra en dos formas de absorción: nitratos (NO_3^-) y amonio (NH_4^+).

EL azufre (S) es un elemento que conforma parte de compuestos de carbono como cisteínas y metioninas por nombrar las más importantes, la mayor parte de S es asimilada en forma de sulfato ($\text{SO}_4^{=}$), que es transportado de forma activa a través de células epidérmicas, que posteriormente son integrados a aminoácidos como cisteína en tejidos fotosintéticos la reducción del azufre a sulfato es un trascurso que depende de la luz en los cloroplastos. (Anderson, 1981; Rennenberg *et al.*, 1982; Benavides, 1998). La absorción de $\text{SO}_4^{=}$ está normalizada por el recurso y estado nutricional del azufre en la planta, es decir, la absorción de S aumenta cuando hay una deficiencia de este y baja cuando incrementa la concentración inter celular de S (Maldonado, 2013).

La asimilación de NO_3^- es a través del citoplasma donde es reducido a nitrito, posteriormente es transportado a hojas y raíces. Mientras que el NH_4^+ es un mineral muy examinado debido a que en altas concentraciones y en plantas sensibles a éste puede provocar toxicidad, esto se debe a varios factores como tipo de cultivar, por el medio ambiente (acidificación pH), la fisiología de las plantas (eficiencia de enzimas y metabolismos) (Sheng, *et al.*, 2013). Debido a la alta lixiviación y contaminación que puede provocar el uso de NO_3^- en la agricultura, se ha optado por el uso de NH_4^+ , sin embargo es necesario determinar la cantidad de NH_4^+ adecuado para determinados cultivos y, sobre todo, buscar una alternativa que permita una mayor asimilación de este nutrimento.

Una opción es la interacción de nutrientes. Se ha encontrado que el crecimiento y desarrollo de las plantas depende estrechamente de la proporción entre S y N, y la asimilación de estos se pueden reprimir en la ruta metabólica del uno a otro (Koprivova *et al.*, 2000; Scherer 2008; Khan *et al.*, 2016). Por estas razones se realizó el presente trabajo en el cultivo de *lisianthus* cv. ABC 1-2 Rosado Oscuro, debido a que es una flor destinada para corte y maceta y es uno de los cultivos de mayor demanda (Camargo *et al.*, 2004; de La Riva *et al.*, 2013). De esta manera es necesario conocer cuáles son los requerimientos nutricionales adecuados del cultivo para mejorar su crecimiento y calidad.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la interacción de diferentes concentraciones de NH_4 y SO_4 en la solución nutritiva sobre el crecimiento, así como en la concentración mineral en las plantas de *lisianthus* cv. ABC 1-2 Rosado Oscuro. Las plantas fueron cultivadas bajo invernadero. Se utilizó perlita como medio de crecimiento. Los tratamientos utilizados fueron tres concentraciones de NH_4^+ (0.0, 2.5 y 5 meq L) y dos de SO_4^- (7 meq L y 10 meq L). Los micronutrientes utilizados fueron (mg L): Hierro (Fe) 5, cobre 0.02, zinc 0.11, molibdeno 0.05, manganeso 0.65 y boro 0.5. Se utilizó un diseño de bloques completos a lazar con un arreglo factorial de 2 x 3, dando un total de 6 tratamientos y 4 repeticiones, los datos colectados se le realizó análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) utilizando el programa SAS versión 9.0. En los resultados se pudo observar que una solución nutritiva con 7 meq L^{-1} de SO_4^- aumenta la altura, así como el peso seco de las plantas de *lisianthus*. Con el aumento a 5 meq L^{-1} de NH_4^+ la acumulación de biomasa incrementa, pero no la altura. En cambio, en la interacción de estos iones, las plantas mostraron un aumento en altura cuando NH_4^+ se encuentra en 2.5 meq L^{-1} , mostrando que este está ligada a la concentración de 7 meq L SO_4^- , debido que en concentraciones mayores de NH_4^+ la altura disminuye y en un aumento SO_4^- la altura es mayor. El contenido de biomasa en cada órgano fue mayor cuando se empleó 2.5 meq L de NH_4^+ y 7 meq L^{-1} de SO_4^- así mismo, se obtuvo una mayor concentración de N, P, Ca, Mg y S con esta misma solución. De esta manera la siguiente investigación encontró que tanto NH_4^+ y SO_4^- se encuentran ligados, pudiendo ser el S a una concentración adecuada sea un factor eficiente para la absorción de NH_4^+ .

Palabras clave: *lisianthus*, biomasa, concentración mineral, NH_4^+ , SO_4^- .

Objetivo General

- ❖ Evaluar el efecto de la interacción de diferentes concentraciones de NH_4^+ y SO_4^- en la solución nutritiva sobre el crecimiento y estado nutrimental de las plantas de lisianthus cv ABC 1-2 Rosado Oscuro.

Objetivo específico

- ❖ Obtener una concentración óptima de NH_4^+ que mejore la calidad y productividad de lisianthus.
- ❖ Obtener una concentración óptima de SO_4^- que mejore la calidad y productividad de lisianthus.
- ❖ Determinar el efecto de la interacción entre NH_4^+ y SO_4^- sobre el crecimiento y de la concentración de minerales en el tejido de la planta.

Hipótesis

- ❖ Al menos una de las concentraciones de NH_4^+ y SO_4^- , así como la interacción de estos tendrá un efecto positivo en el crecimiento y concentración mineral en el tejido de las plantas de lisianthus

REVISIÓN DE LITERATURA

Elementos Minerales

Actualmente se consideran 20 elementos entre esenciales y benéficos (Cuadro 1) para el desarrollo de cultivos, de los cuales se clasifican en macro y micronutrientes (Sánchez, 2000). Para que un elemento mineral sea considerado esencial, debe de cumplir con los siguientes criterios:

- La concentración nula de este elemento provoca la muerte de la planta.
- Interviene directamente en la fenología y no puede ser remplazado por algún otro.
- Forma parte estructural de células, moléculas e interviene en procesos bioquímicos.

(Arnon y Stout, 1939).

Cuadro 1. Clasificación de los elementos minerales.

Elemento	Símbolo Químico	Forma de Absorción
Macronutrientes	C	CO ₂
Carbono	H	H ₂ O
Hidrogeno Oxigeno	O	H ₂ O, O
Nitrógeno	N	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻
fosforo	P	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ⁻
potasio	K	K ⁺
calcio	CA	Ca ²⁺
Magnesio	Mg	Mg ²⁺
Azufre	S	SO ₄ ⁻
Micronutrientes		
Hierro	Fe	Fe ²⁺ , Fe ³⁺
Zinc	Zn	Zn ²⁺ , Zn(OH) ₂
Manganeso	Mn	Mn ²⁺
Cobre	Cu	Cu ²⁺
Boro	B	B(OH) ₃
Molibdeno	Mo	MoO ₄ ²⁻
Cloro	Cl	Cl ⁻
Silicio	Si	S(OH) ₄
Sodio	Na	Na ⁺
Cobalto	Co	Co ²⁺
Vanadio	V	V ⁺

Fuente: (Bennett, 1993; Sánchez, 2000)

La función y la importancia de estos nutrientes en las plantas es muy variado, pues el N y S integran compuestos de carbono, por ejemplo, el N constituye amino ácidos, aminos, proteínas, ácidos nucleicos, poli aminos, etc. y el S constituye cisteínas, metionina, proteínas coenzimas de tiaminas, biotina, y coenzima A. Mientras el P es esencial para la adquisición y utilización de energía, y en el genoma, debido principalmente que es el único elemento que juega el papel clave en los metabolismos, tras-colación, adquisición de energía y almacenamiento. Se utiliza en adenosina fosfato (ATP, ADP, AMP) y en ácidos nucleicos. Otros nutrimentos son de estructura ya que están asociados con la pared celular entre estos está el Ca, se une a los polisacaridos que constituyen la pared celular, el B se une a los polisacaridos de la pared celular atribuyendo a la estabilidad y el Si proporciona fuerza y rigidez la pared celular. Asimismo, los nutrientes que constituyen e integran las enzimas y otras entidades esenciales del metabolismo, está el Mg que constituye la molécula de la clorofila, el Fe forma parte de las proteínas hemo ferredoxina y proteínas de azufre de hierro, el Mn es parte del complejo de enzimas que separan el agua para el fotosistema II y de la enzima superóxido dismutasa, el Zn es un metal de los pocos metaloenzimas, el Cu también es un metal de varios metaloenzimas a veces conjuntamente con otros elementos metálicos, el Ni constituye solo una enzima, llamada ureasa y el Mo constituye a la nitrogenasa y nitrato reductasa. Finalmente, otros de estos nutrientes esenciales sirven para la activación de enzimas tales como, el K uno de los principales activadores de numerosas enzimas, el Na es un activador de enzimas catalizadoras de conversión de piruvato de fosfoenol en plantas C4 y CAM, el Cl es activador de las enzimas del fotosistema II cuando el agua se separa y libera oxígeno, el Mg activa más enzimas que cualquier otro elemento, mismo que predomina en activación de enzimas para la transferencia de fosfatos, el Ca se une a la calmodulina, una pequeña proteína importante en la señalización y regulación de las actividades de muchas enzimas, y el Mn es activador de numerosas enzimas, incluidas varias del ciclo del ácido cítrico (Mengel y Kirkby, 2001; Taiz y Zeiger, 2002; Epstein y Bloom, 2005).

Nitrógeno (N)

El N da origen al crecimiento de órganos como hojas y tallo, promueve el desarrollo de granos y frutos (Tamayo, 2006). Las proteínas son metabolizadas continuamente por ello el N es muy móvil y cuando este falta se nota por un amarillamiento en hojas viejas empezando por el ápice asía los bordes, que aumenta progresivamente (Jiménez, 2017). Este nutriente es absorbido en las plantas en dos formas: nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+), disueltas en agua o en la solución de suelo. La concentración de amonio suele ser solo complementaria debido a que a altas concentraciones puede causar daños fisiológicos. El amonio absorbido por la planta es descompuesto a una amina (NH_2) (Mendoza, 2017), e integrando a los compuestos orgánicos.

Para una óptima absorción de N sin importar la forma es decir, NH_4^+ o NO_3^- , es necesario tener condiciones favorables de pH en el medio crecimiento de la raíz, pues se ha encontrado que en el aumento de pH mejora la absorción de NH_4^+ , mientras que en una reducción de este favorece la absorción de NO_3^- (Ata *et al.*, 21016). Sin embargo, en especies tolerantes al amonio se reportan mayor crecimiento de los brotes y peso seco total en un pH de 4.5 sin importar la fuente de N en plantas de arándano (Rosen *et al.* 1990).

Proporción Nitrato/ Amonio

Una proporción adecuada entre NO_3^- y NH_4^+ aumenta el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas, ya que las plantas sensibles al amonio reducen su crecimiento. En plantas fresa se presentó un incremento en el rendimientos y en las concentración de K, Ca y Mg a una proporción de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ igual a 60%:40% (Choi *et al.*, 2011). Por su parte, Tabatabei *et al.* (2006) señalan un aumento en la calidad de los frutas con una proporción igual a 25%:75% de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$, además una mayor acumulación de biomasa. Además, Yan *et al.* (2013) reportan que con una proporción de 5:5 mM de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ aumenta la altura, peso seco y área foliar de las plantas de pepino. Song *et al.* (1988) encontraron un aumento de la absorción de NH_4^+ de raíces y así como la biomasa a una proporción de 75%:25% ($\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$) en repollo chino en la etapa de

floración. En plantas jóvenes y adultas de orquídeas (*Phalaenopsis Sogo Yukidian* 'V3'), se observó una disminución de área foliar en concentraciones mayores al 50% de NH_4^+ pero a una relación de 75:25 (NO_3^- : NH_4^+) incrementa la calidad de flor y así como evitar una toxicidad por el NH_4^+ (Ying *et al.*, 2010).

Toxicidad por Amonio (NH_4^+)

La sensibilidad de las plantas al amonio es un problema mundial que restringe la producción de cultivos. La aplicación prolongada de amonio como única fuente de N puede ocasionar trastornos fisiológicos y morfológicos que conducen a un menor crecimiento y toxicidad de las plantas (Esteban *et al.*, 2016). Las principales causas de toxicidad al amonio pueden ser por una alta asimilación por parte de las plantas y/o por una baja sensibilidad a la acidificación externa del pH. Los ápices y bordes de hojas viejas de las plantas sufren clorosis y necrosis a concentraciones altas NH_4^+ , o tonalidades verdes oscuras con clorosis hasta llegar a necrosar la hoja, si la toxicidad es alta esta se puede extender por toda el área foliar de la planta (Adams, 2000). Asimismo, provoca una disminución en las concentraciones de Ca y Mg en el tejido de las plantas de tomate con el incremento de la concentración de NH_4^+ en la solución nutritiva (Borgognone, *et al.*, 2013). En pimiento dulce se reporta antagonismo con potasio debido que la tasa de absorción de este disminuye cuando se aumenta la concentración de NH_4^+ superior a 1 mM (Xu, *et al.*, 2002). En calabacita se reduce la concentración total de calcio, potasio y magnesio con el aumento de concentración de NH_4^+ en la solución nutritiva, mismo que presentan deficiencias de estos elementos ante la competencia de la absorción con el NH_4^+ (Chance *et al.*, 1999). Asimismo, Li, (1993) reporta que brócoli es susceptible al NH_4^+ ya que con una concentración superior a 25% de esta forma de nitrógeno, las plantas mostraron necrosis marginal en hojas y un bajo rendimiento.

Familias, géneros y especies de plantas sensibles al amonio

El grado de toxicidad varía entre especies, las más domesticadas suelen ser las que tienen una mayor sensibilidad a este ion, cuando se les suministra altas cantidades o como única fuente de N. Con estudios previstos por varios investigadores Britto (2002), realizó una lista de familias sensibles al NH_4^+ : Solanaceas, Cucurbitaceas, Asterácea, Fabaceae, Chenopodiaceae, Brassicaceae, Salicaceae, Rosaceas, y Euforbiaceas. Mientras que los principales generos y especies de los cultivos hortícolas son: *Capsicum annum* L. cv. Hazera 1195 (Xu, *et al.*, 2002), *Solanum lycopersicum* L. (Borgognone, *et al.*, 2013), *Solanum melongena* L. (Sousa, 2010), *Cucurbita pepo* L. (Chance, *et al.*, 1999) y *Brassica oleracea* var. *Italica* (Liu, 1993).

Fuentes de Fertilizantes Nitrogenados

Los fertilizantes constan de una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, que son extraídos de fuentes naturales como yacimientos minerales o de procesos químicos, su función es proporcionar los nutrientes que necesitan los órganos durante su desarrollo y crecimiento en las plantas. Para que una mezcla, se pueda denominar como fertilizante debe cumplir estos criterios; debe ser soluble y estar en forma asimilable (Pérez, 2014). Las principales fuentes de fertilizantes nitrogenadas son:

Nitrato de potasio; es fertilizante extraído de minerales mediante un proceso químico por ello es denominado sintético, siendo una fuente de potasio muy soluble. El aspecto físico es de color blanco, inodoro, incoloro duro, cristalizado, granulado o en polvo (USDA 2015). El objetivo de este fertilizante es proporcionar la disponibilidad de K y N que son los dos elementos mayormente demandados por la planta para sus procesos metabólicos (Tisdale *et al.*, 1999; USDA, 2015).

Nitrato de Calcio; es un fertilizante muy soluble, en una concentración del 15% de N-nítrico, aporta calcio soluble a diferentes pH, este ayuda a la absorción del nitrato aun en condiciones del abundante humedad o temperaturas bajas, es importante no mezclarlo con sulfatos debido a que pueden precipitarse (Ruiz 1999).

Nitrato de sodio: Es un fertilizante de origen orgánico, debido a que es extraído de minas de caliche al cual se le realiza un proceso de filtrado para obtener NaNO_3 , sin embargo, solo puede usarse en cultivos orgánicos no excediendo el 20% del requerimiento. Actúa como neutralizante en suelos ácidos, no interfiere en la absorción de potasio, magnesio y calcio. Los nitratos se encuentran muy disponibles, siendo más eficaz que los fertilizantes sintéticos (USDA, 2011).

Nitrato de Amonio: Se obtiene de un proceso químico, de la neutralización del ácido nítrico con el amoniaco. La presentación de este fertilizante es: cristales solidos incoloros, con un 35% de Nitrógeno, debido a que la sal es higroscópica es muy soluble en agua y absorbe calor, por estas características en 2005 se posiciono como uno de los fertilizantes nitrogenados con mayor demanda, con un 20% de consumo mundial (Kiiski, 2009).

Nitrato de Magnesio: Se extrae de un proceso químico, su presentación es gránulos incoloros o suavemente amarillos, debido a su alta solubilidad, es compatible con fertilizantes líquidos, micronutrientes, pesticidas cloruros, y nitratos (Pérez, 2014).

Sulfato de Amonio: Está compuesto por el 21% de nitrógeno amoniacal, acompañado de un 23% de azufre, su aplicación es recomendada para cultivos con un sistema de irrigación (FAO, 2002).

Fosfato mono amónico: Es un fertilizante multinutriente compuesto, esto quiere decir que contiene dos o tres macronutrientes debido a que los macronutrientes pueden estar en concentraciones diferentes o iguales (FAO, 2002). El MAP, está formado por 11% nitrógeno y un 52% fosforo, su estado fisico es gránulos, muy soluble por lo que se puede mezclar, pero en suelo puede reaccionar con Ca^+ . Es uno de los fertilizantes con mayor concentración de fosforo (Intagri, 2017).

Urea: Pertenece a los fertilizantes simples, es decir, que contiene solo un macronutriente en su composición total. Este fertilizante está compuesto de un 46% de N, por lo cual es la fuente de N número uno en el mundo, es de un precio accesible para los productores, pero su dificultad es la aplicación para evitar pérdidas por evaporación en forma de amoniaco, por lo que su aplicación es necesario tomar en

cuenta factores como humedad en el suelo, temperatura y la aplicación de las buenas prácticas agrícolas (FAO, 2002).

Azufre (S)

El azufre es un mineral esencial que forma parte del desarrollo y crecimiento de las plantas, su única forma de asimilación por la planta es el SO_4^{2-} este es un ion inorgánico que es aprovechado a través de una vía reductora de azufre. Este es transportado y captado mediante transportadores codificados por genes de sulfato, que se han clasificado mediante sus proteínas, propiedades cinéticas y una localización del tejido en *Arabidopsis*, por este motivo se insinúa que existen 14 transportadores de sulfato en el cultivo de arroz, que se expresan de diferente manera durante el crecimiento y desarrollo de tejidos, principalmente ante estrés biótico y abiótico (KUMAR, 2011).

La absorción del azufre es vía pasivo, es metabolizado principalmente en hojas donde es resguardado en vacuolas o transferido al interior de los cloroplastos, mismo que será reducido a sulfuro SO_3^{2-} y S^{2-} durante la activación previa con ATP. Además, forma parte de la cisteína a partir de este compuesto la planta sintetiza metionina y glutatión estas son la más importante forma de almacenamiento y transporte de azufre orgánico, además de que estas moléculas cumplen con la reducción de puentes de disulfuro de los centros activos de las enzimas y detoxificación de especies activas de oxígeno y metales pesados (Maldonado, 2015). Por su composición en las proteínas y la clorofila, su deficiencia es similar a la del nitrógeno. Este tiene una movilidad regular en la planta, por ello sus síntomas aparecen en hojas jóvenes, continuando hacia las viejas a diferencia del nitrógeno en el cual empieza de viejas a jóvenes (PROMIX, 2018).

Debido a la interacción del azufre para la utilización adecuada de nitrógeno y potasio, pueden notarse también sus deficiencias en la planta pero, cuando la deficiencia es baja los síntomas no se alcanzan a apreciar por ello se le denomina hambre oculta, pero afecta la calidad y rendimiento de los frutos (Robinson, 2010). La toxicidad por este elemento es muy poco común, en cítricos, sorgo y haba que tienen concentraciones en las hojas mayores de 0.5 a 15 de Azufre en la materia seca, mismo que presentan clorosis en los bordes de la hojas e internerviales huecos y después se

presenta necrosis en estas áreas pero, en otras plantas retrasa solo el crecimiento (Sánchez, 2000).

LISIANthus

Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) es una planta ornamental recientemente introducida al mercado, su origen se encuentra en los meridionales de Estados Unidos, se desarrolla en praderas húmedas de Nebraska, Colorado, Texas y norte de México. Se agrupa a la familia Gentinaceae, es herbácea bienal, pero con fines productivos se cultiva anual, de tallo recto, con follaje y flores ornamentales (Backes y Finger, 2007; Enríquez, 2017).

La producción en invernadero hace posible producir en temperaturas bajas y en zonas en las que no se puede cultivar en campo abierto, también para competir mercado y alcanzar mejores precios. Se deben considerar ciertos factores para elegir el tipo de estructura (plástico, mallas, etc.) y sistemas (calefacción, ventilación y riego) con los que debe de contar para propiciar el ambiente adecuado para *lisianthus* (Cajilema, 2006). Esta especie ornamental tiene una productividad de 3 ciclos por año del cual existe una pérdida de 10%, 15% y 20% debido a la calidad que presenta cada ciclo (Monicault y Shindoi, 2017).

Las flores de corte tienen una gran importancia en el sector comercial de la floricultura. Los principales consumidores en el mundo son: Europa Occidental, América del Norte, Asia y como recientes clientes están los mercados Japón y Estados Unidos. En productividad y exportación se encuentran Holanda con el 56% después Colombia con el 15% (Ochoa y Ortega 2006). En Colombia se producen más de 50 variedades de flor de corte principalmente de Rosa, Claveles, alstroemeria, crisantemo, freesia, gypsophilia, aster, gerbera, anigozanthos, bouvardia, anthurium, *lisianthus*, antirrhinum majus, astilbe, solidago, limonium, miniclaveles, pompón (Martín y Rangel, 2000).

En Virginia EUA, serializaron experimentos en variedades de mariachi, Echo y flamenco por la Universidad Estatal de Virginia, como un cultivo ornamental alternativo

con gran potencial comercial de los cuales se obtuvieron buenos resultados de adaptación y calidad (Hankins, 2009).

El mercado nacional es auto sostenible, debido a que el 80% de la producción, se comercializa aquí mismo en México, en fechas estratégicas en la cual la demanda es mayor, pero actualmente está denominada por una baja calidad a excepción de algunas ornamentales de corte (Ochoa y Ortega 2006). Es un cultivo poco establecido, pero se concentran una producción considerable en Arteaga, Coahuila; Zacatepec, Morelos; Villa Guerrero; Estado de México; Tecamachalco, Puebla y Guadalajara Jalisco (Domínguez, 2008; Castillo *et al.*, 2018). Esta ornamental de corte, tiene una alta demanda debido a la variedad de colores, su buena productividad y vida de anaquel (Hernández, 2015). Por otra parte, en Cuamio, Michoacán los productores obtienen varas de nivel exportación y de mercado nacional para Distrito Federal, Estado de México, Coahuila, Puebla y Tabasco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y Tamaulipas (SAGARPA, 2013).

Nutrición de *lisianthus*

El cultivo es sensible a altos contenidos de salinidad por ello es recomendable tener rangos de conductividad eléctrica no mayores de 1,0 mmhos, de sobre pasar estos rangos puede quemar el área radicular y hojas perjudicando la asimilación de nutrientes. En la fertirrigación los nutrientes se encuentran disponibles y en el momento en el que las plantas los requieren, este sistema de riego favorece a un desarrollo homogéneo, ahorro de agua y fertilizantes. A los 25 días después del trasplante se realiza una fertilización solo de fosfato mono amónico de 400 gramos por metro cúbico de agua de riego, después de esta fertilización se debe de equilibrar la concentración de macro nutrientes (Cajilema, 2006), a una proporción de 1-0.5-1.2 N-P-K (Vidalie, 1992). En la producción de maceta es necesario que cuando la zona radicular empiece a desarrollarse en el sustrato, se fertilice con una aplicación de 250ppm de N y K, 1.5 ppm de calcio, dos veces por semana y un pH óptimo ente 6.5 a 6.8 (Dole y Wilkins, 2005; Cajilema, 2006). Un pH menor a 6.2 causa antagonismo en micronutrientes en especial el Zinc, causando clorosis hasta la necrosis en hojas y tallos (Harbaugh,

2007). Reza (2015), utilizo quelatos de Ca, aminoácidos y CaCl_2 , la interacción de quelato de calcio y aminoácidos aumento la asimilación de Ca^{2+} , por lo cual hubo un aumento en la materia fresca y seca, sin embargo el CaCl_2 no tuvo efectos significativos. Además, los aminoácidos y quelatos de Ca^{2+} inducen una vida de florero más larga y puede ser fuente importante de Ca^{2+} . La deficiencia de Ca y B, causa el agrietamiento de tallos (Harbaugh, 2007). La nutrición es suelo se basa en las tres etapas de la fenología de trasplante a desarrollo del primer entrenudo, desarrollo del primer entrenudo al inicio de desarrollo del botón foral y del inicio de desarrollo del botón foral a floración. En la primera etapa es necesario mantener una buena humedad en suelo por ello los riegos son continuos y hasta se realizan nebulizaciones, después de la aparición de pelos radicales y el anclaje de la planta, los riegos se acortan, empezando así la fertilización, de acuerdo con las características físicas sobre la retención de humedad del suelo se programa la fertirrigación. Esta etapa se caracteriza por el desarrollo radicular, en la parte aérea no hay un desarrollo tan vigoroso como en las raíces, la fertilización debe de ir enfatizada a los elementos para un buen desarrollo radicular. La segunda etapa empieza el crecimiento de hojas y varas, la aplicación de nitrógeno, potasio, Ca^{2+} y microelementos son los principales para el crecimiento y calidad de varas. La tercera etapa consta del desarrollo de botones florales y la apertura de la segunda flor ya que la primera es cortada, la fertirrigación se espacia un poco más para que el suelo no se sature de agua y permita una apertura pareja de al menos dos flores, esto indica la cosecha de la vara. Después de la cosecha se reinician las labores hasta la próxima cosecha que tarda al menos de 3 a 4 meses (Maldonado *et al.*, 2015).

Comercialización

La demanda de flores ocasiona la importación de una gran gama de ornamentales principalmente rosas, claveles, gerberas y orquídeas. Debido a la gran productividad de los países que dominan el mercado es difícil para un productor local competir con el precio, esta es la razón pequeños productores optan por sembrar ornamentales de corte especial, es decir, las que tienen una vida de anaquel más larga, esto aumenta

la calidad, entre estas flores se encuentran girasoles, zinnia, lisianthus, dalia, ageratum y peonias (Hanks, 2012).

Lisianthus está destinada para corte y maceta, se encuentra en uno de los cultivos de moda debido a que está entre los 10 cultivos más vendidos en el sistema holandés. El consumidor final tiene preferencias en cuanto a su gran variedad de colores que tiene, por ejemplo el mercado europeo prefiere tonos azul oscuro, los japoneses y brasileños optan por el blanco con bordes azules (Camargo *et al.*, 2004; de La Riva *et al.*, 2013). En cuanto a las características de la flor el mercado europeo y japonés prefieren flores simples, el americano y brasileño flores dobles (Corr y Katz, 1997; Harbaugh, 2007). Algunos autores han establecido parámetros de calidad de 40 a 50cm y de 60 a 90cm, pero esto se relaciona al tipo de cultivo y sistema en el que se establece (Domínguez 2000; Gill *et al.*, 2000; de La Riva *et al.*, 2013). La subasta de Holanda se provee de productores como Israel que su volumen de ventas en lisianthus es de más de 10 millones de tallos vendidos anualmente impactando en más del 90% del volumen importado por Holanda en las últimas subastas. Kenia en 2005 fue el segundo proveedor pues vendieron 2 millones de tallos, pero presentó una caída en 2008 con solo 250,000 tallos. Otros proveedores con un volumen de no más de 100,000 tallos son Zimbabue, España, Italia, Alemania, Turquía y Ecuador (INFOCENTER, 2010).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento

El trabajo de investigación se realizó en un invernadero de tipo dos aguas del Departamento de Forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, México, cuyas coordenadas geográficas son; Latitud Norte 25° 27', Longitud Oeste 101° 02' y a una altura de 1,610 msnm.

Material vegetal

Se utilizaron plántulas de *lisianthus* cv. ABC 1-2 Rosado Oscuro de 3 a 4 hojas bien extendidas. Esta variedad pertenece al grupo ABC, de flor doble con un número abundante de pétalos por tallo, este se caracteriza por arosetarse menos en la producción de la plántula y después del trasplante, a comparación de otras variedades similares (Rojas, *et al.*, 2017). El hábito de crecimiento es vertical, con tallos gruesos, elevada cantidad de pétalos y un color brillante al momento de la cosecha y vida de anaquel prolongado (Ball, 2016).

Instalación del experimento

Se utilizaron contenedores de polietileno negro con un volumen de 10 L. Los contenedores se llenaron con un sustrato a base de perlita con partículas de 0.2-0.5 mm de diámetro.

Trasplante

Se plantaron tres plántulas con dos y tres hojas verdaderas bien extendidas en cada contenedor, cubriendo totalmente el cepellón; la distancia entre plantas fue de 12 cm y entre contenedor de 20 cm, con un total de 9 plantas por tratamiento, que fueron marcadas con el número de tratamiento y repetición correspondiente.

Tratamientos

Las soluciones nutritivas (SN) evaluadas fueron preparadas con agua destilada. Los tratamientos consistieron en dos concentraciones de SO_4^{2-} (7 y 10 meq L^{-1}) y tres concentraciones de NH_4^+ (0, 2.5 y 5 meq L^{-1}).

Las tres concentraciones de NH_4^+ y las dos de SO_4^{2-} se diseñaron a partir de modificaciones de la solución Steiner (1961). La solución Steiner original no incluye el NH_4^+ como fuente de N, por lo que la modificación consistió en la adición de una determinada concentración de esta forma de N reduciendo una cantidad equivalente a la concentración total de N en forma de NO_3^- (12 meq L^{-1}), manteniendo constante las concentraciones de los otros iones, a excepción de la concentración de SO_4^{2-} . Las seis SN resultantes de las tres concentraciones de NH_4^+ más las dos de SO_4^{2-} se muestra en el Cuadro 3. Los micronutrientes utilizados en el experimento fueron ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$): Hierro (Fe) 5, cobre 0.02, zinc 0.11, molibdeno 0.05, manganeso 0.65 y boro 0.5. El Fe se aportó como Fe-EDTA.

Cuadro 2. Concentración de macronutrientes de las soluciones nutritivas evaluadas.

NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^{2-}	Ca	K^+	Mg^{2+}	NH_4^+
<i>meq L^{-1}</i>						
12	1	7	9	7	4	0.0
9.5	1	7	9	7	4	2.5
7	1	7	9	7	4	5.0
12	1	10	9	7	4	0.0
9.5	1	10	9	7	4	2.5
7	1	10	9	7	4	5.0

Condiciones ambientales

Durante el experimento se registraron, temperaturas mínimas y máximas en promedio de 12.2 y 32.6 °C, respectivamente, mientras que la humedad relativa osciló entre 30.0% y 75.5%. La radiación fotosintéticamente activa incidente diurna estuvo en promedio de $350 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Manejo del cultivo:

Riego

Se efectuaron manualmente según las necesidades hídricas de las plantas, aplicando un volumen suficiente de la SN para mantener un 25% de drenaje. Al tercer día después del trasplante se iniciaron los riegos con la SN correspondiente a cada uno de los tratamientos. Se establecieron dos tipos de estrategias de riego; la primera consistió en la suposición de un día perfecto con una temperatura constante en las horas más calurosas del día en el cual se daban un riego de 1000 ml a las 10 am, bajo estas condiciones la frecuencia de riego era cada tercer día, la segunda estrategia era para los días nublados con temperaturas bajas y humedad relativa alta en un solo riego de 700 ml y si era frecuente estas condiciones los riegos se realizaban cada tercer día. Las soluciones nutritivas fueron preparadas en tambos de 60 L, se disolvió cada fertilizante uno por uno comenzando por fosfatos, sulfatos, micronutriente y por ultimo nitratos, para que no se precipitaran los elementos. Las soluciones fueron tapadas para evitar el contacto directo con el sol. El pH de las soluciones se ajustó a 6.0 ± 0.1 con H_3PO_4 al 85% y H_2SO_4 a 1N. La conductividad eléctrica varió entre 2.0 a $3.3 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$.

Control de plagas y enfermedades

Durante el ciclo del cultivo se aplicaron preventivos para araña roja (*Tetranychus urticae*) con productos de ingrediente activo abamectinas, que se aplicaron cada mes debido a que no se presentó la plaga. Se preparó una mezcla de 5L con una dosis recomendada en el envase del producto que dio 6.25ml por cada 5L de agua a preparar.

También se aplicó Curathane (ingrediente activo Cimoxanil + Mancozeb) en una dosis de 3 g/ L, aplicando cada 15 días para evitar enfermedades fungosas principalmente por *Verticillium*.

Control de malezas

Las malezas que se encontraban dentro del invernadero fueron eliminadas manualmente, para evitar que funge como hospederos de las plagas.

Variables evaluadas:

Cosecha

El experimento finalizó a los 120 días después del trasplante (ddt). La cosecha se realizó cuando se detectó la apertura floral completa de dos a tres botones florales por planta en un 95% de las plantas.

Peso seco

Se muestrearon dos plantas en cada contenedor y fueron sometidas a un lavado del sistema radicular con agua potable y agua destilada para eliminar el exceso de sustrato; posteriormente las plantas se separaron en raíz, tallo, hojas y flor. Los órganos separados se colocaron en bolsas de papel y posteriormente se introdujeron a un horno de secado a 65°C durante 72 h para obtener el peso de la materia seca de

cada órgano, utilizando una balanza analítica. Por medio de la suma aritmética de los pesos secos se obtuvo el peso seco total (PST).

Altura de planta

La altura de planta se determinó desde la base hasta la parte más apical de la misma, con la ayuda de una cinta métrica se midió y registró en cm.

Contenido nutrimental

Los órganos (hojas+ tallos, flores y raíz) fueron molidos y se colocados en una bolsa de papel conforme al tratamiento, de ahí se tomó una muestra de 5g para poder determinar la concentración de macro nutrientes. Los tejidos se digitaron en una mezcla de 2:1 de H₂SO₄:HClO₄ y 2 ml de H₂O₂ al 30% y las muestras digeridas fueron analizadas para N con el procedimiento de Micro-Kjeldahl (Bremner, 1996), mientras que la concentración de P, K, Ca, Mg y S se realizó con espectrómetro de emisión de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES, model Liberty, VARIAN, Santa Clara, CA) (Soltanpour *et al.*, 1996).

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar con un arreglo factorial (2 x 3), con tres repeticiones por cada tratamiento. Los datos obtenidos se sometieron en un análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias fue de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) utilizado el programa SAS (Statistical Analysis Systems) versión 9.0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La altura de las plantas y el peso seco de cada uno de los órganos fueron afectados significativamente por la concentración de amonio (NH_4^+) y sulfato (SO_4^-), así como en la interacción de estos dos factores (Cuadro 3). En una concentración de 7 meq L^{-1} de SO_4^- se obtiene una mayor altura, así como un mayor peso seco de cada órgano y total de la planta, cuando la concentración de SO_4^- fue igual a 10 meq L^{-1} disminuyen estas. A mayor concentración de NH_4^+ incrementa la acumulación de biomasa de las plantas, pero, no fue así en la altura ya que fue mayor a dosis baja de NH_4^+ (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de la concentración de NH_4^+ y SO_4^- en la altura y biomasa de las plantas de *lisianthus* cv. ABC 1-2 Rosado Oscuro.

SO_4^- (meq L^{-1})	Altura (cm)	Peso seco tallo (g)	Peso seco hoja (g)	Peso seco flor (g)	Peso seco raíz (g)	PST
7	67.83a	2.48a	1.38a	2.70a	1.45a	8.02a
10	64.57b	2.15b	1.23b	2.07b	1.09b	6.56b
Anova $P \leq$	0.001	0.001	0.004	0.0001	0.0001	0.0001
NH_4^+ (meq L^{-1})						
0	67.58a	2.08b	1.13b	1.77c	1.14b	6.15c
2.5	65.83ab	2.29b	1.38a	2.46b	1.22b	7.36b
5.0	65.19b	2.58a	1.41a	2.93a	1.46a	8.38a
Anova $P \leq$	0.01	0.001	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001
Interacción	0.001	0.006	0.05	0.005	0.002	0.0007
CV (%)	1.76	6.64	6.67	3.36	5.34	3.49

SO_4^- = Sulfato, NH_4^+ = Amonio, Anova $P \leq$ = análisis de varianza conforme a la prueba de tukey $p \leq 0.5$, interacción= $\text{SO}_4^- * \text{NH}_4^+$, CV= Coeficiente de variación, PST= peso seco total.

La concentración de macronutrientes en el tejido vegetal muestra diferencias significativas por la concentración de NH_4^+ y SO_4^- y en la interacción entre estos (Cuadro 4). Una concentración de 7 meq L^{-1} de SO_4^- resulta en una mayor concentración N, P, K, Ca, Mg y S, mientras con 10 meq L^{-1} de SO_4^- disminuyen estos nutrientes en el tejido de las plantas. El NH_4^+ igual a 5 meq L^{-1} aumentó la concentración de N y K en el tejido vegetal, pero P, Ca, Mg y S a esta misma

concentración de NH_4^+ disminuyen, sin embargo, cuando NH_4^+ es igual 2.5 meq L^{-1} es mayor la concentración de P, Ca, Mg y S (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de la concentración de NH_4^+ y SO_4^- en la concentración de macronutrientes: Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S) en el tejido de las plantas de *lisianthus* cv. ABC 1-2 Rosado Oscuro.

SO_4^- (meq L^{-1})	N	P	K	Ca	Mg	S
7	1700.68a	34.28a	136.81a	183.87a	154.64a	75.88a
10	1572.9b	29.95b	107.78b	149.75b	142.84b	69.11b
Anova $P \leq$	0.0004	0.0004	0.0001	0.0001	0.0003	0.0002
NH_4^+ (meq L^{-1})						
0	1505.03b	27.13c	97.25b	152.76b	131.71c	62.27c
2.5	1737.67a	38.91a	110.62b	186.67a	172.95a	82.69a
5.0	16667.67a	30.32b	159.01a	160.99b	141.56b	72.51b
Anova $P \leq$	0.01	0.001	0.001	0.002	0.0001	0.001
Interacción	0.001	0.002	0.002	0.002	0.003	0.001
CV (%)	3.14	5.47	7.5	5.34	3.11	3.36

SO_4^- = Sulfato, NH_4^+ = Amonio, Anova $P \leq$ = análisis de varianza conforme a la prueba de tukey $p \leq 0.5$, interacción= $\text{SO}_4^- * \text{NH}_4^+$, CV= Coeficiente de variación

Crecimiento

Altura de Planta. El efecto del NH_4^+ en la altura está ligada a la concentración de SO_4^- (Figura 1). Las plantas irrigadas con una solución que contenía 7 meq L^{-1} de SO_4^- registraron mayor altura, siempre y cuando la concentración de NH_4^+ sea igual a 2.5 meq L^{-1} , pues una concentración mayor de este, registra una ligera disminución de la altura. En tanto aquellas plantas que recibieron 10 meq L^{-1} de SO_4^- muestran una disminución de la altura al aumentar la concentración de NH_4^+ (Figura 1). Lo anterior indica que el NH_4^+ no disminuye la altura de la planta a una adecuada concentración de SO_4^- , pues una concentración alta de SO_4^- y sin la presencia de NH_4^+ es mayor la altura (Figura 1). Esto puede ser debido a un exceso de SO_4^- , ya que a bajas concentraciones de este favorece el crecimiento de las plantas, tal como señala Hu *et al.* (2011) en plantas *Brassica campestris* L. ssp. *Chinensis* var. *Communis* CV. Shang Hai Qing y You Dong Er, las cuales al ser irrigadas con una solución nutritiva que

contenía 0.058 mM y 1.0058 mM de SO_4^{2-} favorecieron el crecimiento de estas plantas. Por su parte, Crisóstomo *et al.* (2014), señalaron que la alta concentración de NH_4^+ (6 mM L^{-1}) como única fuente de N afectaban de manera negativa la altura en arándano (*Vaccinium* sp.) cv. Biloxi. La absorción de NH_4^+ puede ser de forma pasiva o activa, pero este último depende del gasto de energía para poder ser sintetizado, pues una vez que entra a la raíz es incorporado a esqueletos carbonados para ser transformado en compuestos orgánicos aminados, esta puede ser una causa de la disminución del crecimiento de las plantas debido al gasto de energía y cantidad de carbohidratos necesarios para la síntesis de este anión en altas concentraciones. En plántulas de Chile (*Capsicum annuum* L.) cv. Jalapeño, se vio favorecido el crecimiento con 1.5 mM L^{-1} de NH_4^+ , pero en concentraciones más altas el crecimiento fue menor y hasta pudo observarse toxicidad por NH_4^+ (Preciado *et al.* 2008). La toxicidad de NH_4^+ se denota por una disminución en el crecimiento, área foliar, lesiones en tallos y baja producción de biomasa total. La sensibilidad al NH_4^+ es diferente entre cultivares debido que esta toxicidad se encuentra ligada a factores ambientales (acidificación pH) y fisiológicos (eficiencia de enzimas y metabolismos) (Li, *et al.*, 2013). De acuerdo con Mendoza *et al.* (2014) indican efectos positivos en el crecimiento y un aumento de la actividad fotosintética en *Lisianthus* fertirrigada con 75% NH_4^+ como única fuente de N, por ello se dedujo que *Lisianthus* es tolerante a altas concentraciones de esta forma de nitrógeno. Las plantas sensibles al NH_4^+ se ven afectadas en el crecimiento y desarrollo ya que, a concentraciones moderadas, como el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. Cv. Couter) al recibir 5 mM de NH_4^+ se redujo en un 32% hasta 86% el peso total de la biomasa y el rendimiento (Claussen, 2002).

La altura de la planta *Lisianthus* es un parámetro importante a considerar para la comercialización, debido a que este ornamental no tiene parámetros establecidos para el mercado, pero está regida por las normas genéricas de calidad de la comunidad económica europea para flor cortada, en esta se menciona que el largo de la vara debe de estar entre 50 a 80 cm (Melgares de Aguilar, 2002; Paz, 2002). Por esta razón se deben de establecer rangos de amonio que permitan un buen crecimiento.

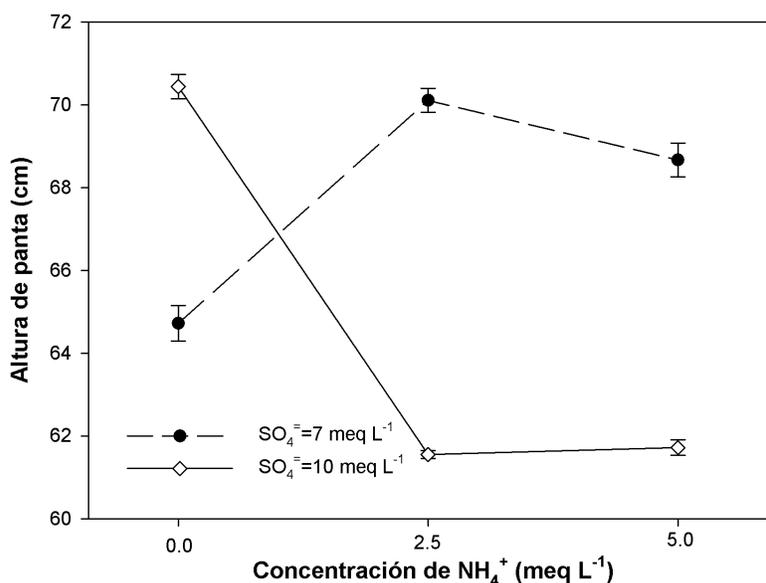


Figura 1. Efecto de la Interacción entre la concentración de NH_4^+ y $\text{SO}_4^{=}$, en la altura de la planta. Las barras indican el error estándar de la media.

Biomasa. La materia seca de hoja, tallo, flor, raíz y total (Figura 2-5) aumentan con el incremento de la concentración de NH_4^+ en aquellas plantas nutridas únicamente con 7 meq L^{-1} de $\text{SO}_4^{=}$, mientras aquellas plantas que recibieron 10 meq L^{-1} de $\text{SO}_4^{=}$ es menor la producción de biomasa con el aumento de la concentración de NH_4^+ en la solución nutritiva. Una concentración de 7 meq L^{-1} de $\text{SO}_4^{=}$ y con 5 meq L^{-1} NH_4^+ , la materia seca total es mayor (Figura 6), esto puede deberse a que la planta de *lisianthus* es tolerante al NH_4^+ . Se ha reportado que en plantas sensibles como *Arabidopsis thaliana* L. nutridas con una concentración de 2.5 mM de NH_4^+ como fuente principal de nitrógeno muestra una disminución de biomasa en un 33 a 50% en comparación a otros tratamientos con baja concentración de NH_4^+ (Helali, *et al.*, 2010). Por su parte, Lasa *et al.* (2002) reporta una reducción de un 80% de la biomasa en plantas de espinaca con 5 mM de NH_4^+ comparado de otros tratamientos sin NH_4^+ , esta misma concentración se aplicó en chícharo donde la biomasa no mostro diferencias significativas a altas concentraciones de NH_4^+ .

Asimismo, Perner *et al.* (2011) señala que a bajas concentraciones $\text{SO}_4^{=}$ (0.02 mM) el peso seco de los brotes de cebollino chino fue menor y presentaron un crecimiento lento, sin embargo, una concentración mayor de este (2 mM) mejora el crecimiento.

Koralewska *et al.* (2007) reporta mayor biomasa en raíz, cuando se suministró 10 μM de $\text{SO}_4^{=}$ en plantas de *Brassica oleracea*.

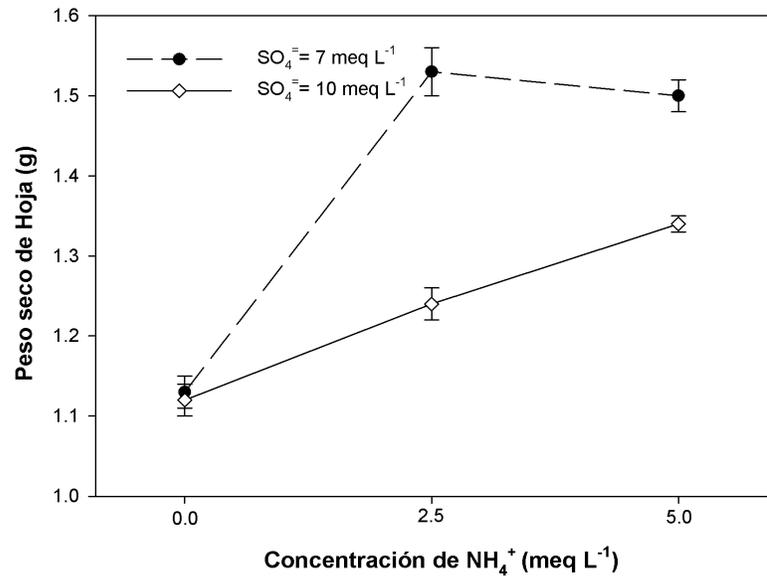


Figura 2. Efecto de la Interacción entre la concentración de NH_4^+ y $\text{SO}_4^{=}$, en el peso seco de hoja. Las barras indican el error estándar de la media.

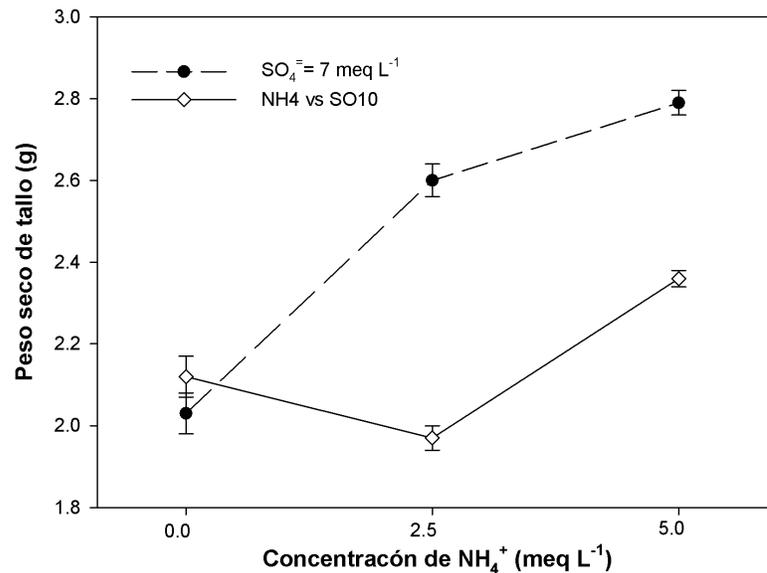


Figura 3. Efecto de la Interacción entre la concentración de NH_4^+ y $\text{SO}_4^{=}$, en el peso seco de tallo. Las barras indican el error estándar de la media.

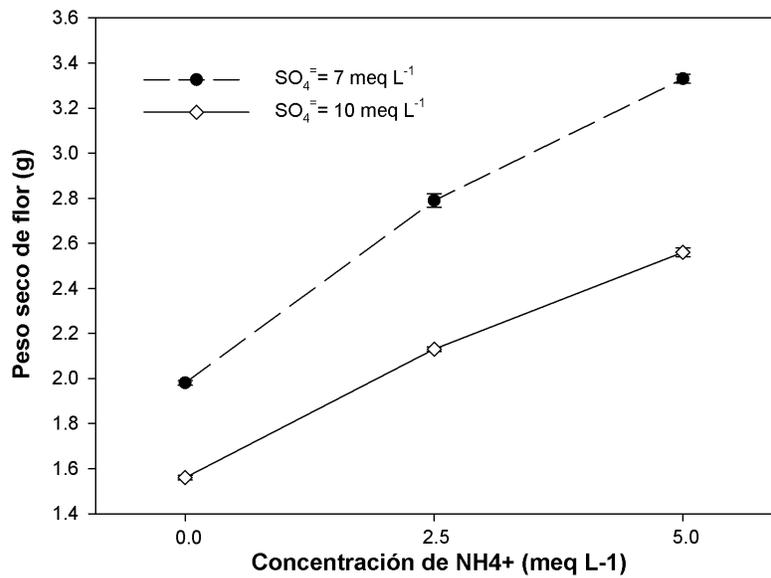


Figura 4. Efecto de la Interacción entre la concentración de NH_4^+ y $\text{SO}_4^{=}$, en el peso seco de flor. Las barras indican el error estándar de la media.

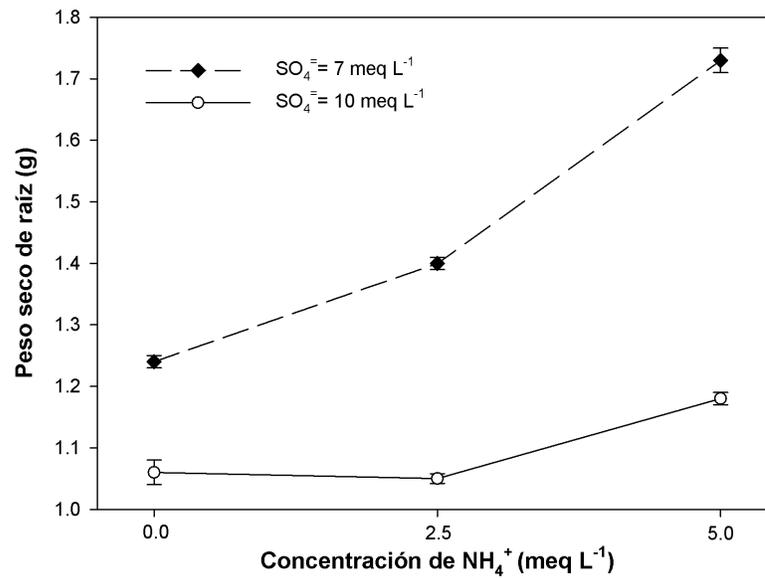


Figura 5. Efecto de la Interacción entre la concentración de NH_4^+ y $\text{SO}_4^{=}$, en el peso seco de raíz. Las barras indican el error estándar de la media.

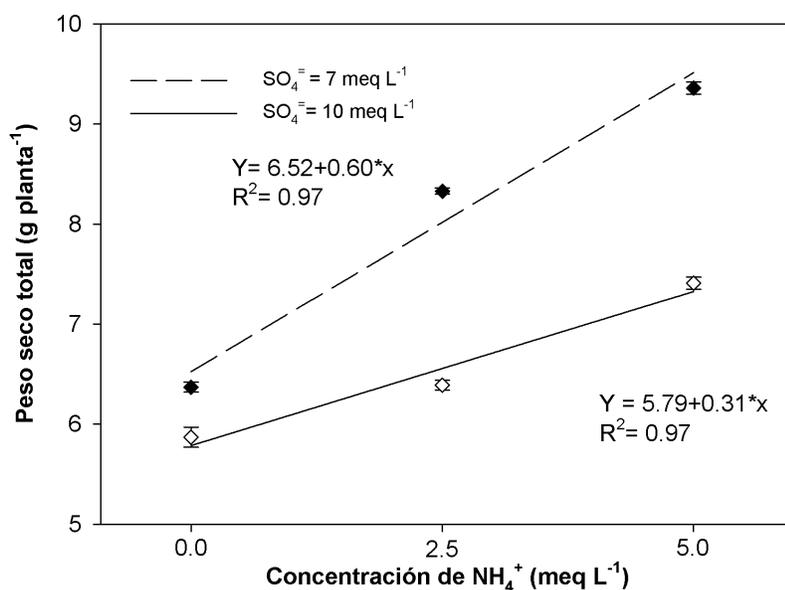


Figura 6. Efecto de la Interacción entre la concentración de NH₄⁺ y SO₄⁼, en el peso total de la planta. Las barras indican el error estándar de la media.

Concentración Mineral

Las plantas irrigadas con soluciones que contenían 7 meq L⁻¹ de SO₄⁼ y el incremento de la concentración de NH₄⁺ registran mayor concentración de N en el tejido, mientras que con 10 meq L⁻¹ de SO₄⁼ y sin NH₄⁺ es menor la concentración de N dentro de la planta pero, a 2.5 meq L⁻¹ de NH₄⁺ es mayor la concentración de N, mientras que con 5.0 meq L⁻¹ NH₄⁺ disminuye (Figura 7). El aumento de la concentración de N en el tejido de las plantas puede ser debido a una baja concentración de SO₄⁼, ya que Hu *et al.* (2011) reportan que en concentraciones bajas de SO₄⁼ aumenta la concentración de N y Mg, sin cambios significativos en concentraciones de S, P y Ca en plantas de *Brassica*. La síntesis del N y el S son interdependientes, por lo que la concentración de N depende de la concentración de S (Zhao *et al.* 1999; Norton, 2012). Una proporción adecuada de estos, dan origen a estructuras y tipos de proteínas que posteriormente son las que afectan la calidad del grano y cocción en trigo (Moss *et al.*, 1981; Zhao *et al.*, 1999; Norton, 2012). Por otra parte, Salvagiotti *et al.* (2009) indica que el trigo nutrido con concentraciones altas de S, pero bajas en N no muestra diferencia significativa en la concentración de N, en cambio cuando las

concentraciones de N fueron menos limitantes y una alta concentración de S absorbió más N.

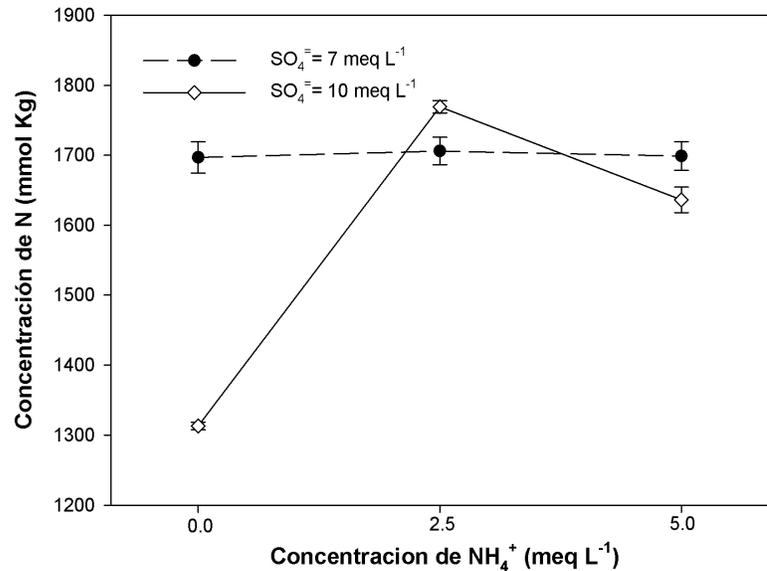


Figura 7. Efecto de la Interacción entre la concentración de NH_4^+ y $\text{SO}_4^{=}$, en la concentración de Nitrógeno (N). Las barras indican el error estándar de la media.

En P fue mayor su concentración en las plantas irrigadas con soluciones que contenían 7 meq L^{-1} de $\text{SO}_4^{=}$ y 2.5 meq L^{-1} de NH_4^+ . Así mismo, para las concentraciones de 10 meq L^{-1} de $\text{SO}_4^{=}$ y 2.5 meq L^{-1} de NH_4^+ el aumento de P fue mas marcada, pero cuando se incrementa el NH_4^+ a 5.0 meq L^{-1} decrece la concentración de P en el tegido (Figura 8). Perner *et al.* (2011), han indicado que en brotes de cebollín chino la concentración de P disminuye cuando la oferta de $\text{SO}_4^{=}$ es mayor.

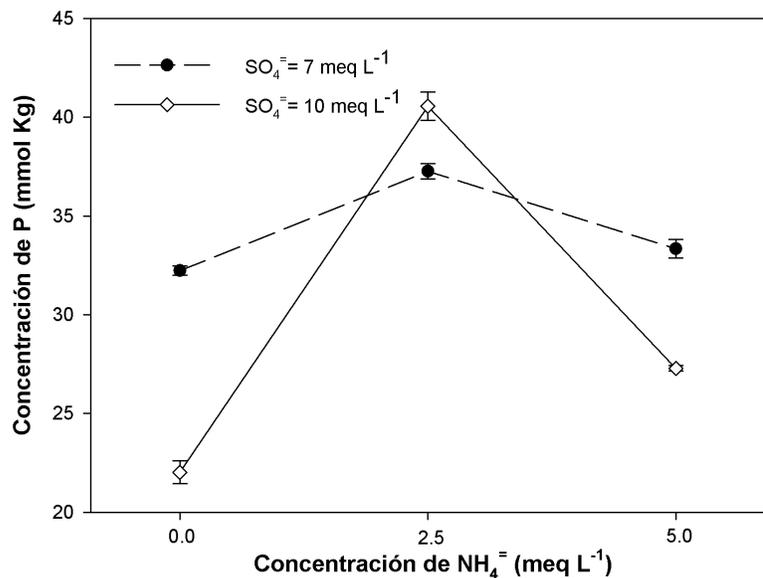


Figura 8. Efecto de la Interacción entre la concentración de NH_4^+ y SO_4^{2-} , en la concentración de Fósforo (P). Las barras indican el error estándar de la media.

La concentración K en el tejido de las plantas con 7 meq L^{-1} de SO_4^{2-} fue aumentando con el incremento de la concentración de NH_4^+ en la solución nutritiva, mientras que con 10 meq L^{-1} de SO_4^{2-} la concentración de K es menor (Figura 9). Balkos *et al.* (2009) determinaron que el K^+ y el NH_4^+ favorecen el crecimiento de las plantas cuando ambos están en concentraciones adecuadas (5 mM K : 10 mM de NH_4^+), debido, a que el contenido de K puede ayudar a la síntesis de NH_4^+ , así como el transportarlo a distancias largas y así ser llevado a todos los órganos demandantes de N (Bittsnszky, 2015). En plantas de crisantemo cv. Puma muestra una mayor concentración de N en aquellas plantas irrigadas con una concentración de 4.5 meq L^{-1} de NH_4^+ , mismo que la concentración K en el tejido no fue afectada, pero una concentración de NH_4^+ igual a 1.5 y 4.5 meq L^{-1} provoca antagonismo con Ca y Mg (Bugarín *et al.*, 1998). Li (2016) en control que los brotes y raíces de arroz aumenta la concentración de K con altas concentraciones de NH_4^+ pero una disminución de éste se reduce la concentración de K.

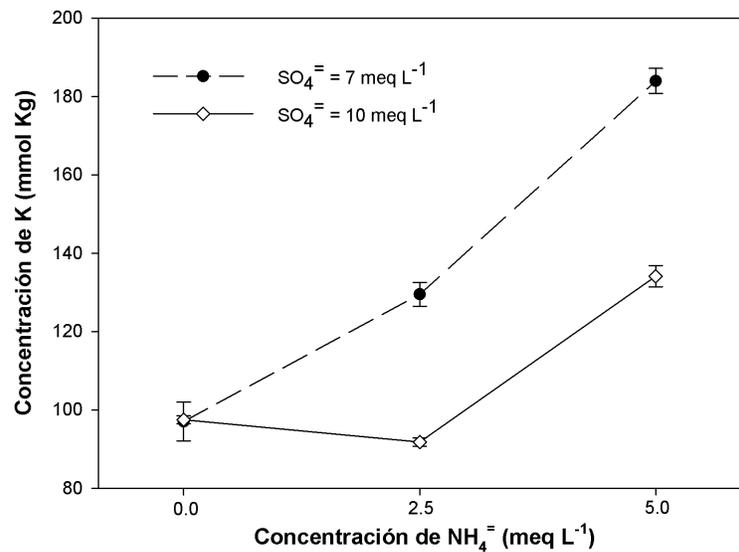


Figura 9. Efecto de la Interacción entre la concentración de NH_4^+ y $\text{SO}_4^{=}$, en la concentración de Potasio (K). Las barras indican el error estándar de la media.

El incremento de la concentración de NH_4^+ en las soluciones aumenta la concentración de Ca en el tejido de las plantas con 7 meq L^{-1} de $\text{SO}_4^{=}$, pero con 10 meq L^{-1} $\text{SO}_4^{=}$ disminuye la concentración de Ca, siendo más marcada la disminución con 5.0 meq L^{-1} de NH_4^+ (Figura 10). Borgognone *et al.* (2013) reportan una disminución en la concentración de Ca y Mg, asociando a una disminución de biomasa y crecimiento de las plantas tomate nutridas con NH_4^+ como única fuente de N.

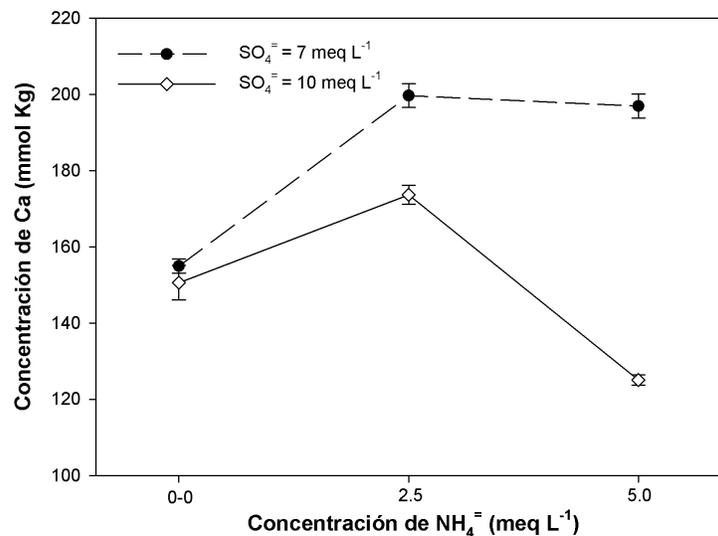


Figura 10. Efecto de la Interacción entre la concentración de NH_4^+ y $\text{SO}_4^{=}$, en la concentración de Calcio (Ca). Las barras indican el error estándar de la media.

La concentración de 2.5 meq L⁻¹ de NH₄⁺ se observa el aumento de Mg sin importar los meq L⁻¹ SO₄⁼, pero cuando el NH₄⁺ fue aplicado en concentraciones menores o mayores a 2.5 meq L⁻¹ el Mg registra menor concentración en la planta, pero esta disminución es más marcada con 10 meq L⁻¹ de SO₄⁼ (Figura 11). La disminución de la concentración de Mg es debido a una alta concentración de SO₄⁼, pues Hu *et al.* (2011) reportan que en concentraciones bajas de SO₄⁼ aumenta la concentración de Mg en plantas de *Brassica*.

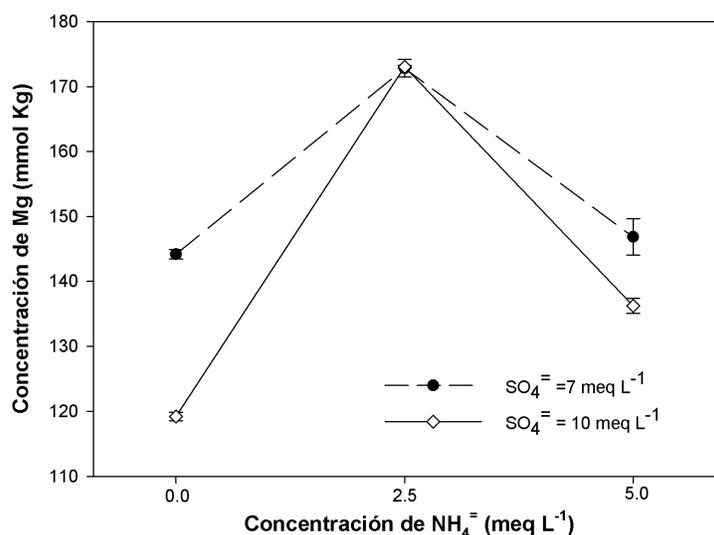


Figura 11. Efecto de la Interacción entre la concentración de NH₄⁺ y SO₄⁼, en la concentración de Magnesio (Mg). Las barras indican el error estándar de la media.

La mayor concentración de S se presenta en plantas nutridas con soluciones que contenían 2.5 y 5.0 meq L⁻¹ de NH₄⁺ y 7 meq L⁻¹, de SO₄⁼, pero con 10 meq L⁻¹ de SO₄⁼ y 5.0 meq L⁻¹ de NH₄⁺ disminuye la concentración de S en el tejido (Figura 12). La aplicación de 0.04 mM de NH₄⁺ en la solución nutritiva para lina de pato (*Lemna minor* L.) aumento la concentración de S, por lo cual Brunold y Suter (1984) supusieron que el NH₄⁺ se ve implicado en el componente que regula la formación de aminoácidos.

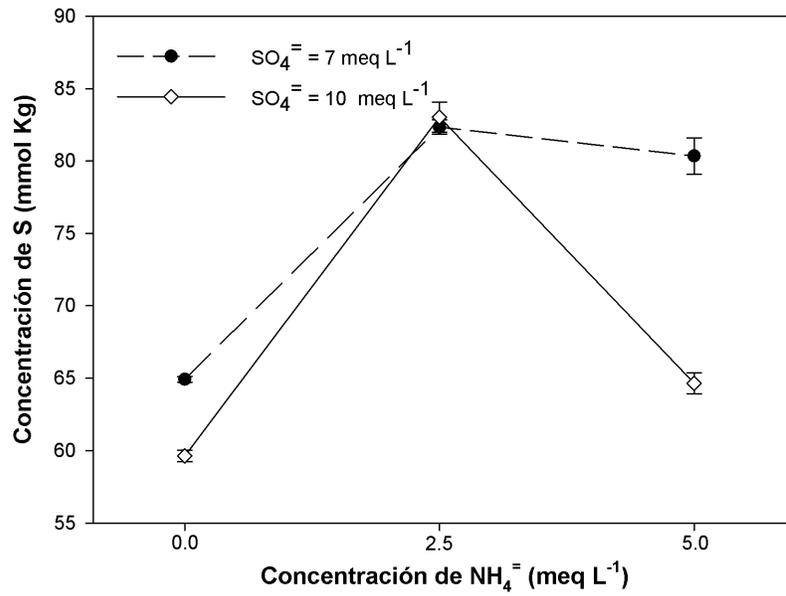


Figura 12. Efecto de la Interacción entre la concentración de NH_4^+ y $\text{SO}_4^{=}$, en la concentración de Azufre (S). Las barras indican el error estándar de la media.

CONCLUSIÓN

Una concentración adecuada de la aplicación de N en forma de NH_4^+ en conjunto con SO_4^- influyen de manera positiva en el crecimiento, producción de biomasa y en la concentración de minerales. Debido que una elevada concentración de NH_4^+ (5 meq L^{-1}) afecta de manera negativa la altura y una alta concentración de SO_4^- (10 meq L^{-1}) disminuyen el peso seco de los diferentes órganos de la planta y el total. La mejor calidad se obtuvo cuando las plantas fueron irrigadas con una solución nutritiva que contenía 2.5 meq L^{-1} de NH_4^+ y 7 meq L^{-1} de SO_4^- para altura, producción de biomasa y en la concentración N, P, Ca, Mg y S. En una concentración de 10 meq L^{-1} de SO_4^- aumenta la concentración de N y P, pero con el aumento de NH_4^+ disminuye. Para Mg y S parece no importar la concentración de SO_4^- , ya que aumentan en ambas concentraciones. De esta manera, en la presente investigación se encontró que tanto NH_4^+ y SO_4^- se encuentran ligados, pudiendo ser el S a una concentración adecuada sea un factor eficiente para la absorción de NH_4^+ .

LITERATURA CITADA

- Adams, P.** 2000. Aspectos de nutrición mineral en cultivos sin suelo en relación al suelo, 2da Edición. Universidad de Almería, servicio de publicaciones PP.125
- Anderson, J.W.** 1981. Light-energy-dependent processes other than CO₂ assimilation. In: The Biochemistry of Plants vol. 8. Photosynthesis. Academic Press, Inc. New York. 473:500.
- Arnon, D. I. and Stout, P. R.** (1939). The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant physiology*, 14(2): 371.
- Ata-Ul-Karim, S. T., Liu, X., Lu, Z., Yuan, Z., Zhu, Y., and Cao, W.** 2016. In-season estimation of rice grain yield using critical nitrogen dilution curve. *Field crops research*, 195 1:8.
- Balkos, K. D., Britto, D. T., and Kronzucker, H. J.** 2010. Optimization of ammonium acquisition and metabolism by potassium in rice (*Oryza sativa* L. cv. IR-72). *Plant, Cell & Environment*. 33(1)23-34.
- Bennett, W.F.** 1993 *Nutrient Deficiencies and Toxicities in Crop Plants*. Editorial A.P.S. Press, Minnesota. USA
- Bittsánszky, A., Pilinszky, K., Gyulai, G., and Komives, T.** 2015. Overcoming ammonium toxicity. *Plant Science*. (231) 184:190.
- Borgognone, D., Colla, G., Roupael, Y., Cardarelli, M., Rea, E., and Schwarz, D.** 2013. Effect of nitrogen form and nutrient solution pH on growth and mineral composition of self-grafted and grafted tomatoes. *Scientia Horticulturae*. (149)61:69.
- Britto, D. T., and Kronzucker, H. J.** 2002. NH₄⁺ toxicity in higher plants: a critical review. *Journal of Plant Physiology*. 159(6)567:584.

- Brunold, C.,** and Suter, M. (1984). Regulation of Sulfate Assimilation by Nitrogen Nutrition in the Duckweed *Lemna minor* L. *Plant physiology*. 76(3):579:583.
- Bugarín, R.,** Baca, G., Martínez, J. and Tirado, J. L. 1988. Amonio/nitrato y concentración iónica total de la solución nutritiva en crisantemo. II. Extracción nutrimental de hojas. *Terra Latinoamericana*. 16(2):125:134.
- Cajilema, A. L.** 2006 Diagnóstico Internacional de flores frescas de corte y Estudio de Factibilidad de *Lisianthus* (*Lisianthus spp.*) como alternativa de Producción en la Provincia de Córdoba, Argentina. (Tesis de Licenciatura) Zamorano. Honduras. PP. 7
- Camargo, M. S.,** Shimizu, L. K., Saito, M. A., Kameoka, C. H., Mello, S. C. y Carmello, A. C. 2004 Crescimento e absorção de nutrientes pelo *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum*) cultivado em solo. *Horticultura Brasileira* 22(1):143-146.
- Castillo, A.M.,** Hernández, C., Pineda, J., Valdez, L. A., Trejo, L. I. y Avitia E. 2018 Respuesta de *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum* [raf.] shinn) cv. Echo blue a diferentes dosis de nitrógeno. *Agro Productividad*. 11(8):13-18.
- Chance, W. O.,** Somda, Z. C., and Mills, H. A. 1999. Effect of nitrogen form during the flowering period on zucchini squash growth and nutrient element uptake. *Journal of Plant Nutrition*. 22(3):597:607.
- Claussen, W.** 2002. Growth, water use efficiency, and proline content of hydroponically grown tomato plants as affected by nitrogen source and nutrient concentration. *Plant and Soil*. 247(2):199:209.
- Corr, B.** and P. Katz. 1997. A grower's guide to *Lisianthus* production. *FloraCulture International* May. PP.16-20
- Crisóstomo, M. N.** Hernández, O. A., López J., Manjarrez, C. y Pinedo, A. Relaciones amonio/nitrato en soluciones nutritivas ácidas y alcalinas para arándano. 2014. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3(2):525: 532.

- Dole**, J. M. y **Wilkins**, H. F. 2005. Floriculture Principles and Species. Second Edition. Ed. Pearson Prentice Hall. New Jersey, USA. PP.1023
- Domínguez**, A. 2000. Cultivo de lisianthus (*Eustoma grandiflorum*). Flores de Altura A. M. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. PP.10
- Domínguez**, R. A. 2008 Lisianthus: una especie con alto potencial. Consejo Mexicano de la flor. Ornamentales. Primera parte. 16(3)24:25.
- Elwan**, M. W. M., and **El-Hamed**, K. A. 2011. Influence of nitrogen form, growing season and sulfur fertilization on yield and the content of nitrate and vitamin C of broccoli. Scientia horticulturae. 127(3)181:187.
- Enríquez**, G. 2017. Germinación y producción de plántula de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.) var. Mariachi Blue, en mezclas de peatmoss y zeolit. (Tesis de Licenciatura) Universidad Autónoma del Estado de México. Tenancingo, Estado de México. PP. 5
- Epstein**, E. and **Bloom** A.J. Minerals Nutrition of Plants: Principles and Perspectives, 2nd Edition. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts. PP. 135
- Hankis**, A. 2009. Lisianthus (*Eustoma Grandiflorum*), A New Species for the Cut Flower Market. Universidad de Virginia. PP. 29 (06)13:12
- Harbaugh**, B. 2017. Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*). Flower Breeding and Genetics, Springer. 22(4)645:663.
- Helali**, S. M. R., **Nebli**, H., **Kaddour**, R., **Mahmoudi**, H., **Lachaâl**, M., and **Ouerghi**, Z. 2010. Influence of nitrate-ammonium ratio on growth and nutrition of Arabidopsis thaliana. Plant and soil. 336(1-2)65-74.
- Hernández**, A., **Villegas**, O. G., **Valdez**, L. A., **Alia**, I. **López**, V. y **Domínguez** M. I. 2015. Tolerancia de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.) a elevadas concentraciones de amonio en la solución nutritiva. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 6(3)467:482.

- Hu, K., Zhu, Z., Zang, Y. and Hussain, S. A.** 2011. Accumulation of Glucosinolates and Nutrients in Pakchoi (*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* var. *communis*) Two Cultivar Plants Exposed to Sulfur Deficiency. *Biotechnol.* 52(2):121-127.
- INTAGRI.** 2017. Guía de Fertilizantes Nitrogenados para Cultivos. Serie Nutrición Vegetal, 106:8.
- Khan, M. I. R., Iqbal, N., Masood, A., Mobin, M., Anjum, N. A., and Khan, N. A.** 2016. Modulation and significance of nitrogen and sulfur metabolism in cadmium challenged plants. *Plant growth regulation.* 78(1):11.
- Kiiski, H.** 2009. Properties of Ammonium Nitrate based fertilisers, Facultad de Ciencias, departamento de Química. (Tesis Grado de Doctor filosofía). Universidad de Helsinki. Finlandia. PP. 6-7
- Koprivova, A., Suter, M., den Camp, R. O., Brunold, C., and Kopriva, S.** 2000. Regulation of sulfate assimilation by nitrogen in *Arabidopsis*. *Plant Physiology.* 122(3):737-746.
- Koralewska, A., Posthumus, F. S., Stuiver, C. E., Buchner, P., Hawkesford, M. J. and De Kok, L. J.** 2007. The Characteristic High Sulfate Content in *Brassica oleracea* is Controlled by the Expression and Activity of Sulfate Transporters. *Plant Biology.* 9(5) 654:661.
- Lasa, B., Frechilla, S., Aparicio, P.M. and Lamsfus, C.** 2002. Role of glutamate dehydrogenase and phosphoenolpyruvate carboxylase activity in ammonium nutrition tolerance in roots. *Plant Physiol y Biochem.* 40(11):969-976.
- Li, C., Tang, Z., Wei, J., Qu, H., Xie, Y., and Xu, G.** 2016. The *OsAMT1. 1* gene functions in ammonium uptake and ammonium–potassium homeostasis over low and high ammonium concentration ranges. *Journal of Genetics and Genomics.* 43(11):639-649.

- Li, S. X., Wang, Z. H. and Stewart, B. A.** 2013. Responses of Crop Plants to Ammonium and Nitrate N. (118) 301
- Liu, L., and Shelp, B. J.** 1993. Nitrogen partitioning in greenhouse-grown broccoli in response to varying NH⁺ 4:NO⁻ 3 ratios. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 24(1-2)45:60.
- Martín, M. J. y Rangel, J. E.** 2000. Comercialización internacional de flores: Antecedentes y Evaluación: 1990- 1999. Facultad de Minas. Universidad de Colombia. Medellín, Colombia. PP. 48-50
- Melgares de Aguilar. C, J.** 2002. El cultivo de lisianthus para flor de maceta. fjavier.melgaresdagular@carm.es.
- Mendoza, M.** 2017. Cultivo de lechuga hidropónica en sistema recirculante “NFT” tipo piramidal con tres niveles de aireación. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Mendoza, R., Valdez, L.A., Sandoval, A., Robledo, V. and Benavides, A.** 2014. Tolerance of Lisianthus to High Ammonium Levels in Rockwool Culture. Journal of plant nutrition, 38(1)73: 82.
- Mengel, K.y Kirkby, E. A.** 2001. Principles of Plant Untrition, 5th Edition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- Monicault L. A. y Shindoi M. J.** 2017 Análisis económico de la producción de Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) Colonia Benítez, Chaco. Instituto Nacional
- Moss, H. J., Wrigley, C. W., MacRachie, R., and Randall, P. J.** 1981. Sulfur and nitrogen fertilizer effects on wheat. II. Influence on grain quality. Australian Journal of Agricultural Research. 32(2)213:226.
- Norton, R.M.** 2011. Sulfur Nutrition and Food Security. In: De Kok L. et al. (eds) Sulfur Metabolism in Plants. Proceedings of the International Plant Sulfur Workshop, vol 1. Springer, Dordrecht.

- Paz, C.** 202. Evaluación de la relación NO_3^- : NH_4^+ en lisianthus (*Eustoma grandiflorum* Raf.) cultivado en invernadero. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 42.
- Pérez, J. P.** 2014. Uso de fertilizantes y su impacto en la producción agrícola, Facultad de Ciencias, Departamento de Biociencias. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. PP. 17-20
- Perner, H., Schwarz, D., Krumbein, A. and George, E.** 2011. Influence of sulfur supply, ammonium nitrate ratio, and arbuscular mycorrhizal colonization on growth and composition of Chinese chive. *Scientia Horticulturae*. 130(3)485:490.
- Preciado, P., Herrera, A. L., Segura, M. A., Rueda, E. O., Orozco, J. A., Yescas, P. y Montemayor, J. A.** 2008. Amonio y fosfato en el crecimiento de plántulas de chile jalapeño. *Terra latinoamericana*. 1(26)37:42.
- Rahman, M. M., Soaug, A. A., Darwish, F. H. A., Golam, F., and Sofian-Azirun, M.** 2011. Growth and nutrient uptake of maize plants as affected by elemental sulfur and nitrogen fertilizer in sandy calcareous soil. *African Journal of Biotechnology*, 10(60)12882:12889.
- Rennenberg, H., J. Sekija, L.G. Wilson, P. Filner.** 1982. Evidence for an intracellular sulfur cycle in cucumber leaves. *Planta*. (154)516:524.
- Reza, S., Nematollah E, and Kikbakht, A.** 2015. Calcium Chelated with Amino Acids Improves Quality and Postharvest Life of Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* cv. Cinderella Lime). *Hortsciencie*. 50(9)1394:1398.
- Rojas, A., Belem, G., Morales, E. J., Morales, J. E., Estrada, G., Franco, O., and Lopez, J. A.** 2017. Greenness index of lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinners) as a function of 6-benzylaminopurine concentration. *Mexican breeding journal*. 40(4)461:469.
- Salvagiotti, F., Castellarín, J. M., Miralles, D. J., and Pedrol, H. M.** 2009. Sulfur fertilization improves nitrogen use efficiency in wheat by increasing nitrogen uptake. *Field Crops Research*. 113(2)170:177.

- Sánchez**, A. 2000. Análisis y diagnóstico nutricional en los cultivos sin suelo. Manual de cultivo sin suelo, 2da Edición. Universidad de Almería, servicio de publicaciones PP. 125
- Scherer**, H. W. 2008. Impact of Sulfur on N₂ Fixation of Legumes. Sulfur Assimilation and Abiotic Stress in Plants, 43:54.
- Soltanpour**, P. N., Johnson, G. W., Workman, S. M., Jones, J. B., and Miller, R. O. 1996. Inductively coupled plasma emission spectrometry and inductively coupled plasma-mass spectrometry. Methods of Soil Analysis Part 3-Chemical Methods, (methodsofsoilan3), 91-139.
- Sousa**, V., Oliveira, F. D. A., de Oliveira, F. R. A., Campos, M. D. S., and the Medeiros, J. F. 2010. Effect of nitrate and ammonium on growth eggplant. Green Magazine of Agroecology and Sustainable Development. 5(3) 80:88.
- Taiz**, L. and Zeiger E. 2002. Plant Physiology, 3ra Edition. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts.
- Tamayo**, A. 2006. Propiedades Químicas. El cultivo de las crucíferas. Manual técnico 20. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. PP. 57
- Tisdale**, SL, Havlin, JL, Beaton, JD, Nelson, WL, 1999. Soil Fertility and Fertilizers, An Introduction to Nutrient Management, 6th Ed. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Vidalie**, H. 1992. Producción de flores y plantas ornamentales. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. PP. 310
- Xu**, G., Wolf, S., and Kafkafi, U. 2002. Ammonium on potassium interaction in sweet pepper. Journal of Plant Nutrition. 25(4)719:734.
- Zhang**, Y. Lin, X., Zhang, Y., Zheng, S. J. and Du, S. 2005. Effects of Nitrogen Levels and Nitrate/Ammonium Ratios on Oxalate Concentrations of Different Forms in Edible Parts of Spinach. Journal of Plant Nutrition, 28(11)2011:2025.

Zhao, F. J., Hawkesford, M. J., and McGrath, S. P. 1999. Sulphur assimilation and effects on yield and quality of wheat. *Journal of Cereal Science*. 30(1):1:17.

PAGINAS ELECTRÓNICAS

Ballsb, 2016. Lisisnthus ABC. http://www.ballsb.com/datasheets/CatES_26_1.pdf. (26, noviembre, 2018).

Benavides, A. 1998. EL AZUFRE EN LAS PLANTAS. [Archivo PDF] Disponible en: http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/El_azufre_en_plantas. (04, noviembre, 2018)

USDA .2015. Potassium sulfate for use in crop production. [Archivo PDF] Disponible en:<https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/PSC%20technical%20advisory%20panel%20report.pdf> (15, octubre, 2018)

USDA. 2011. Supplemental technical report for sodium nitrate (crops). [Archivo PDF] Disponible en: <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Sodium%20Nitrate%20TR%202011.pdf> (21, septiembre, 2018)

Robinson, J. 2010.Sistemas visuales indican deficiencias de nutrientes: azufre. Hortalizas. [Archivo PDF] Disponible en: <https://www.hortalizas.com/nutricion-vegetal/sintomas-visuales-indican-deficiencias-de-nutrientes-azufre/> (4, octubre, 2018)

Ruiz, R.1999. Características de algunos fertilizantes Nitrogenados para uso en goteo. [Archivo PDF] Disponible en [https://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/E33AED1504ADCE3D85257BBA0059BEAE/\\$FILE/NSS-ES-11.pdf](https://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/E33AED1504ADCE3D85257BBA0059BEAE/$FILE/NSS-ES-11.pdf) (9, septiembre, 2018)

PROMIX.2018.Rol del azufre en el cultivo de plantas. Disponible en: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-azufre-en-el-cultivo-de-plantas/> (13, noviembre, 2018)

- Maldonado, M. J.** 2013. Asimilación del nitrógeno y del azufre. [Archivo PDF] Disponible: <http://biblio3.url.edu.gt/Publi/Libros/2013/FisioVegetal/15.pdf> (04, noviembre, 2018)
- Maldonado, P., Contreras J. y INIA .**2005. Lisianthus Manejo del Cultivo. Hortalizas y Flores. [Archivo PDF] Disponible en: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR32025.pdf> (14, octubre, 2018)
- Jiménez, M.** 2017.Necesidades nutricionales y de riego de la lechuga. [Archivo PDF] Disponible en: <http://www.anuariosatlanticos.casade colon .com /index.php /GRANJA/arti- cle /view/9945/946> (24, octubre, 2018)
- INFOCENTER, (2010) Análisis Mundial de Estrategia e innovación relacionada con las tecnologías aplicadas a la producción de flor y follaje de Corte como Oportunidad de Alto valor Añadido e Identificación de Oportunidades de Mercado para las especies de la oferta Chilena y las especies que presenten ventajas comparativas para chile.** [Archivo PDF] Disponible en: http://www.fia.cl/estudios_descarga/Produccion de flor y follaje de corte _1.pdf (22, septiembre, 2018)
- FAO,** 2002 Los fertilizantes y su uso. [Archivo PDF] Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf> (18, septiembre, 2018)
- Ochoa, R. y Ortega, C.** Floricultura mexicana, el gigante que esta despertando, [Archivo PDF] Disponible en: <https://info.aserca.gob.mx/claridades /revistas/154/ca154.pdf> (18, septiembre, 2018)
- SAGARPA** Michoacán, 2013. Exitosos Cultivos De Flor Invernadero. Disponible en: <https://www.gob.mx/sagarpa%7Cmichoacan/articulos/exitosos-cultivos - de-flor-en-invernadero> (8, septiembre, 2018)