

COMPORTAMIENTO DE LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum* (Raf.)  
Shinn.) BAJO DISTINTOS NIVELES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA  
Y CALCIO EN EL AGUA DE RIEGO EN CONDICIONES DE  
HIDROPONÍA

**CARLOS ANTONIO LÓPEZ PÉREZ**

T E S I S

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA



Universidad Autónoma Agraria

“Antonio Narro”

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

COMPORTAMIENTO DE LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum* (Raf.)  
Shinn.) BAJO DISTINTOS NIVELES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA  
Y DE CALCIO EN EL AGUA DE RIEGO EN CONDICIONES DE  
HIDROPONÍA

TESIS

Por:

CARLOS ANTONIO LÓPEZ PÉREZ

Que se somete a consideración del comité particular de asesoría y que es  
aprobada como requisito parcial para optar por el grado de:

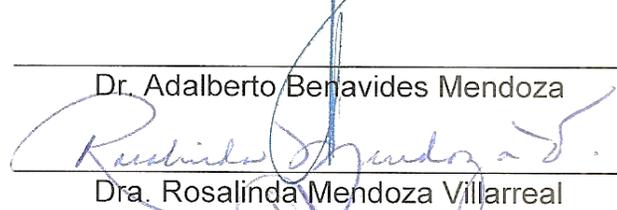
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

COMITÉ PARTICULAR

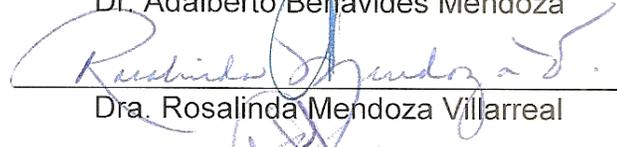
Asesor principal:

  
Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar

Asesor:

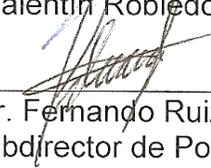
  
Dr. Adalberto Benavides Mendoza

Asesor:

  
Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal

Asesor:

  
Dr. Valentín Robledo Torres

  
Dr. Fernando Ruiz Zárate  
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Diciembre de 2013

## DEDICATORIA

**A** Mi Sensei y Amigo; Biol. Carlos Mata Costancio; Gracias por todos los consejos y experiencias que compartió conmigo, en la vida y en el judo. Siempre llevare en mi corazón los entrenamientos, los amigos y lugares que conocí, gracias a este deporte; y como dice usted:

***Una vez judoca; para siempre judoca.***

Me llevo mi cinta negra y mi judogi; que me acompañara en todos los triunfos de mi vida, porque ya soy un campeón.

***Muchas gracias.***

## AGRADECIMIENTOS

**A** Dios, por bendecir cada día de mi vida; y saber que siempre he tenido una luz de esperanza en los momentos más difíciles de mi vida, y ayudarme a tener fe en todo lo que realizo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por todo el apoyo otorgado durante el periodo de estancia en la maestría, y al pueblo de México; por brindar las facilidades para poder realizar mis estudios de postgrado, y de esta manera poder culminarlos exitosamente.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN); nuestra gran casa de estudios, mi Alma Mater; por haber sembrado en mí la semilla del éxito; a la que debo todo y estoy agradecido infinitamente por formarme en sus aulas, y la cual permitió mi formación profesional y personal, para servir al campo.

Al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar; y a todos los profesores de la Maestría en Ciencias en Horticultura. Gracias por todo el apoyo brindado.

A mis compañer@s de maestría y amigos; que siempre me brindaron su amistad y apoyo dentro y fuera de la universidad.

## RESUMEN

Se ha reportado que el calcio (Ca) tiene un efecto moderador de los efectos de la salinidad ya que mantiene la integridad de las membranas celulares y reduce la pérdida de potasio (K). *Lisianthus* es una planta ornamental cuyo hábitat sugiere que puede adaptarse a condiciones extremas. El presente estudio fue establecido para evaluar si el Ca (9 y 13 meq L<sup>-1</sup>) influye en la tolerancia de *lisianthus* a una mayor conductividad eléctrica (CE) (2.5, 4, 6 y 8 dS·m<sup>-1</sup>) en la solución nutritiva. El peso seco fue reducido cuando se elevó la CE a 4 dS·m<sup>-1</sup> independientemente del nivel de Ca; sin embargo, la biomasa mostró una recuperación cuando la CE aumentó hasta 6 y 8 dS·m<sup>-1</sup> en plantas con Ca adicional. Las plantas con Ca suplementario mantuvieron una mayor concentración de los pigmentos fotosintéticos cuando la CE fue de 6 y 8 dS·m<sup>-1</sup>. Independientemente de la concentración de Ca, la CE afectó la fotosíntesis neta al disminuir cuando la CE aumentó a 4 dS·m<sup>-1</sup>. El contenido relativo de agua en hojas jóvenes de plantas suplementadas con niveles adicionales de Ca aumentó cuando fueron tratadas con soluciones con CE mayor de 4 dS·m<sup>-1</sup>, lo que estuvo asociado con un mayor potencial hídrico. La concentración de nitrógeno, K, Ca y magnesio fue afectada por la CE aunque esta se recupera con Ca adicional. Los resultados indican que *lisianthus* tolera niveles altos de salinidad solo si se adicionan cantidades suplementarias de Ca

**Palabras clave:** contenido relativo de agua, hidropónia, ornamentales, potencial hídrico, salinidad, tolerancia al estrés.

## ABSTRACT

Calcium (Ca) reportedly modulates the deleterious effects of salinity by maintaining integrity of cell membranes and decreasing potassium (K) loss. The present study was conducted to assess whether Ca (9 and 13 meq L<sup>-1</sup>) impacts the tolerance of lisianthus, an ornamental species whose habitat suggests it could adapt to extreme environments, to high electrical conductivity (EC) (2.5, 4, 6 and 8 dS·m<sup>-1</sup>) in irrigation water. Dry mass of plants was decreased as EC was increased to 4 dS·m<sup>-1</sup> regardless of Ca concentration. Nonetheless, dry mass was restored when EC increased to 6 and 8 dS·m<sup>-1</sup> in plants supplemented with additional Ca, which was associated with increased concentration of photosynthetic pigments. Regardless of Ca concentration, EC negatively affected net photosynthesis when EC was increased to 4 dS·m<sup>-1</sup>. Relative water content and water potential in young leaves of plants with additional Ca increased when irrigated with solutions of the highest EC. Nitrogen, K, Ca and magnesium concentration in plant tissues decreased with increasing EC, however, their concentrations were restored in plants treated with additional Ca. The results obtained indicate that lisianthus can tolerate high salinity levels provided supplementary Ca is added to the nutrient solution.

**Keywords:** hydroponics, ornamentals, salinity, relative water content, stress tolerance, water potential.

<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b>	<b>pag.</b>
<i>DEDICATORIA</i>	<i>iii</i>
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	<i>iv</i>
<i>RESUMEN</i>	<i>v</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>vii</i>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>9</b>
2.1. Objetivo General	9
2.2. Objetivos Específicos	9
<b>3. HIPÓTESIS</b>	<b>10</b>
<b>4. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>11</b>
4.1. Conductividad eléctrica	11
4.2. Salinidad	13
4.2.1. Efectos de la salinidad en las plantas	14
4.2.2. Efectos del Sodio (Na) en las plantas	15
4.2.3. Efectos del Cloro (Cl) en las plantas	16
4.2.4. Efectos del Calcio (Ca) en las plantas	17
4.3. Lisianthus	19
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>21</b>
5.1.1. Ubicación	21
5.1.2. Características del experimento	21
5.1.3. Variables evaluadas	23
<b>6. RESULTADOS</b>	<b>26</b>
<b>7. DISCUSIÓN</b>	<b>35</b>
<b>8. CONCLUSIONES</b>	<b>39</b>
<b>9. LITERATURA CITADA</b>	<b>40</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

**pag.**

Tabla 1. Conductividad eléctrica (CE), composición y niveles de calcio (Ca) de las soluciones nutritivas en estudio	20
Tabla 2. Peso seco de tallos, hojas y flores de lisianthus en función de la concentración de calcio (Ca) y la conductividad eléctrica (CE) en la solución nutritiva	26
Tabla 3. Concentración de carotenoides y clorofila en hojas de la parte media de la planta en lisianthus en función de la concentración de Calcio (Ca) y la conductividad eléctrica (CE) en la solución nutritiva	29
Tabla 4. Fotosíntesis, conductancia, transpiración, contenido relativo de agua (CRA) en hoja joven (HJ) y madura (HM) de lisianthus en función de la concentración de Calcio (Ca) y la conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva	30
Tabla 5. Potencial hídrico ( $\Psi_h$ ) en hojas jóvenes y maduras de lisianthus en función de la concentración de Calcio (Ca) y la conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva	30
Tabla 6. Contenido de macronutrientes ( $\text{mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) en parte aérea de lisianthus en función de la concentración de Calcio (Ca) y la conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

pag.

Figura 1. Efecto de la conductividad eléctrica (CE), la concentración de Calcio (Ca) en la solución nutritiva e interacción entre ambos factores sobre la longitud de tallo en lisianthus, Q = tendencia cuadrática, \*, \*\*\*, ns, significativo con  $P < 0.05$ ,  $P < 0.001$  y no significativo, respectivamente. Las barras corresponden al error estándar de la media (n = 3) 25

Figura 2. Efecto de la conductividad eléctrica (CE), la concentración de Calcio (Ca) en la solución nutritiva e interacción entre ambos factores sobre el peso seco total en lisianthus. L, C = tendencia lineal, cubica, \*, ns, significativo con  $P < 0.05$  y no significativo, respectivamente. Las barras corresponden al error estándar de la media (n = 3) 26

Figura 3. Efecto de la conductividad eléctrica (CE) y la concentración de Calcio (Ca) en la solución nutritiva e interacción entre ambos factores sobre el número de flores en lisianthus. C = tendencia cubica, \*, ns, significativo con  $P < 0.05$  y no significativo, respectivamente. Las barras corresponden al error estándar de la media (n = 3) 27

Figura 4. Efecto de la conductividad eléctrica (CE) y la concentración de Calcio (Ca) en la solución nutritiva e interacción entre ambos factores sobre el diámetro de flores en lisianthus. L, Q = tendencia lineal, cuadrática, \*, ns, significativo con  $P < 0.05$  y no significativo, respectivamente. Las barras corresponden al error estándar de la media (n = 3) 28

## 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo sin suelo está ganando importancia, ya que es más fácil el control de las propiedades físicas del sustrato, en comparación con la utilización del suelo directamente (Barbosa *et al.*, 2000). En dicha condición, las plantas pueden ser cultivadas en agua o sustratos con baja o nula actividad química, las cuales se abastecen con los nutrientes esenciales para su desarrollo mediante la adición de alguna de las soluciones nutritivas conocidas. De los sistemas hidropónicos que comúnmente se utilizan, los sistemas cerrados evitan la contaminación del suelo y pérdida de agua, debido a que en éstos se cambia con menos frecuencia la solución nutritiva, en comparación con los sistemas abiertos (Schröder *et al.*, 1995; Tüzel *et al.*, 1999; Barbosa *et al.*, 2000).

La presión osmótica de la solución nutritiva, constituye un factor muy importante para el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas (Steiner, 1968), debido a que representa la masa molecular total (concentración iónica total) de los solutos en una solución (Sherman *et al.*, 2001) e influye significativamente en la absorción de los iones por las plantas (Schwarz, 1995).

Valores elevados de presión osmótica de la solución nutritiva repercuten en una disminución de la absorción de agua, resultando dicha disminución en un efecto inhibitorio del crecimiento de las plantas (Schwarz, 1995).

Por otra parte, la presión osmótica de una solución es equivalente a la presión real que se desarrolla en un sistema osmótico, además de que también es equivalente en concepto, al potencial osmótico, pero este último con signo opuesto (negativo). Al respecto, el potencial osmótico puede ser expresado en términos de energía, mientras que la presión osmótica siempre se expresa en términos de presión (Schwarz, 1995).

Otro término que expresa la concentración de solutos en una solución es la conductividad eléctrica (CE) (Razi y Ahmad, 1997; Schwarz y Kuchenbuch, 1997), que a diferencia de la presión osmótica, sólo proporciona una aproximación general de la concentración total de los sólidos disueltos (Reed, 1996), no de la cantidad de cada uno de ellos (Samperio, 1999).

Sin embargo, de acuerdo con Schwarz (1995) la última puede ser relacionada con la presión osmótica a través de la siguiente ecuación:  $PO = (0.36) (CE) (0.101)$ , donde PO: presión osmótica (MPa), CE: conductividad eléctrica ( $dS \cdot m^{-1}$ ), o bien  $PO = [(0.36)(CE)(0.101)]/100$ , donde PO: presión osmótica (MPa), CE: conductividad eléctrica en  $dS \cdot m^{-1}$ .

La CE es la capacidad de un cuerpo de permitir el paso de la corriente eléctrica a través de sí. También es definida como la propiedad natural característica de cada cuerpo que representa la facilidad con la que los electrones pueden pasar por él. Nos sirve para medir la concentración total de sales en una solución, pero no indica qué sales están presentes (NMX-AA-093-SCFI-2000). La CE se expresa en  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , la determinación de la CE se realiza mediante un conductímetro, realizando la medida a una temperatura lo más cercana a  $20^{\circ}\text{C}$ .

La salinidad en el suelo y agua está ampliamente distribuida y se incrementa a medida que se presentan cambios climáticos mayores, como los procesos geomorfológicos de sedimentación, erosión y redistribución de materiales, así como cambios en la hidrología superficial y subterránea (Flores, 1993).

El problema de la salinidad en los últimos años se ha incrementado considerablemente debido a los efectos del regadío, donde para garantizar el suministro de agua se ha implantado el riego con aguas subterráneas sin haber previsto la instalación de sistemas de drenaje, lo que conlleva al incremento de la salinidad de los suelos (Lazara *et al.*, 2007), este problema se puede intensificar con otras fuentes adicionales de electrolitos, como el uso de fertilizantes y la calidad del agua de riego.

La salinidad es un problema en México que además se agudiza en las zonas áridas y semiáridas, donde los suelos presentan drenaje deficiente y alta evaporación (Szablocs 1994). En el país la distribución y extensión de los suelos con problemas de sales se está incrementando en áreas de riego de zonas áridas, de forma simultánea, la calidad del agua de riego en estas áreas es deteriorada progresivamente debido al exceso de sales, aunado a esto, cuando existe un mal manejo de aguas y suelo, desatendiendo los factores de acumulación de sales el proceso de acumulación de sales se acelera y se agrava (Zamudio-Gonzales *et al.*, 2004), lo cual repercute en la disminución de la productividad, rendimiento y calidad de las cosechas (Bayuelo-Jiménez *et al.*, 2002).

Según García y Jáuregui, (2008), la salinidad es uno de los principales factores abióticos que limitan la productividad agrícola, debido a que la inmensa mayoría de las plantas cultivadas son sensibles a esta condición.

Leidi y Pardo (2002), mencionan que el efecto más evidente ante el estrés salino en las plantas, es la reducción de la capacidad de absorción de agua, la cual se puede manifestar en la reducción de la expansión foliar y pérdida de turgencia, es decir, una célula vegetal expuesta a un medio salino equilibra su potencial hídrico perdiendo agua, lo que produce la disminución del potencial osmótico y de turgencia.

Esta situación genera señales químicas, como aumento del calcio (Ca) libre intracelular y síntesis de ácido abscísico (ABA), entre otros, que desencadenan respuestas adaptativas (Hasegawa *et al.*, 2000). Aparentemente, los cambios anatómicos son respuestas morfogenéticas de la planta para contrarrestar los efectos negativos de las sales, cambios que pueden ser importantes en la eficiencia del uso del agua y la tolerancia de la planta al estrés salino (Pio *et al.*, 2001).

Uno de los primeros efectos fisiológicos que provoca el estrés salino en las plantas es la reducción del crecimiento debido a una disminución en la capacidad de adsorción de agua de estas, por lo que este se convierte en un buen indicador para evaluar la capacidad de algunos productos o elementos para proteger a las plantas contra este tipo de estrés (Núñez *et al.*, 2007).

El Ca tiene un efecto moderador de los efectos de la salinidad y especialmente del Na, donde se requiere para mantener la integridad de las membranas en las plantas y como cofactor de varias enzimas, por ser un catión bivalente y con una menor capa de hidratación desplaza al Na del complejo de cambio y mejora la agregación de suelos salinos (Rengel, 1992).

Otro problema potencial que tienen las plantas que crecen en medios salinos consiste en la obtención de K suficiente, este problema surge porque los iones de Na compiten con la captación de K por medio de un mecanismo de baja afinidad, si hay suficiente Ca, el sistema de captación

que prefiere el transporte de K opera bien, de manera que las plantas pueden obtener suficiente K y limitar el Na (La Haye y Epstein, 1969).

Ha habido mucho interés en los mecanismos por medio de los cuales el Ca elimina los efectos dañinos del Na (Cramer *et al.*, 1985). El estudio de Cramer respalda la idea de que el Ca protege las membranas contra los efectos adversos que produce el Na, manteniendo así la integridad de la membrana, y reduciendo al mínimo la pérdida de K.

Sin embargo, por estar presente bajo formas químicas de baja solubilidad, la disponibilidad del Ca en la solución del suelo es baja (Dodd *et al.*, 2010), los síntomas de deficiencia del Ca aparecen primero en las hojas y tejidos jóvenes e incluyen hojas pequeñas, deformes a veces, partidas, manchas cloróticas, crecimiento deficiente, retraso en el crecimiento de raíces y daños al fruto (Pio *et al.*, 2001).

El lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.) Es una planta nativa de los Estados Unidos habita principalmente en las praderas húmedas de Nebraska, Colorado, Texas y el norte de México; se encuentra en forma silvestre en las tierras desérticas, pero no es una planta de desierto verdadera, en su tierra nativa, lisianthus se encuentra creciendo a lo largo de los ríos y en tierras bajas donde siempre tiene acceso a agua fresca, a mediados del verano, las plantas silvestres emiten raíces profundas en busca de agua (Croft y Nelson, 1998).

Es una planta de ciclo anual o bianual, forma una roseta de hojas, sobre la cual se forma un tallo de 40 a 50 cm de largo en cuyo extremo aparecen las flores largamente pediceladas de 6 a 9 cm de diámetro y de colores entre azul y púrpura, en las variedades silvestres, su reproducción se realiza por semilla, aunque también se puede a ser por esquejes o cultivos in vitro de tejidos (Reid, 2009).

Su hábitat natural le permite adaptarse a condiciones de baja humedad relativa y temperaturas hasta cierto punto más extremas que la generalidad de las flores cultivadas, es una planta sensible a la salinidad, lo cual provoca quemaduras de raíces, hojas, disminución de tamaño y calidad de la flor (Pérez-Arias *et al.*, 2007). En la última década, lisianthus como flor de corte ha trascendido fronteras en todo el mundo (Reid, 2009), debido a su similitud con la rosa, y con una mejor vida en florero, lo han situado en la lista de las 10 flores cortadas más importantes del mundo (Kiamohammadi, 2011).

El lisianthus tiene mucho potencial de comercialización por su variedad de colores, principalmente en el mercado de exportación; asimismo, en el mercado nacional, en los últimos años ha aumentado considerablemente su demanda y se estima que se posicionará de forma importante en el mercado.

lisianthus ha tenido su mayor auge, mejora y aprovechamiento en otros países, que si aprecian y ven el potencial de esta planta, que no le pide nada a cultivos ornamentales clásicos como el de la rosa, mientras que

muchos nuevos cultivos de flores se esfuerzan por ganar aceptación y sensibilización de los consumidores, esto no ha sido el para *lisianthus*.

Siendo *lisianthus* una especie originaria de las zonas áridas del norte de México, existe interés en conocer cuáles son los mecanismos fisiológicos que esta especie posee y que la capacitan para crecer en ambientes de alta salinidad. Valdez-Aguilar *et al.*, (2013) Mencionan que es tolerante a condiciones de alta salinidad, sin embargo estos estudios se efectuaron combinando diferentes concentraciones de iones como  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$ , lo que podría suponer que el Ca se puede utilizar en mayor concentración en las soluciones nutritivas de mayor CE donde podría estar ejerciendo un efecto benéfico al incrementar la tolerancia a la salinidad. Por este motivo se realizó la presente investigación con el objetivo de definir si al aumentar la concentración de Ca se eleva la tolerancia a la salinidad en *lisianthus* cultivado en condiciones de hidroponía.

## **2. OBJETIVOS**

### 2.1. Objetivo General:

- Determinar la influencia de la conductividad eléctrica en el comportamiento de lisianthus con dos niveles de Ca suplementario en la solución nutritiva en condiciones de hidropónia.

### 2.2. Objetivos Específicos:

- Determinar el efecto de la salinidad sobre la morfología de lisianthus con Ca suplementario.
- Determinar el efecto de la salinidad sobre algunas variables fisiológicas de lisianthus con Ca suplementario.

### **3. HIPÓTESIS**

La aplicación suplementaria de Ca permite el desarrollo de lisianthus en condiciones de estrés salino.

## **4. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **4.1. Conductividad eléctrica**

El agua dulce tiene impurezas naturales, incluyendo sales o minerales disueltos en el agua que no siempre se pueden ver u oler, como el agua está en contacto con las rocas y el suelo, algunos minerales se disuelven en ella, si el agua contiene altas cantidades de sales disueltas, puede ser nocivo usarlo para el riego de cultivos.

La conductividad electrolítica es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica, esta capacidad depende de la presencia de iones, de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura. La determinación de la conductividad es de gran importancia pues da una idea del grado de mineralización del agua (NMX-AA-093-SCFI-2000).

Conociendo la CE podemos evaluar, aproximadamente, otros parámetros:

- Contenido de sales en la solución ( $\text{meq L}^{-1}$ )
- Presión osmótica de la solución (en atmósferas)

En relación con la CE, el Laboratorio de Salinidad de Riverside (USA) clasifica el agua en los siguientes seis grupos:

- Grupo C1: CE entre  $0.10$  y  $0.25 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ . Agua de “Baja Salinidad”, apta para el riego de cualquier cultivo, en cualquier tipo de suelo, con baja o nula probabilidad de generar salinidad en los suelos.
- Grupo C2: CE entre  $0.25$  y  $0.75 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ . Este tipo de aguas se consideran como de “Salinidad Media”; pueden usarse para el riego de cultivos, a condición de que exista cuando menos, un lavado moderado de los suelos. La mayoría de cultivos, resisten esta agua, sin prácticas especiales de control.
- Grupo C3: CE entre  $0.75$  y  $2.25 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ . Este tipo de aguas se consideran como de “Salinidad Alta” y solamente deben usarse en suelos con buen drenaje y en cultivos resistentes a las sales.
- Grupo C4: CE entre  $2.25$  y  $4.00 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ . Este tipo de aguas se consideran como de “Salinidad Muy Alta” y en muchos casos no son recomendables para riego. Sólo deben usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso. Sólo para cultivos muy tolerantes a la salinidad.

- Grupo C5: CE entre 4.00 y 6.00  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ . Agua de “Salinidad Excesiva”. Sólo debe usarse en casos muy especiales, extremando las precauciones.
- Grupo C6: CE entre 6.00 y 10.00  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ . Agua no aconsejable para el riego en ningún caso.

## **4.2. Salinidad**

La salinidad en los suelos es uno de los principales factores ambientales que limitan la productividad agrícola, debido a la sensibilidad que manifiestan la mayoría de las plantas cultivadas ante este tipo de estrés (Maas, 1990).

La distribución de suelos salinos es amplia y ha venido aumentando progresivamente, restringiendo el uso de las tierras agrícolas a nivel mundial, por lo que es necesario que se concentren esfuerzos en la comprensión de los mecanismos fisiológicos de respuesta ante el estrés salino, a fin de generar información útil que pueda ser usada para incrementar la tolerancia a la salinidad en los cultivos (Pitman y Läuchli, 2002).

#### 4.2.1. Efectos de la salinidad en las plantas

Cuando las plantas son expuestas a la salinidad, el crecimiento es inicialmente inhibido en respuesta al efecto osmótico de la salinidad donde; el crecimiento se inhibe por el efecto tóxico de la excesiva acumulación de sales dentro de la planta, lo que genera distintos desórdenes fisiológicos (Carvajal *et al.*, 2000).

La presencia de sales inhibe el crecimiento de las plantas debido a que provocan alteraciones en el balance hídrico, relaciones iónicas, distribución de asimilados y otros procesos fisiológicos y bioquímicos (Willadino y Cámara, 2005; Munns y Tester, 2008).

En las plantas sometidas a estrés salino, se incrementa la producción de especies activas de oxígeno (EAO), debido a la alteración en la transferencia de electrones durante los procesos de fotosíntesis y respiración (Silveira *et al.*, 2005; Abdul *et al.*, 2009), lo que provoca procesos degenerativos de biomoléculas, tales como peroxidación de lípidos (Shalata y Tal, 1998; Silveira *et al.*, 2005), oxidación de aminoácidos y fragmentación de proteínas (Bartels y Sunkar, 2005), inhibición de actividad enzimática (Gueta-Dahan *et al.*, 1997), y daños estructurales en ácidos nucleicos (Sairam y Tyagi, 2004) y en otras biomoléculas como la clorofila (Alves Da Costa *et al.*, 2005; Zhao *et al.*, 2007), todo lo cual va en deterioro de las funciones vitales de la planta.

Las plantas sometidas a altas concentraciones de NaCl evitan la lesión por sales mediante exclusión de iones en las hojas o mediante su compartimentación en las vacuolas, en el caso de plantas sensibles, la resistencia a niveles moderados de salinidad en el suelo depende de la capacidad de las raíces para impedir la absorción de iones potencialmente dañinos (Carvajal *et al.*, 2000).

La diferencia de potencial eléctrico en la membrana citoplasmática de las células vegetales es de  $-140$  mV, lo cual favorece el transporte pasivo de Na hacia el interior de la célula, especialmente cuando la concentración extracelular de Na es elevada. El exceso extracelular de Na entra a la célula a través de transportadores proteicos de alta afinidad por el K, canales y transportadores de cationes no selectivos, lo que provoca una disminución en la relación K/Na en el citosol (Uozumi *et al.*, 2000).

#### **4.2.2. Efectos del Sodio (Na) en las plantas.**

La toxicidad metabólica del sodio (Na) está asociada con perturbaciones en la membrana celular y con la competencia por los sitios de enlace del potasio (K) esenciales para el metabolismo, una alta concentración de Na desplaza los iones de Ca de los sitios de enlace de la membrana celular en la raíz y altera su permeabilidad, lo que causa una salida de K de las células y favorece la entrada de Na (Dodd *et al.*, 2010).

El Na pueden entrar en las raíces pasivamente (moviéndose a lo largo de un gradiente decreciente de potencial electroquímico) y almacenarse en la vacuola, de esta manera, se reducen los niveles citosólicos de este ión. La salida de Na desde el citosol requiere energía y se realiza por medio de antiportes Na/H ubicados en la membrana plasmática y en el tonoplasto. Estos transportadores utilizan el gradiente de protones generados por las bombas ATPasa-H localizadas en estas mismas membranas (Wang *et al.*, 2001).

En plantas halófitas que no presentan glándulas salinas en sus hojas, se ha observado una alta acumulación de Na en la vacuola cuando son sometidas a altas concentraciones de NaCl (Wang *et al.*, 2001). Este mecanismo de acumulación de Na en la vacuola es mediado por sistemas antiportes Na/H ligados a membranas, los que participarían activamente en la mantención de la homeostasis iónica celular (Oliveira *et al.*, 2001).

#### **4.2.3. Efectos del Cloro (Cl) en las plantas.**

Poco se sabe de la entrada de Cl a nivel celular y su compartimentación en la vacuola. El establecimiento de un potencial de membrana negativo que ocurre cuando la célula se encuentra en homeostasis iónica, genera una barrera termodinámica estable como para permitir el paso de este ion si la entrada de Na al citosol provoca la despolarización de la membrana, el Cl podría ingresar pasivamente por medio de canales iónicos, para explicar el movimiento de Cl desde el citosol a la vacuola sería por medio de antiportes H/ anión ubicados en el tonoplasto, donde el Cl actuaría

como contracción del H, de todas maneras, la compartimentación del Cl resulta de vital importancia cuando se trata de tolerar un exceso de NaCl (Carrasco, 2004).

#### **4.2.4. Efectos del calcio (Ca) en las plantas.**

Las raíces de las plantas toman el Ca desde la solución del suelo en forma iónica (Larcher, 2003; Mengel y Kirkby, 2000). El Ca es el nutriente de carácter básico más abundante en las plantas después de K (Navarro y Navarro, 2003). De acuerdo con la revisión hecha por Larcher (2003), la concentración de Ca en la masa seca de las especies cultivadas varía entre 0.04 y 1.3%.

El Ca es un nutriente de naturaleza estructural, pues hace parte del componente de las paredes y membranas celulares, razón por la cual es indispensable su presencia para la formación de nuevas células. Se cree que este elemento contrarresta los efectos tóxicos del ácido oxálico al formar oxalato de Ca en las vacuolas (Soil Improvement Committee California Plant Health Association, 2004).

Larcher (2003) menciona que el Ca en la planta: regula la hidratación (antagonistas K y Mg); activa enzimas (Amilasa, ATPasa); regula la elongación y crecimiento. Marschner (1995) resalta el hecho que a diferencia de los otros macronutrientes, una alta proporción de Ca total en el tejido de las plantas se localiza en las paredes celulares (apoplasto), razón por la cual su presencia es vital en la estabilización de estas y de

las membranas; además de otras funciones como la modulación de las enzimas, la osmoregulación y el balance de catión–anión.

En los tejidos vegetales el Ca puede encontrarse en forma libre o adsorbido a iones no difusibles como grupos carboxílicos, fosfóricos e hidroxifenólicos; así mismo puede ocurrir en forma de oxalatos, carbonatos y fosfatos de Ca; compuestos que se encuentran con frecuencia en las vacuolas (Mengel y Kirkby, 2000).

Mengel y Kirkby (2000) indican que la absorción de Ca, en contraposición a otros nutrientes como el K y fósforo está restringida a la zona colindante con el ápice de la raíz, diferencia en el comportamiento que ha sido explicada por el desarrollo de la banda de Caspary; pues el envejecimiento de este órgano conlleva a una suberización de la endodermis, la cual impide el movimiento radical del Ca. En este sentido, la translocación de Ca desde la corteza al tallo se limita a la ruta apoplástica o del espacio libre, vía que solamente es accesible en las raíces jóvenes no suberizadas. Lo anterior, además de indicar que la absorción de Ca se da de manera pasiva, apoya el hecho que su ascenso en la savia del xilema ocurre con la corriente transpiratoria; fenómeno que tiene lugar básicamente durante el día, y es por ello que la absorción de Ca se detiene en la noche.

El Ca se caracteriza por una muy baja habilidad de transporte dentro de la planta, pues una vez que se deposita en los tejidos vegetales será muy difícil removerlo. Es por ello que son los tejidos jóvenes los primeros en ser afectados cuando existen deficiencias de este nutriente (Navarro y Navarro, 2003).

### **4.3. Lisianthus.**

Lisianthus es una planta originaria de las praderas húmedas de la zona meridional de los Estados Unidos y del norte de México, perteneciente a la Familia de las *Gentianáceas*. Su nombre científico es *Eustoma grandiflorum* (Halevy y Kofranek, 1984; Melgares de Aguilar, 1996).

Sus flores alcanzan 7 a 10 cm de largo con 6 a 9 cm de diámetro (Halevy y Kofranek, 1984). Como flor de corte, se requieren seis a siete meses, desde la siembra hasta la floración de las primeras flores (Halevy y Kofranek, 1984). Florece naturalmente en los meses de verano y otoño, y se comporta como una planta bianual (Harbaugh, 1992).

Durante la primera cosecha, su producción normalmente es de buena calidad, obteniendo de tres a cuatro tallos florales por planta (Halevy y Kofranek, 1984). Se puede esperar una segunda cosecha, alrededor de tres a cuatro meses después de la primera. Las flores cosechadas en esta segunda recolección, son de menor calidad que las de la primera, con flores más pequeñas (Halevy y Kofranek, 1984) y tallos alrededor de 30 % más cortos (Reist, 1989).

La vida de poscosecha es de 10 a 15 días, sin preservantes florales. Con el uso de éstos es posible prolongarla a 30 días, con flores que duran 13 días cada una aproximadamente. Para ello, se sugiere exponer los tallos a una solución de 4 % de sacarosa, más agentes antimicrobianos (Armitage, 1993).

Las flores de lisianthus son mejoradas con concentraciones de sacarosa al 12 %, más un biosida. Considerando estas soluciones, las flores abren más, con un mejor color, duran más tiempo y los pedúnculos se tornan más rígidos (Michael, 2000).

La comercialización, se puede realizar en ramos, con aproximadamente cinco tallos por ramo, para completar el volumen necesario. Estos ramos deben ser envueltos en papel, para protegerlos de la manipulación, en el proceso de comercialización (Melgares de Aguilar, 1996).

No existen normas de calidad específicas para lisianthus, por lo que, en mercados en que se realiza control de calidad, se aplican las normas genéricas de calidad de la Unión Europea para flor cortada, que atienden más a la sanidad general de la planta y a la limpieza, que a parámetros como longitud o número de tallos (Melgares de Aguilar, 1996); Sin embargo, es difícil cubrir la oferta con esta flor, durante el año completo, pues la especie presenta dificultades en su producción, determinadas principalmente por el manejo ambiental.

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1.1. Ubicación**

El estudio se realizó en un invernadero en el campus Saltillo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (25° 22" de latitud norte, 101° 02" longitud oeste, altitud de 1742 msnm). Durante el desarrollo del estudio se registró una temperatura promedio de 22.1 °C (máxima de 33.1 °C, mínima de 15.2 °C), una humedad relativa del 58.0% (máxima de 80.2% y mínima de 31.7%) y una radiación fotosintéticamente activa de 307  $\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ .

### **5.1.2. Características del experimento**

Se utilizaron plantas de *lisianthus* cv ABC azul que fueron trasplantadas el 21 de marzo de 2013, cuando presentaban una altura promedio de 4 cm, colocándose en contenedores de plástico rígido (33 cm de ancho, 51 cm de largo y 27 cm de altura). A los contenedores se les agregó 40 L de un sustrato inerte (perlita) previamente humedecido con agua potable. Se colocaron 10 plantas por contenedor y cada uno de estos fue colocado sobre una mesa elevada, con un sistema hidropónico recirculante, la

distancia entre plantas fue de 8 cm y entre hilera de 15 cm. Durante 15 días las plantas fueron regadas cada 30 min con una solución nutritiva con la formulación de Steiner (1984), después del cual dio inicio la aplicación de los tratamientos. Estos consistieron en ocho soluciones con diferente CE lograda mediante la manipulación de la concentración de  $\text{SO}_4^{2-}$ , Cl, Mg, Na Cl y Ca (Tabla 1). El resto de los nutrimentos se aportaron de acuerdo a la formulación de Steiner (1984). La CE de las soluciones nutritivas fue de 2.5, 4, 6 y 8  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  y cada una de ellas contenía dos niveles de Ca (9 y 13  $\text{meq L}^{-1}$ ), para no afectar la CE, a las soluciones con más Ca se les redujo proporcionalmente la concentración Mg y Na. El pH y alcalinidad de las soluciones fue ajustado a 6.3 y 1  $\text{meq L}^{-1}$ , respectivamente.

**Tabla 1. Conductividad eléctrica (CE), composición y niveles de calcio (Ca) de las soluciones nutritivas en estudio.**

CE $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$	$\text{NO}_3^-$	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	Cl	K	Mg	Na	Ca $\text{meq L}^{-1}$
	$\text{meq L}^{-1}$							
*2.5 (control)	12	1	9.3	4.7	7	5.9	5.1	9
2.5	12	1	9.3	4.7	7	3.9	3.1	13
4	12	1	14.5	14.5	7	13.0	13.0	9
4	12	1	14.5	14.5	7	11.0	11.0	13
6	12	1	24.5	24.5	7	23.0	23.0	9
6	12	1	24.5	24.5	7	21.0	21.0	13
8	12	1	34.5	34.5	7	33.0	33.0	9
8	12	1	34.5	34.5	7	31.0	31.0	13

\*Se utilizó agua obtenida del pozo de la Universidad con las siguientes características: pH 8.4; CE: 567  $\text{microS}/\text{cm}$ ; sulfatos: 5.9  $\text{meq L}^{-1}$ ; cloro: 1.4  $\text{meq L}^{-1}$ ; carbonatos y bicarbonatos: 4.5  $\text{meq L}^{-1}$ ; potasio: 1  $\text{meq L}^{-1}$ ; magnesio: 3.9  $\text{meq L}^{-1}$ ; calcio: 5  $\text{meq L}^{-1}$  y sodio: 3.1  $\text{meq L}^{-1}$ .

Las soluciones nutritivas se aplicaron mediante un sistema de riego por goteo automatizado. Las soluciones se almacenaron en recipientes cubiertos con una película de polietileno negro para bloquear la entrada de luz y evitar la evaporación y fueron renovadas completamente cada 10 días.

La distribución de la solución de riego se realizó a través de mangueras de poliducto porta gotero de 16 mm, goteros de 2 L/h y 8 piquetas en cada contenedor. La programación de riego se realizó de acuerdo a la retención de humedad del sustrato empleado y la evapotranspiración. Los riegos se aplicaron cada hora entre las 8:00 y 18:00 horas y tuvieron una duración de 3 min, la unidad experimental, está formada por 8 tratamientos y 3 repeticiones.

### **5.1.3. Variables evaluadas**

Al finalizar el experimento se cosecharon todas las plantas de cada unidad experimental para determinar longitud de tallo, número de flores y diámetro de flores. Posteriormente las plantas se seccionaron en hoja, tallo, flores y se lavaron con agua destilada en dos ocasiones para remover partículas adheridas. Estas secciones luego fueron colocadas en bolsas de papel e introducirlos en un horno de secado a 70° por 72 horas. En el material seco se registró el peso seco de los órganos.

Durante el desarrollo del experimento se realizó la medición de la tasa de fotosíntesis neta, la conductancia estomática, y la transpiración (IRGA LI-6200 Licor Inc.). Las lecturas se tomaron de 11:00 a 12:00 horas del día sobre hojas jóvenes pero completamente desarrolladas y en una planta por unidad experimental. Se hizo una medición del potencial hídrico de hojas ( $\Psi_h$ ) joven y madura (primer y último tercio de la planta) con una Cámara de Presión de Scholander (Soil Moisture Equipment Corp., Santa Bárbara, California, USA). Las lecturas se tomaron a los 90 días después del trasplante de 10:00 a 12:00 horas del día y se consideró una planta por unidad experimental.

Se determinó el contenido relativo del agua en hojas jóvenes y maduras de las plantas: Con un sacabocado de 0.5 cm de diámetro se cortaron 6 discos, los cuales se pesaron y colocaron en agua destilada por 4 h. Posteriormente, se volvieron a pesar y se colocan en la estufa de secado, ya secos se vuelven a pesar y se determina el contenido relativo de agua con ayuda de la fórmula siguiente:  $CRA = \frac{[(\text{Peso fresco} - \text{peso saturado}) / (\text{Peso saturado} - \text{peso seco})] \times 100}{}$ .

La determinación de clorofila a y b se determinó por el método de Jeffrey y Humphrey (1975). Se realizó un análisis mineral de tejidos en la parte aérea (tallos y hojas) muestreados de cuatro plantas por repetición. Las muestras fueron lavadas con agua destilada e introducidas en bolsas de papel y llevadas a un horno de secado a 70 ° C, por 72 horas.

El material seco obtenido se llevó a molienda en un molino Analytical Mill (marca Tekmar Co. modelo A-10). Las muestras de las cuatro plantas por repetición se juntaron y se homogeneizaron obteniendo así muestras compuestas para proceder a determinar la concentración de N por el método de Kjeldhal y de otros nutrimentos. La concentración de K en los tejidos se determinó con un flamómetro Corning 400, tomando una muestra del digestado obtenido a partir de 0.5 g de muestra molida (Alcántar y Sandoval, 1999).

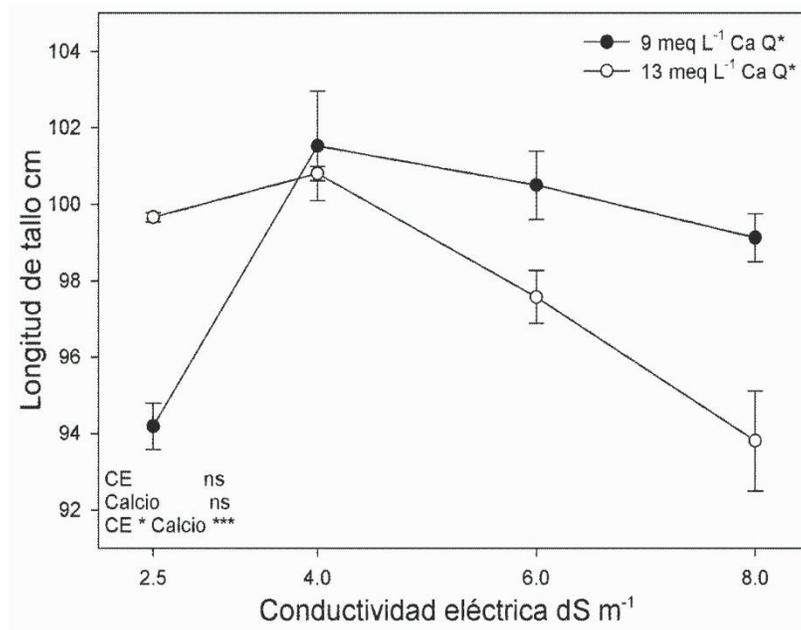
La concentración de fosforo (P), Ca, Mg, hierro (Fe) y zinc (Zn) se determinaron por espectrometría de emisión de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES VARIAN, modelo Liberty) utilizando el extracto diluido (1:50) obtenido con la digestión ácida de las muestras secas.

El estudio se realizó bajo un experimento factorial con un diseño de bloques al azar. Cada una de las soluciones contaba con 3 repeticiones y 10 plantas por unidad experimental. Se realizó un análisis de tendencias lineal, cuadrático y cubico. Los efectos principales así como la interacción entre estos factores y análisis de tendencias se realizó mediante un ANOVA con el programa Statistical analysis system (SAS v. 8.0, SAS Institute, N.C.)

## 6. RESULTADOS

La CE y el Ca no tuvieron un efecto significativo sobre la longitud de las plantas, sin embargo, si se detectó una interacción entre ambos factores (Figura 1). Con  $9 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$  de Ca se presentó una tendencia cuadrática que permite observar un efecto benéfico al elevarse la CE a  $4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ; sin embargo, al incrementar la CE a  $6$  y  $8 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , se observó una ligera reducción. A pesar de esta reducción, la longitud de la planta fue aun superior a la lograda por las plantas del tratamiento control.

Con niveles de  $2.5$  a  $4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  la suplementación de Ca resultó en una mayor longitud del tallo en comparación con las plantas control, sin embargo, una mayor CE estuvo asociada con una disminución en la elongación del tallo, a pesar de los cual esta fue superior al de las plantas control.



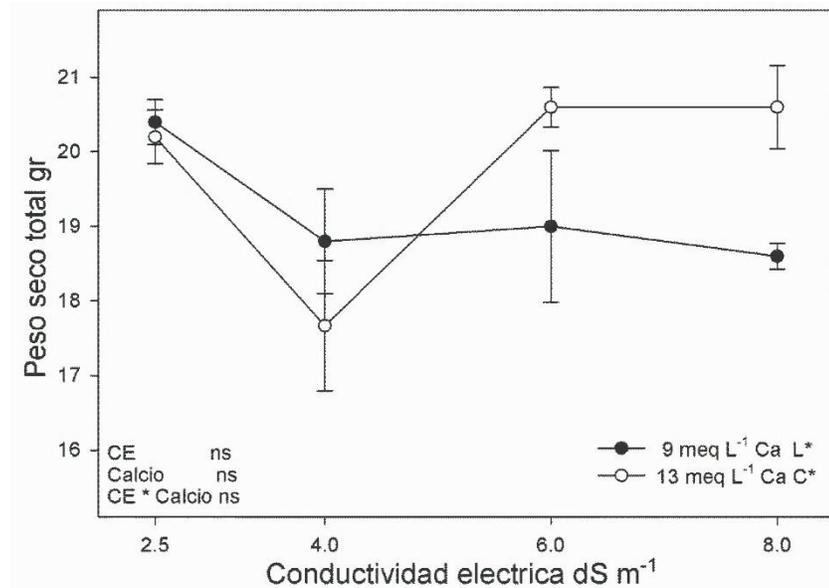
**Figura 1. Efecto de la conductividad eléctrica (CE), la concentración de Calcio (Ca) en la solución nutritiva e interacción entre ambos factores sobre la longitud de tallo en lisianthus, Q = tendencia cuadrática, \*, \*\*\*, ns, significativo con  $P < 0.05$ ,  $P < 0.001$  y no significativo, respectivamente. Las barras corresponden al error estándar de la media (n = 3).**

El peso seco de tallos, hojas y flores (Tabla 2), así como el peso seco total (Figura 2) mostraron una respuesta similar. Con niveles normales de Ca en la solución nutritiva se presentó una disminución lineal del peso seco total, especialmente cuando se eleva la CE a 4 dS·m<sup>-1</sup>; esta disminución también se observa en plantas tratadas con Ca suplementario, sin embargo, la tendencia cúbica indica que se presenta una recuperación en la biomasa total cuando la CE aumentó hasta 6 y 8 dS·m<sup>-1</sup>, prácticamente recuperándose la biomasa de las plantas del tratamiento control.

**Tabla 2. Peso seco de tallos, hojas y flores de lisianthus en función de la concentración de calcio (Ca) y la conductividad eléctrica (CE) en la solución nutritiva.**

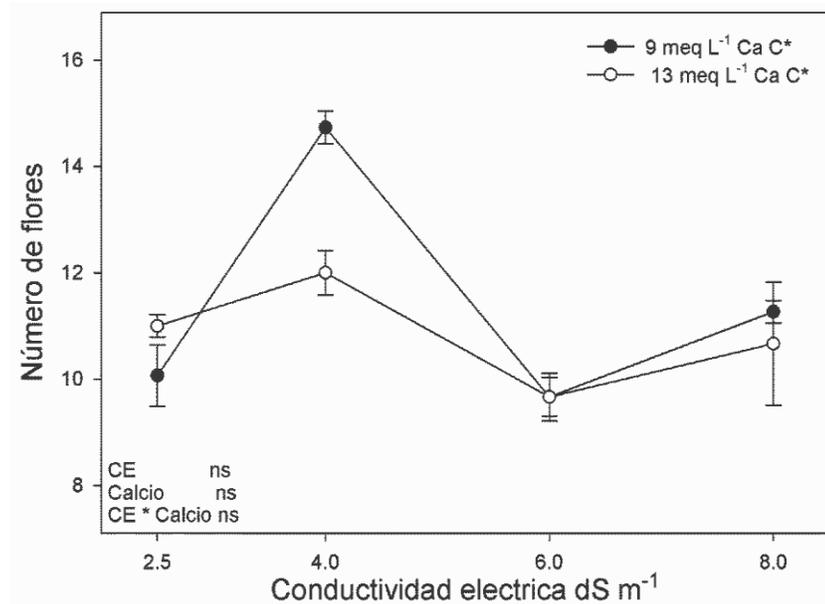
CE dS·m <sup>-1</sup>	Peso seco de tallos g		Peso seco de hojas g		Peso seco de flores g	
	Ca meq·L <sup>-1</sup>					
	9	13	9	13	9	13
2.5	6.80	6.73	4.80	4.73	8.80	8.73
4	6.26	6.03	4.26	3.96	8.26	7.86
6	6.33	6.86	3.96	4.86	8.30	8.86
8	6.20	6.86	4.20	4.86	8.20	8.86
Tendencia Anova	L*	Q*	L*	Q*	L*	Q*
CE	ns		ns		ns	
Ca	ns		ns		ns	
Interacción	ns		ns		ns	

L, Q, tendencia lineal y cuadrática, respectivamente. ns; \*, no significativo y significativo con  $P < 0.05$ , respectivamente.

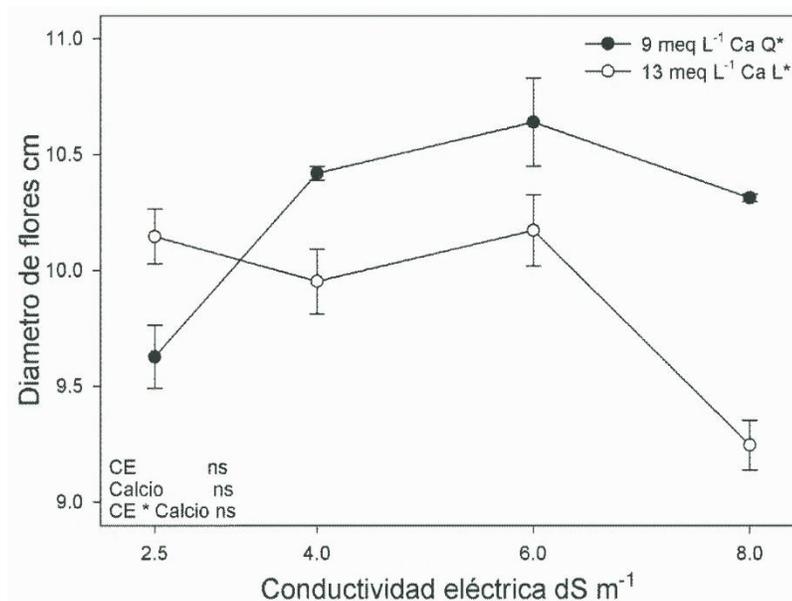


**Figura 2. Efecto de la conductividad eléctrica (CE), la concentración de Calcio (Ca) en la solución nutritiva e interacción entre ambos factores sobre el peso seco total en lisianthus. L, C = tendencia lineal, cubica, \*, ns, significativo con  $P < 0.05$  y no significativo, respectivamente. Las barras corresponden al error estándar de la media (n = 3).**

El número de flores no fue afectado por los niveles de Ca; sin embargo, al subir la CE a 4 dS·m<sup>-1</sup> se detectó un efecto promotor en la formación de flores, el cual ya no es detectado con niveles más elevados (Figura 3). Asimismo, el tamaño de las flores mostró un efecto positivo asociado con el aumento de la CE en plantas con 9 meq·L<sup>-1</sup> de Ca puesto que las flores resultaron de mayor diámetro cuando la solución tenía una alta CE en comparación con las plantas control (Figura 4). En plantas tratadas con Ca suplementario no se observó la misma tendencia puesto que las flores resultaron de menor diámetro conforme aumentaba la CE, pero a pesar de ello el tamaño de las flores fue similar al de las plantas control.



**Figura 3. Efecto de la conductividad eléctrica (CE) y la concentración de Calcio (Ca) en la solución nutritiva e interacción entre ambos factores sobre el número de flores en lisianthus. C = tendencia cubica, \*, ns, significativo con  $P < 0.05$  y no significativo, respectivamente. Las barras corresponden al error estándar de la media (n = 3).**



**Figura 4. Efecto de la conductividad eléctrica (CE) y la concentración de Calcio (Ca) en la solución nutritiva e interacción entre ambos factores sobre el diámetro de flores en lisianthus. L, Q = tendencia lineal, cuadrática, \*, ns, significativo con  $P < 0.05$  y no significativo, respectivamente. Las barras corresponden al error estándar de la media ( $n = 3$ ).**

El contenido de pigmentos fotosintéticos así como de carotenoides mostró una respuesta similar al aumentarse la CE (Tabla 3). En este caso las tendencias fueron cúbicas ya que con soluciones de  $6 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ , se observó una disminución en la concentración de clorofilas y carotenoides, la cual fue luego parcialmente recuperada cuando las plantas se irrigaron con soluciones de  $8 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ . Las plantas tratadas con Ca suplementario lograron mantener una mayor concentración de los pigmentos en comparación con aquellas tratadas con  $9 \text{ meq} \cdot \text{L}^{-1}$  de Ca cuando la CE de la solución fue de  $6$  y  $8 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ .

**Tabla 3. Concentración de carotenoides y clorofila en hojas de la parte media de la planta en *lisianthus* en función de la concentración de Calcio (Ca) y la conductividad eléctrica (CE) en la solución nutritiva.**

CE dS·m <sup>-1</sup>	Carotenoides μg·g <sup>-1</sup>		Clorofila total mg·g <sup>-1</sup>		Clorofila a mg·g <sup>-1</sup>		Clorofila b mg·g <sup>-1</sup>	
	Ca meq·L <sup>-1</sup>							
	9	13	9	13	9	13	9	13
2.5	108	103	2.79	2.85	0.79	0.80	0.41	0.43
4	110	108	2.97	3.08	0.82	0.83	0.46	0.49
6	47	71	1.28	2.05	0.39	0.61	0.16	0.27
8	87	100	2.32	2.79	0.68	0.78	0.32	0.41
Tendencia	C***	C***	C***	C***	C***	C***	C***	C***
Anova								
CE	ns			***		***		***
Ca	ns			***		***		***
Interacción	***			***		***		***

**C tendencia cubica, ns, \*\*\* no significativo y significativo con P < 0.001.**

En general, la conductancia de la hoja así como la tasa de transpiración disminuyeron conforme se aumentaba la CE, independientemente del nivel de Ca en la solución nutritiva (Tabla 4). El CRA en hojas jóvenes y maduras disminuyó en plantas crecidas en soluciones con 9 meq·L<sup>-1</sup> de Ca, sin embargo, en plantas suplementadas con niveles adicionales de Ca se observó un aumento en el CRA, el cual supera al de las plantas con 9 meq·L<sup>-1</sup> cuando fueron tratadas con soluciones de CE mayor de 4 dS·m<sup>-1</sup> (Tabla 4). La respuesta observada en el CRA estuvo asociada con el Ψh de las hojas jóvenes y maduras pues se observaron tendencias similares (Tabla 5). Independientemente de la concentración de Ca en la solución nutritiva, la CE afectó cuadráticamente la tasa de fotosíntesis neta al presentarse una disminución cuando la CE se aumentó a 4 dS·m<sup>-1</sup> (Tabla

5); sin embargo, al aumentar la CE hasta 6 y 8  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , este parámetro se recupera a niveles comparables al de las plantas con baja CE.

**Tabla 4. Conductancia, transpiración, contenido relativo de agua (CRA) en hoja joven (HJ) y madura (HM) de lisianthus en función de la concentración de Calcio (Ca) y la conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva.**

CE $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$	Conductancia $\text{mol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$		Transpiración $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$		CRA HJ %		CRA HM %	
	Ca $\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$							
	9	13	9	13	9	13	9	13
2.5	0.274	0.312	10.2	10.5	88.1	76.0	70.4	77.6
4	0.308	0.245	10.0	9.6	75.0	80.3	75.6	81.9
6	0.241	0.258	9.2	9.6	69.7	79.2	75.5	73.3
8	0.252	0.219	9.8	8.6	73.3	79.8	76.8	69.9
Tendencia	C*	L**	Q*	L*	Q*	L*	C***	C***
Anova								
CE	ns		ns		ns		ns	
Ca	ns		ns		ns		ns	
Interacción	ns		ns		ns		***	

L, Q, C, tendencia lineal, cuadrática y cúbica, respectivamente, ns; \*, \*\*, no significativo y significativo con  $P < 0.05$ , y  $0.001$ , respectivamente.

**Tabla 5. Potencial hídrico ( $\Psi_h$ ) en hojas jóvenes y maduras y fotosíntesis de lisianthus en función de la concentración de Calcio (Ca) y la conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva.**

CE $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$	$\Psi_h$ hojas maduras MPa		$\Psi_h$ hojas jóvenes MPa		Fotosíntesis $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}$	
	Ca $\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$					
	9	13	9	13	9	13
2.5	-1.37	-0.87	-0.71	-1.23	11.5	12.2
4	-0.78	-0.91	-0.68	-0.36	10.1	9.4
6	-0.51	-0.70	-0.66	0.86	10.6	11.4
8	-0.65	-0.97	-0.67	-0.83	12.4	12.0
Tendencia	L*	Q*	Q*	Q*	Q*	C*
Anova						
CE	ns		ns		ns	
Ca	ns		ns		ns	
Interacción	ns		ns		ns	

**L, Q, C, tendencia lineal, cuadrática y cúbica, respectivamente, ns; \*, \*\*\*, no significativo y significativo con  $P < 0.05$ , y  $0.001$ , respectivamente.**

La concentración de N, K, Ca y Mg en la parte aérea fue afectada por la CE de la solución nutritiva, en tanto que la concentración de P fue afectada por la interacción entre la CE y la concentración de Ca (Tabla 6). En plantas tratadas con soluciones de  $9 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$  de Ca, el N, P y Mg mostraron una tendencia similar ya que la concentración de estos nutrimentos se eleva al aumentar la CE hasta  $4$  o  $6 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , pero niveles más elevados estuvieron asociados con una reducción. En contraste, el K y Ca disminuyeron conforme se elevó la CE, aunque la concentración de K se recuperó con la mayor CE de la solución nutritiva.

En plantas tratadas con soluciones de  $13 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$  de Ca, el N, P y Mg nuevamente mostraron una tendencia similar pero en este caso disminuyeron al elevarse la CE hasta  $6 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ; con una mayor CE la concentración de estos nutrimentos se recuperó parcial o totalmente en comparación con las plantas irrigadas con soluciones de  $2.5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ .

Con respecto al K y Ca, la concentración de estos nutrimentos tiende a aumentar cuando se eleva la CE hasta  $4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , pero con  $6 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  se detectó una reducción que es posteriormente recuperada parcialmente en plantas crecidas con soluciones de  $8 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ .

**Tabla 6. Contenido de macronutrientes ( $\text{mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) en parte aérea de *lisanthus* en función de la concentración de Calcio (Ca) y la conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva.**

CE $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio	
	Ca $\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$									
	9	13	9	13	9	13	9	13	9	13
2.5	1232	1669	50	53	492	398	38	32	151	164
4	1383	1367	70	46	447	484	32	35	181	137
6	1359	813	57	43	380	314	28	24	159	112
8	1258	1291	46	61	450	366	28	25	147	157
Tendencia	Q*	Q*	Q*	Q*	Q*	C*	L*	Q*	Q*	Q*
Anova										
CE	**		ns		***		*		*	
Ca	ns		ns		ns		ns		ns	
Interacción	ns		*		ns		ns		ns	

**L, Q, C, tendencia lineal, cuadrática y cúbica, respectivamente, ns; \*, \*\*, \*\*\*, no significativo y significativo con  $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ , respectivamente.**

## 7. DISCUSIÓN

Se ha reportado que el principal efecto de la salinidad incluye un retraso del crecimiento de las plantas a través de su influencia sobre varios procesos fisiológicos (Perés *et al.*, 2008).

En el presente estudio, se observó una disminución en el peso seco de todos los órganos al elevarse la CE de la solución, lo que sugiere que esta especie no es tolerante a la salinidad. Sin embargo, cuando las plantas fueron sometidas a niveles altos de CE se presentó una recuperación en la acumulación de biomasa si las soluciones nutritivas fueron suplementadas con un aumento en la concentración de Ca, sugiriendo que el suministro externo de este nutriente puede disminuir el efecto producido por el estrés salino.

La tolerancia al estrés impartida por el Ca se ha asociado a un aumento temporal en la concentración de Ca intracelular cuando las plantas son sometidas a condiciones de estrés biótico o abiótico, el cual actúa como mensajero secundario en la generación de respuestas adaptativas para contrarrestar el estrés (Batistič y Kudla, 2010).

El efecto del Ca en la restauración de la acumulación de biomasa en condiciones de alta CE no estuvo asociado con la tasa de fotosíntesis o transpiración así como tampoco con la conductancia estomática. Sin embargo, las plantas de *lisianthus* mostraron que al menos fisiológicamente si muestran respuestas adaptativas a la alta salinidad ya que, independientemente de la concentración de Ca en la solución nutritiva, la tasa de fotosíntesis no es afectada al aumentase la CE.

El mantenimiento de una tasa de fotosíntesis estable ocurrió a pesar de la disminución de los pigmentos fotosintéticos, lo cual coincide con lo reportado por Argentel *et al.* (2006), quienes señalan que la salinidad afecta la concentración de clorofila debido a la destrucción de los cloroplastos y al aumento en la actividad de la clorofilasa, por lo que los carotenoides son menos afectados. Sin embargo, en el presente estudio, la adición de Ca suplementario si sostuvo un efecto benéfico ya que la concentración de clorofilas a, b y total, así como de carotenoides, superaron a la obtenida por plantas con menos Ca en la solución nutritiva en condiciones de alta CE, presentándose incluso una recuperación en la concentración de tales pigmentos con altos niveles de CE. Xu *et al.* (2013) reportan que en *Zoysia* se presentó un incremento en la concentración de pigmentos fotosintéticos y en la tasa de fotosíntesis en plantas suplementadas con Ca bajo condiciones de estrés hídrico, así como Wan *et al.* (2011) lo reportan en plantas de *Brassica nappus* sometidas a estrés por exceso de cadmio.

Debido al efecto osmótico de una alta salinidad la absorción de agua por parte de las raíces se dificulta (Munns y Tester, 2008), lo cual se refleja en una alteración de las relaciones hídricas de la planta. La disminución en el CRA detectado en hojas jóvenes de *lisianthus* al elevarse la CE coincide con resultados en maíz reportados por Kolova *et al.* (2010); sin embargo, en el presente estudio, la disminución en el CRA fue contrarrestada por la adición de Ca suplementario.

El mantenimiento de un alto CRA en hojas jóvenes de plantas en condiciones de alta CE (6 y 8 dS·m<sup>-1</sup>) estuvo relacionado con la acumulación de una mayor biomasa por parte de las plantas tratadas con Ca suplementario, lo cual a su vez estuvo relacionado con un mayor  $\Psi_h$  de tales hojas. El mayor CRA y  $\Psi_h$  en plantas estresadas con alta salinidad cuando fueron suplementadas con Ca adicional es un indicador de que el mantenimiento de la acumulación de biomasa estuvo relacionado con el mejor estado hídrico de las plantas. El mejor estado hídrico pudo ser causado por un aumento en la concentración de osmolitos (Bárcenas-Abogado *et al.*, 2002), como la prolina y glicinbetaina (Kolova *et al.*, 2010), o bien al papel del Ca en el transporte de agua ya que este afecta la conductancia hidráulica en raíces de plantas sometidas a altas concentraciones de sales (Azaizeh *et al.*, 1991). La menor tasa de transpiración y la reducida conductancia de las hojas detectada en el presente estudio al elevarse la CE de las soluciones

nutritivas permiten también una mejoría en el estado hídrico de las plantas al reducirse la pérdida de agua.

Valdez-Aguilar *et al.* (2011) mencionan que el estrés por salinidad causa una reducción en la acumulación de K en varias especies ornamentales de jardín, lo cual es debido a la competencia con el Na, un ion frecuentemente encontrado en agua con alta salinidad. La concentración de Ca en los tejidos de plantas bajo condiciones de alta salinidad a su vez es disminuida debido al desplazamiento causado por el exceso de Na (Cramer *et al.*, 1985). Rengel (1992) menciona que la adición de Ca suplementario en plantas bajo estrés salino puede reducir marcadamente la absorción de iones tóxicos como el Na y el Cl, e incrementar la absorción de K y Ca, coadyuvando a contrarrestar los efectos adversos provocados por la salinidad. En general, en el presente estudio no se detectó que la adición de Ca suplementario haya aumentado la extracción y acumulación de nutrimentos en los tejidos; sin embargo, cuando las plantas fueron sometidas al nivel más alto de CE ( $8 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ) y se les aplicó una dosis adicional de Ca si se observó un recuperación de la concentración de N, P, K, y Mg, llegando incluso a ser comparable o mayor al de las plantas irrigadas con soluciones de CE normal. Lo anterior permite suponer que aunque el Ca suplementario no eleva la concentración de Ca en los tejidos vegetales, este pudiese estar manteniendo la integridad de las membranas celulares, lo que resulta en una mejoría en la absorción nutrimental.

## **8. CONCLUSIONES**

Lisianthus es una especie tolerante a niveles altos de salinidad en el agua de riego solo si se adicionan cantidades suplementarias de Ca en la solución nutritiva. La tolerancia a la salinidad impartida por el Ca estuvo relacionada con un mejor estado hídrico de las plantas, una mejora en la concentración de pigmentos fotosintéticos, así como con una recuperación en la concentración de nutrimentos como el N, P, K y Mg.

## 9. LITERATURA CITADA

- Abdul, C., Riadh, K., Gopi, R., Manivannan, P., Jallali, I., Jasim, H., Chang-Xing, Z. Hong-Bo, S., Panneerselvam, R. 2009. Antioxidant defense responses: physiological plasticity in higher plants under abiotic constraints. *Acta Physiol. Plant.* 31:427-436.
- Alcántar, G.G., y Sandoval, V. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. México. 156 pp.
- Alves da Costa, P., Dias de Azevedo- Neto, A., Alves-Bezerra, M., Prisco, J., Gomes-Filho, E. 2005. Antioxidant-enzymatic system of two *Sorghum* genotypes differing in salt tolerance. *Braz. J. Plant Physiol.* 17: 353-361.
- Argente, L., González, L. M., Ávila, C. y Aguilar, R. 2006. Comportamiento del contenido relativo de agua y la concentración de pigmentos fotosintéticos de variedades de trigos cultivadas en condiciones de salinidad. *Cultivos Tropicales.* 27:49-53.
- Armitage, A. 1993. Speciality cut flowers. USA. Timber Press. 371p.
- Azaizah, H. y Steudle, E. 1991. Effects of salinity on water transport of excised maize (*Zea mays L.*) roots. *Plant. Physiology.* 97:1136-1145.
- Barbosa, J. G., Kampf, A. N., Martinez, H. E. P., Koller, O. C., Bohnen, H. 2000. Chrysanthemum cultivation in expanded clay. I. Effect of the nitrogen phosphorous-potassium ratio in the nutrient solution. *Journal of Plant Nutrition.* 23(9):1327-1336.

- Bárcenas-Abogado, P., Tijerina-Chávez, L., Martínez-Garza, A., Becerril-Román, R., Larqué-Saavedra, A., y Colinas de León, M.T. 2002. Respuesta de tres materiales del genero *Hylocereus* a la salinidad sulfatico-clorhidrica. Terra. 20:123-127.
- Bartels, D. y Sunkar, R. 2005. Drought and salt tolerance in plants. Plant. Science. 24: 23-58.
- Batistič, O. and Kudla, J. 2010. Calcium: not just another ion. En: R.H. Hell, R.-R. Mendel (Eds.) Cell Biology of Metals and Nutrients. Plant Cell Monographs. 17: 17-54.
- Bayuelo-Jimenez, J. S., Debouck, D. G., y Lynch, J. P. 2002. Salinity tolerance in *Phaseolus* species during early vegetative growth. Crop. Science. 42:2184-2192.
- Carrasco, R. 2004. Salinidad: homeostasis iónica y acuaporinas. idesia. 22,2:61-18.
- Carvajal, M., Martínez-Ballesta, M., Martínez, V. 2000. The response of plants to salinity involves root water channels. Hohmann and Nielsen, Kluwer Academic Plenum Publishers, NewYork, p. 261-267.
- Cramer, G.R., Lauchli, A., y Polito, V.S. 1985. Displacement of Ca<sup>2+</sup> by Na<sup>+</sup> from the plasmalemma of cells. A primary response to salt stress? Plant. Physiology. 79:207-211.
- Croft, B. y Nelson, J. 1998. *Eustoma* (lisianthus). In: Ball, V. Ed. Ball Redbook. 16 th. Edition. Batavia. Ball Publishing. pp. 509- 512.
- Dodd, K., Guppy, C., Lockwood, P., Rochester, I. 2010. The effect of sodicity on cotton: plant response to solutions containing high sodium concentration. Plant. Soil. 330:239-249.
- Flores, A. 1993. Salinidad un nuevo concepto. Seminario Cuba – México. La Habana, 12 pp. (Mimeografiado).

- García, M. y Jáuregui, D. 2008. Efecto de salinización con NaCl o Na<sup>2</sup>SO<sub>4</sub> sobre la anatomía foliar en dos genotipos de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) con tolerancia salina diferencial. *Ernstia*. 18(1):89-105.
- Gueta-Dahan, Y., Yaniv, Z., Zilinskas, B., Ben-Hayyim, B. 1997. Salt and oxidative stress: similar and specific responses and their relation to salt tolerance in citrus. *Plant*. 203: 460-469.
- Halevy, A.H. y Kofranek, A.M. 1884. Evaluation of Lisianthus as a new flower crop. *Hort Science* 19(6):845-847.
- Harbaugh, B., 1992. Rosetting of Lisianthus cultivars exposed to high temperature. *Hort Science* 27(8): 885-887.
- Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Zhu, J.K., and Bohnert, H.J. 2000. Plant cellular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 51:463-499.
- Jeffrey, S.W. and Humphrey, G.F. 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophyll a, b c<sub>1</sub> and c<sub>2</sub> in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem Physiol. Pflanz*. 167:191-194.
- Kholova, J., Sairam, R.K., and Meena, R.C. 2010. Osmolytes and metal ions accumulation, oxidative stress and antioxidant enzymes activity as determinants of salinity stress tolerance in maize genotypes. *Acta Physiologiae Plantarum*. 32:477-486.
- Kiamohammadi, M. 2011. The effects of different floral preservative solutions on vase life of lisianthus cut flowers. *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*. 1:115-122.
- La Haye, P. and Epstein, E. 1969. Salt toleration by plants: enhancement with calcium *Science* 166,395-396.
- Larcher, W. 2003. *Physiological plant ecology; Ecophysiology and stress physiology of functional groups*. Fourth edition. Springer. 513 p.
- Lazara, O., Alden, F., Vicente, G., Roberto, M., Inalvis, S., Martha, L., Mirna, V., Marianela, C. y Luis, R. 2007. Caracterización y evaluación de la salinidad. Ministerio de agricultura, CENDA, Cuba.

- Leidi, E. O. y Pardo, J. M. 2002. Tolerancia de los cultivos al estrés salino. *Revista de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias*. 2(2):2-10.
- Maas, E. 1990. Crop salt tolerance. En Tanji K (Ed.) *Agricultural Salinity Assessment and Management*. American Society of Civil Engineers. Nueva York, EEUU. pp. 262-304.
- Marschner H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. Ed. Academic Press. Limited, London. 889 pp.
- Melgares de Aguilar, J. 1996. El cultivo del *Lisianthus*. Primera parte. *Horticultura* 113:13-16.
- Mengel, K. y Kirkby, E. 2000. *Principios de nutrición vegetal*. Traducción al español de la 4ª edición (1987). Internacional Potash Institute. Basel, Switzerland. 692 p.
- Michael, S. 2000. Recomendaciones para el mantenimiento de calidad poscosecha de flores. Editorial Acribia 112p.
- Munns, R. y Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review in Plant. Biology*. 59:651-681.
- Navarro, B. y Navarro, G. 2003. *Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. Segunda edición. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 487 p.
- NMX-AA-093-SCFI-2000. Análisis de agua - determinación de la conductividad electrolítica - método de prueba (CANCELA A LA NMX-AA-093-1984).
- Núñez, M., Mazorra, L., Martínez, L., González, M., y Robaina, C. 2007. Análogos de *Brasinoesteroides* revierten parcialmente el impacto del estrés salino en el crecimiento inicial de las plántulas de dos genotipos de arroz (*Oryza sativa L.*). *Cultivos Tropicales*. 28(2):95-99.
- Oliveira, M., Menezes, A., Farias, M., Orellana, E., Silva, M., y Fernandes, D. 2001. Salt modulation of vacuolar H<sup>+</sup>/ATPase and H<sup>+</sup>-Pirophosphatase activities in *Vigna unguiculata*. *Journal of Plant Physiology*. 158:545- 551.

- Perés, J., Arizaleta, M., y García, G. 2008. Efectos de los niveles de salinidad sobre la densidad estomática, índice estomático y el grosor foliar de la planta de *Carica papaya* L. *Acta Botánica Venezuelica*. 31:27-34.
- Pérez-Arias G.A., Alia-Tejacal, I., Valdez-Aguilar L.A., López M.V., Tapia D.A., Alvear-García A., y Acosta-Durán, C.M. 2007. Cultivo en Maceta de Lisiantus (*Eustoma grandiflorum*). *Investigación. Agropecuaria*. 4:61-70.
- Pio, A., Martinez, C., y Mosquim, P. 2001. Características Fisiológicas de porta-enxertos de videira em saluça salina, *Science. Agric.* 58(1):139-143.
- Pitman, M. and Läuchli, A. 2002. Global impacts of salinity and agricultural ecosystems. En Läuchli A, Lüttge U (Eds.) *Salinity: Environment - Plant - Molecules*. Kluwer. Alphen aan den Rijn, Netherlands. pp. 3-20.
- Razi, I. M., and Ahmad, R. 1997. Differential growth and yield responses of tomato plants grown in different solution concentrations using nutrient film technique and sand culture. *Acta Horticulturae* 450:449-455.
- Reed, D. W. 1996. *Grower's Guide to Water, Media and Nutrition for Greenhouse Crops*. BaYÝ Publishing. Batavia, Illinois. USA. 290 p.
- Reid, M. S. 2009. The commercial storage of fruit, vegetables and florist and nursery stocks, *USDA handbook* 66:36.
- Reist, A. 1989. *Culture of Lisianthus*. 71p. SALISBURY, F., ROSS, C. 2000. *Fisiología de las plantas*. Segunda edición. 785p.
- Rengel, Z. 1992. The role of calcium in salt toxicity. *Plant, Cell and Environment*. 15:625-632.
- Sairam, R. and Tyagi, A. 2004. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Curr. Sci.* 86:407-421.

- Samperio, G. R. 1999. Hidroponia Comercial. Editorial Diana. D. F., México. 172 p.
- Schröder, F. G., Schwarz, D., and Kuchenbuch, R. 1995. Input versus output of nitrogen and potassium in closed circulating systems. *Acta Horticulturae*. 396:137-141.
- Schwarz, D., and Kuchenbuch, R. 1997. Growth analysis of tomato in a closed recirculating system in relation to the EC-value of the nutrient solution. *Acta Horticulturae* 450: 169-176.
- Schwarz, M. 1995. Soiless Culture Management. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Germany. 197 p.
- Shalata, A. and Tal M. 1998. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in the leaf of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative. *Lycopersicon pennelii*. *Physiol. Plant*. 104:169-174.
- Sherman, A., Sherman, S. J., y Russikoff, L. 2001. Conceptos Básicos de Química. Compañía Editorial Continental, S. A. de C. V. D. F., México. pp. 348-352.
- Silveira, J., Lima, J., Cavalcanti, F., Maia, J., and Viégas, R. 2005. Salt induced oxidative response in plants: damage or protection? (Eds.) *Estresses Ambientais: Danos e Benefícios em Plantas*. MXM Gráfica. Recife, Brasil. pp. 106-117.
- Soil improvement committee California plant health association–siccpa. 2004. manual de fertilizantes para cultivos de alto rendimiento. Noriega editores. México. 366 p.
- Steiner, A. 1968. Soiless culture. Proceedings of the 6th Colloquium of the International Potash Institute. pp. 324-341. Florence, Italy.
- Szabolcs, I. 1994. Soils and salinisation. In *Handbook of Plant and Crop Stress* (ed. M. Pessarakali), pp. 3–11. Marcel Dekker, New York.
- Tüzel, I. H., Irget, M. E., Gül, A., Tuncay, Ö., and Eltez, R. Z. 1999. Soiless culture of cucumber in glasshouses: II. A comparison of open and closed systems on water and nutrient consumption. *Acta Horticulturae* 486: 395-400.

- Uozumi, N., Kim, J., Rubio, F., Yamaguchi, T., Muto, S., Tsuboi, A., Bakker, E., Nakamura, T., and Schroeder, I. 2000. The *Arabidopsis* HKT1 gene homolog mediates inward Na<sup>+</sup> currents in *Xenopus laevis* oocytes and Na<sup>+</sup> uptake in *Saccharomyces cerevisiae*. *Plant Physiol* 122:1249-1259.
- Valdez-Aguilar, L.A., Grieve, C.M., and Poss, J. 2013. Response of *lisianthus* to salinity: plant growth. *Journal of Plant Nutrition* 36:1605-1614.
- Valdez-Aguilar, L.A., Grieve, C.M., Mahar, A.R., McGiffen, M.E., and Merhaut, D.J. 2011. Growth and ion distribution is affected by irrigation with saline water in selected landscape species grown in two consecutive growing seasons: spring–summer and fall–winter. *HortScience*. 46:632-642.
- Wan, G., Najeeb, U., Jilani, G., Naeem, M.S., and Zhou, W.. 2011. Calcium invigorates the cadmium-stressed *Brassica napus* L. plants by strengthening their photosynthetic system. *Environmental Science Pollution Research* 18:1478–1486.
- Wang, B., Lüttge, U., y Ratajczak, R. 2001. Effects of salt treatment and osmotic stress on V-ATPase and V-PPase in leaves of the halophyte *Suaeda salsa*. *Journal of Experimental Botany*; 52:365, 2335-2365.
- Willadino, L. y Cámara, T. 2005. Aspectos fisiológicos de estrese salino en plantas. MXM Gráfica e editora. Recife, Brazil. pp. 127-137.
- Xu, C., Li, X., and Zhang, L. 2013. The effect of calcium chloride on growth, photosynthesis, and antioxidant responses of *Zoysia japonica* under drought conditions. *PLoS ONE* 8:e68214. doi:10.1371/journal.pone.0068214.
- Zamudio-Gonzales, B., López-Pérez, L., Alcántara-González, G., González-Eguiarte, D.R., Ruiz- Corrales, J.A., y Castellanos, J.Z. 2004. Delimitación de áreas salinas en el distrito de riego de Caborca, Sonora, México. *ÍDEM*. 22(1):91-97.

Zhao, G., Ma, B., and Ren, C. 2007. Growth, gas exchange, chlorophyll fluorescence, and ion content of naked oat in response to salinity. *Crop Sci.* 47: 123-131.