



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO®

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CONKAL

**PRODUCCIÓN DE LISIANTHUS [*Eustoma grandiflorum*  
(RAF.) SHINN.] CON NUTRICIÓN MINERAL Y ÁCIDO  
SALICÍLICO**

**TESIS**

Que presenta:

**Isabela Pérez Méndez**

Como requisito parcial para obtener el grado de:

**Maestra en Ciencias en Horticultura Tropical**

Director de tesis:

**Dr. Eduardo Villanueva Couoh**

Conkal, Yucatán, México

Junio, 2021



**TecNM**



Conkal, Yucatán, México a 16 de junio de 2021.

El comité de tesis del candidato a grado: Isabela Pérez Méndez, constituido por los CC. Dr. Eduardo Villanueva Couch, Dr. Jairo Cristóbal Alejo y Dr. Luis Leonardo Pinzón López, habiéndose reunido con el fin de evaluar el contenido teórico-metodológico y de verificar la estructura y formato de la tesis titulada: **Producción de lisianthus [*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.] con ácido salicílico y nutrición mineral**, que presenta como requisito parcial para obtener el grado de Maestra en Ciencias en Horticultura Tropical, según lo establece el Capítulo 2, inciso 2.13.3, de los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, dictaminaron su aprobación para que pueda ser presentada en el examen de grado correspondiente.

**ATENTAMENTE**

---

Dr. Eduardo Villanueva Couch

Director de Tesis

---

Dr. Jairo Cristóbal Alejo  
Asesor de Tesis

---

Luis L. Pinzón López  
Asesor de Tesis

Conkal, Yucatán 16 de junio de 2021.

## DECLARATORIA DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en las secciones de materiales y métodos, resultados y discusión de este documento, es producto del trabajo de investigación realizado durante mi estudio de posgrado y con base en los términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial le pertenece patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Conkal. En virtud de lo manifestado reconozco que los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que se deriven de lo correspondiente a dicha información son propiedad de la citada institución educativa.



---

Isabela Pérez Méndez

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el financiamiento otorgado para realizar mis estudios de postgrado.

Al Tecnológico Nacional de México Campus Conkal y a la División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI) por darme la oportunidad de cursar mis estudios.

Al Dr. Eduardo Villanueva Couoh por compartir su conocimiento y experiencia, para realizar esta investigación, pero sobre todo por su amistad y paciencia porque en todo momento supo darme palabras de aliento cuando lo requería. Por ser mi guía y mejor ejemplo en el camino de la ciencia.

Al Dr. Jairo Cristóbal Alejo por sus consejos, observaciones siempre asertivas, su disponibilidad de apoyo y corrección de la tesis.

Al Dr. Luis L. Pinzón López por sus sugerencias, observaciones y su valiosa contribución para realizar la tesis.

Al Dr. Carlos Juan Alvarado por su apoyo y contribución para poder realizar análisis de laboratorio en este trabajo de investigación.

A mis profesores de la Maestría en Ciencias en Horticultura Tropical, Dr. Arturo Reyes, Dr. Horacio S. Ballina G., Dr. Esaú Ruiz Sánchez, Dr. José M. Tun Suárez por sus enseñanzas y contribuir en mi formación académica y profesional.

A mis amigos y compañeros Georgina, Mauricio, Zaci, Monserrat, Elsy, Shirley, Emanuel, María, José Escareño, Harumi por compartir conmigo los mejores momentos de alegría y apoyarme en esta etapa profesional y personal. A Alecsis Padrón Chan por brindarme su amistad, compañía, consejos y apoyarme en todo momento para poder realizar mi trabajo.

## **DEDICATORIA**

Dedicado con amor a mis padres Nicolás Pérez Arcos (†) y Bárbara Méndez Torres por siempre estar presente en mi vida y ser mi inspiración para ser mejor cada día.

Con amor a mi esposo José Puc por ser mi compañero de aventura en esta vida, apoyarme siempre y estar a mi lado durante estos años.

A mi hijo Nicolás porque su amor, alegría y su sonrisa de todos los días me impulsa para dar mi mayor esfuerzo y ser un ejemplo para él.

A mis hermanos, en especial a Mica y a mi sobrino Cristofer por contar con su apoyo y cariño.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

HOJAS DE FIRMAS.....	ii
DECLARATORIA DE PROPIEDAD.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIA.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
I. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	3
1.2.1 Lisianthus [ <i>Eustoma grandiflorum</i> (Raf.) Shinn.].....	3
1.2.2 Características morfológicas.....	3
1.2.3 Requerimientos edafoclimáticos.....	4
1.2.4 Requerimientos nutricionales de lisianthus.....	5
1.2.5 Importancia económica.....	6
1.2.6 Reguladores de crecimiento.....	6
1.2.7 Biosíntesis y metabolismo de ácido salicílico.....	6
1.2.8 Papel del ácido salicílico en las plantas.....	7

1.2.9 Efecto del ácido salicílico en la floración .....	8
1.3 HIPÓTESIS .....	9
1.4 OBJETIVOS .....	10
1.4.1 Objetivo general .....	10
1.4.2 Objetivos específicos .....	10
1.5 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL .....	11
1.6 LITERATURA CITADA .....	12
II. CAPÍTULO 2. PRODUCCIÓN DE LISIANTHUS [ <i>Eustoma grandiflorum</i> (RAF.) SHINN] CON NUTRICIÓN MINERAL Y ÁCIDO SALICÍLICO .....	17
2.1 RESUMEN .....	17

## RESUMEN

Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* [Raf.] Shinn.) es una planta ornamental importante que es considerada entre las diez flores mejores de corte del mundo. El manejo de la nutrición y el uso de reguladores de crecimiento como el ácido salicílico (AS) tiene impacto en la producción y calidad de flores. El objetivo fue de evaluar el efecto del ácido salicílico y fertirriego con la solución nutritiva de Steiner en la producción de *Eustoma grandiflorum* cv. Mariachi Blue, bajo condiciones de invernadero. Se aplicaron en follaje AS  $10^{-6}$ ,  $10^{-8}$  y  $10^{-10}$  M de AS y agua destilada como testigo y fertirriego con la solución de Steiner 50, 75, 100% y un testigo con agua. Los resultados mostraron que el AS en todas sus dosis, incrementaron de 12 al 30% de altura, el área foliar, peso y volumen de la raíz, peso de materia fresca y seca, tasa fotosintética y tasa transpiratoria. Incrementaron número de flores, botones florales y el diámetro de la flor de 10 al 11%. Específicamente los niveles de AS  $10^{-8}$  y  $10^{-10}$  M indujeron precocidad en floración. Las plantas con AS  $10^{-6}$  y  $10^{-8}$  M presentaron mayor contenido de  $N^+$ ,  $P^{3+}$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  y  $S^{2+}$ . Las plantas tratadas con la solución Steiner presentaron diferencias significativas en la altura, diámetro basal, área foliar, peso de materia seca y fresca en lisianthus, tamaño de la flor, número de botones florales, U. SPAD, tasa fotosintética y transpiratoria, siendo mayores que el testigo y similares entre las tres concentraciones. La solución de Steiner 100% presentó la mayor cantidad en  $N^+$ ,  $P^{3+}$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  y  $S^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Mn^{4+}$  y  $Cu^{2+}$ . La aplicación de AS constituye una técnica valiosa para estimular crecimiento y calidad de *E. grandiflorum*. Las plantas fertirrigadas con la solución Steiner diluidas al 50% dio como resultado una solución óptima dado que no mostró diferencias significativas respecto a las concentraciones 75 y 100%.

**Palabras clave:** *Eustoma grandiflorum*, ácido salicílico, floración, solución nutritiva.



## ABSTRACT

Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.) is an important ornamental plant that is ranked among the top ten cut flowers in the world for its elegant and bright flowers. Nutritional management and the use of growth regulators such as salicylic acid (SA) in particular in plants have an impact on the production and quality of flower stems. In order to evaluate the effect of foliar application of salicylic acid and concentrations of Steiner's nutrient solution on the production of *Eustoma grandiflorum* cv. Mariachi Blue under greenhouse conditions. AS  $10^{-6}$ ,  $10^{-8}$  and  $10^{-10}$  M and a control with distilled water and fertigation with Steiner's solution 50, 75, 100 % and a control with water were applied foliarly. The levels of SA applied increased height by 12 to 30 %, showed significant differences in leaf area, root weight and volume, fresh and dry matter weight, photosynthetic rate and transpiration rate. The number of flowers, buds and flower diameter increased by 10 to 11 %. The SA  $10^{-8}$  and  $10^{-10}$  M levels induced precocity in flowering. The AS  $10^{-6}$  and  $10^{-8}$  M treatments had higher  $N^+$ ,  $P^{3+}$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  and  $S^{2+}$  contents. The concentrations of Steiner solution showed significant differences in height, stem diameter, leaf area, plant fresh and dry matter weight, flower diameter, number of buds, U. SPAD, photosynthetic and transpiration rate, being higher than the control and similar among the three concentrations. The 100% Steiner solution presented the highest amount of  $+$ ,  $P^{3+}$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $S^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Mn^{4+}$  and  $Cu^{2+}$ . In conclusion, the application of AS is a valuable technique to stimulate growth and quality of *E. grandiflorum*. Plants irrigated with the Steiner solution diluted to 50 % resulted in an optimal solution since it showed no significant differences with respect to the 75 and 100 % concentrations.

**Index words:** *Eustoma grandiflorum*, salicylic acid, flowering, nutrient solution.

# I. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

## 1.1 INTRODUCCIÓN

La comercialización de las flores desde hace años va en aumento en todo el mundo. Con el incremento de la exportación y el valor de las flores de corte, su producción se ha expandido en muchos lugares del mundo, como ejemplo está México. La producción de flores de corte y follajes pueden ser rentables en países con ambientes de producción ideales y bajos costos de mano de obra (Reid, 2009).

*Eustoma grandiflorum* es una planta ornamental importante considerada entre las diez mejores flores de corte del mundo por características: flores elegantes y brillantes, colores pastel y una vida larga post-cosecha (Bertoldo *et al.*, 2014; Xiao *et al.*, 2018).

En los Estados Unidos de América a principios de los años 80 la planta se conocía como *Lisianthus russellianus* cuando se incluyó por primera vez en la lista de catálogos de semillas. Fue sólo un corto tiempo antes de que su nombre fuera reconocido como *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. (Harbaugh, 2007).

El nombre genérico *Eustoma* deriva de las palabras griegas *Eu* (hermoso, bueno, bien) y de *estoma* (boca), el nombre de la especie “*grandiflorum*” se refiere a las flores grandes (Jamal *et al.*, 2013).

En 1933 Japón empezó a cultivar nuevas variedades. En Estados Unidos, su popularidad sigue creciendo no sólo como flor de corte, sino como plantas de jardinería y de maceta (Harbaugh, 2007). En México, se introdujeron variedades mejoradas a fines de la década de 1990 y su cultivo ha aumentado y expandido, convirtiéndose en una alternativa popular para los productores que han

aprovechado la creciente demanda de los consumidores de flor de corte de esta especie (Hernández *et al.*, 2016).

El lisianthus es uno de los cultivos hortícolas con mayor potencial productivo, sin embargo, no hay reportes en condiciones de clima tropical. El conocimiento de la nutrición, fertilización, así como el uso de reguladores de crecimiento son factores de importancia, debido al impacto que tiene en la producción y calidad de tallos de flores.

El ácido salicílico (AS) es un compuesto aromático reconocido como una hormona vegetal. El AS interviene en aspectos fisiológicos en el proceso de la fotosíntesis, crecimiento de las plantas, el metabolismo del nitrato, la síntesis de etileno, la producción de calor; regula la absorción y el metabolismo de algunos elementos minerales, mejora el crecimiento y desarrollo de plantas bajo estrés (Hayat y Ahmad, 2013; Handa *et al.*, 2017).

Algunos estudios indican que el uso del ácido salicílico afecta el contenido de clorofila y carotenoides, la ultra estructura de hojas y cloroplastos, actividades de enzimas fotosintéticas vía de reducción de carbono y cierre estomático (Rivas y Plasencia, 2011). La aplicación exógena puede influir en la termogénesis, reparación de daño en el ADN, el rendimiento en los frutos, la germinación de semillas, *etc.* (Dempsey y Klessig, 2017). Actualmente se ha demostrado que el AS está involucrado en el incremento de temperatura en las plantas (Raskin *et al.*, 1990), aumenta la biomasa en las plantas (Hayat *et al.*, 2005) y extiende la vida en florero en plantas de *Nicotiana plumbaginifolia* (Nisar *et al.*, 2021).

La fertilización química en interacción con los reguladores de crecimiento exógenas favorece el crecimiento de la raíz (Wang *et al.*, 2009), de manera que el crecimiento de las plantas de ornato depende de una buena nutrición para tener un buen crecimiento vegetativo y floración, es por ello que el manejo del cultivo sin suelo está ganando importancia, dado que es más fácil controlar las propiedades físicas y químicas que en el suelo. Se han realizado varios trabajos en

los que se evalúan concentraciones de la solución nutritiva y se han encontrado que el rendimiento y crecimiento es poco afectado por el uso de concentración de nutrientes menores a las recomendadas. Cuando las concentraciones son altas, el rendimiento puede disminuir por toxicidad (Salisbury y Ross, 1994). Por ejemplo Dufour y Guérin (2005) demostró que más del 60% de los nutrientes suministrados en los cultivos de *Anthurium andreanum* se perdieron por lixiviación.

Considerando la importancia y el auge que tiene el cultivo de lisianthus, en el presente trabajo se abordó estudios de nutrición y ácido salicílico en plantas de lisianthus en condiciones protegidas en el estado de Yucatán.

## **1.2 ANTECEDENTES**

### **1.2.1 Lisianthus [*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.]**

*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. es una planta de ornato que corresponde a la familia Gentianaceae. Su origen es de las regiones cálidas del sur de los Estados Unidos de América y el norte de México. (Shinners, 1957). Sus cultivares se suministran principalmente en forma de flor de corte (Kuronuma *et al.*, 2020).

Es una planta de día largo facultativo, la duración del día crítico para la floración es de 14 horas, ya que muestra una mayor calidad en las flores (Wang *et al.*, 2014; Zaccai y Edri, 2002).

### **1.2.2 Características morfológicas**

*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. son plantas herbáceas anuales, que crecen de 15-60 cm, hojas de color verde azulado ligeramente suculento y flores grandes en forma de embudo que

crecen en tallos largos y rectos. Son flores largas y con pétalos delicados de forma ovalada. Los cultivares modernos ofrecen una amplia gama de colores, púrpura, rosa, blanco y una variedad de bicolor. Los pétalos de las flores individuales son grandes y redondeado (Jamal *et al.*, 2013). La flor madura tiene un cáliz de cinco sépalos, una corola de cinco pétalos, cinco estambres unidos a la corola y un ovario unicelular con dos estigmas (Zaccai y Edri, 2002).

Al empezar la floración en *lisianthus*, normalmente, aparece un botón más desarrollado que los demás, que es eliminado tratando de uniformizar la floración y tener en el tallo de 2 a 3 flores abriendo al mismo tiempo (Domínguez, 2008).

### **1.2.3 Requerimientos edafoclimáticos**

El rango de pH óptimo recomendado, para asegurar un buen sistema en la raíz es de 6.7 (Harbaugh y Woltz, 1991). Cuando en el suelo el pH es <6.2, se presenta toxicidad de microelementos, limita el crecimiento, causa clorosis foliar y necrosis. El rango de temperatura ideal es de 15 a 25 °C, aunque puede soportar una mayor temperatura (Harbaugh *et al.*, 1992).

Uno de los problemas que limitan la producción de *Eustoma grandiflorum* es su floración estacional. Por naturaleza, es un cultivo anual de invierno y una planta de día largo, generalmente germina en otoño y florece en el siguiente verano, temperaturas cálidas en la etapa juvenil y temperaturas frías en la etapa de elongación del tallo parecen tener efectos inhibitorios sobre la iniciación floral en *E. grandiflorum* (Zaccai y Edri, 2002).

La transición floral está regulada por la temperatura, duración del día y la luz, se cree que esta capacidad de respuesta optimiza la aptitud ambiental de las plantas (Jing *et al.*, 2008).

#### 1.2.4 Requerimientos nutricionales de lisianthus

Las plantas de *Eustoma grandiflorum* requieren altos niveles de nutrientes, reportaron que las dosis de Nitrógeno 250 y 300 g m<sup>-3</sup> incorporadas en la fertirrigación, elevaron la tasa neta de fotosíntesis de 4,54 y 4,56 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> respectivamente. El incremento de la fotosíntesis se asoció al mayor consumo de CO<sub>2</sub> interno, aumento en la tasa de transpiración y conductancia estomática (Marchese *et al.*, 2005).

Lisianthus (var. Echo) tuvo un crecimiento lento a los 36 días después del trasplante y alcanzaron una altura de 90.5 cm a los 120 días de ciclo. La mayor demanda de nutrientes se presentó antes del periodo de floración, cuando ocurre la mayor absorción de nutrientes, por lo que se recomienda aplicar al menos el 50% de la cantidad total de fertilizante (Camargo *et al.*, 2004).

En hidroponía, con la solución nutritiva Johnson, 1957, las plantas de lisianthus tuvieron el mayor crecimiento en la altura de lisianthus, el área foliar total, lectura de unidades SPAD y peso seco en las plantas. Las plantas crecieron bien y sin ningún síntoma de deficiencia, en comparación con los tratamientos con deficiencias de nitrógeno, fosforo, potasio, calcio y magnesio (Chen *et al.*, 2018).

En cuatro cultivares de *Eustoma grandiflorum* en invernadero con la solución modificada de Hoagland que contenía 0, 100, 200 y 400 mg L<sup>-1</sup> de nitrógeno y 0, 75, 150 y 300 mg L<sup>-1</sup> de calcio y después de ocho semanas se reportaron que en lisianthus el aumento de las concentraciones de nitrógeno en la solución nutritiva disminuyó la altura del tallo y el número de flores, mientras que aumentó el número botones y clorofila; 150 ppm de calcio en la solución nutritiva, incrementó número de brotes y peso seco, así como el contenido de clorofila (Frett *et al.*, 1988).

### **1.2.5 Importancia económica**

El lisianthus es una planta ornamental que ha tomado importancia en países de Europa, Japón y Estados Unidos (Ecker *et al.*, 1994). El valor que se obtiene de la producción de lisianthus en las empresas neerlandesas FloraHolland y Plantion fue en 2012 de 41.5 millones de euros; mientras que en Estados Unidos el valor de las ventas de lisianthus también para el año 2012 fue de cerca de 3.2 millones de euros (Hanks, 2015).

Los principales sitios productores en México son Arteaga, Coahuila; Zacatepec, Morelos; Villa Guerrero, Estado de México; Tecamachalco, Puebla; y Guadalajara, Jalisco (SIAP, 2018).

### **1.2.6 Reguladores de crecimiento**

Los reguladores de crecimiento están clasificados como sustancias orgánicas de origen natural o sintético que intervienen en los procesos fisiológicos en concentraciones bajas. Los procesos en los que intervienen son en el crecimiento, desarrollo y diferenciación celular, aunque también pueden verse afectados otros procesos, como el movimiento estomático (Davies, 2010).

### **1.2.7 Biosíntesis y metabolismo de ácido salicílico**

El ácido salicílico regula el estrés biótico y abiótico. El AS se sintetiza en el corismato a través de la ruta isocorismato. La infección de las plantas por una amplia gama de patógenos da lugar a un aumento de los niveles de AS tanto en el lugar de la infección como en los tejidos distantes.

Muchos de los detalles de la señalización de AS no se han resuelto, incluyendo el mecanismo de percepción de AS. Sin embargo, está claro que la respuesta de AS depende del gen NONEXPRESOR DE PR (NPR1) (Santer *et al.*, 2009).

### **1.2.8 Papel del ácido salicílico en las plantas**

Hay evidencia que la concentración del ácido salicílico endógena incrementa en las células, órganos o planta completa cuando son sometidas al algún tipo de estrés biótico o abiótico. De igual manera la aplicación de ácido salicílico en las concentraciones idóneas induce la tolerancia al estrés en varias especies de plantas. También desempeña en la cascada de señalización que da lugar a las respuestas de adaptación de ambientes extremos como lo son: la expresión de los sistemas de control del daño oxidativo, así como la inducción de la resistencia sistémica adquirida en la patogénesis (Raskin *et al.*, 1992). También se ha señalado que el AS está involucrado en la regulación de temperatura en las plantas (Raskin *et al.*, 1990).

EL AS es uno de los principales reguladores de la fotosíntesis. Afecta positivamente el contenido de clorofila y carotenoides, ultraestructura de hojas y cloroplastos, actividades de enzimas fotosintéticas vía de reducción de carbono y cierre estomático (Rivas y Plasencia, 2011). El ácido salicílico también desempeña una función protectora en la integridad de la membrana y la regulación de iones, incluida la absorción de nutrientes minerales (Eraslan *et al.*, 2007). El ácido salicílico está involucrado en la regulación y la absorción de varios elementos, como son: Cu, Ca, Zn, P, Mn y Fe (Wang *et al.*, 2011).

En un estudio con ácido salicílico el en *Fragaria ananassa* Duch. Cv. Camarosa, aumentó significativamente el contenido de fósforo y calcio en el tejido vegetal (Aghaeifard *et al.*, 2016).



### 1.2.9 Efecto del ácido salicílico en la floración

La floración se basa en redes de señalización que integran señales endógenas y externas, las plantas normalmente florecen en una estación en particular, lo que refleja la duración del día y/o temperatura (Martínez *et al.*, 2004). El AS puede participar en el proceso de floración en las plantas. En un experimento realizado con áfidos que se alimentaron de partes vegetativas de plantas de *Xantium strumarum* y *Lemma gibba*, colectando miel del áfido, se observó que la sustancia inductora de floración correspondió al ácido salicílico (Raskin, 1992).

Por otra parte se sugiere que el ácido salicílico interviene en la regulación de la transición floral (Cleland y Ben Tal, 1982). El AS participa en la iniciación de la floración en lugar del desarrollo de flores y regula las transiciones florales bajo estrés (Martínez *et al.*, 2004).

Así, cuatro aplicaciones antes de la floración 0.00, 0.10, 0.50 y 1.00 mM AS *Lilium*, aumentó el diámetro basal, la longitud, el peso fresco del tallo, el área foliar, el número de botones y mayor vida en florero, con 0.50 mM (Abbasi *et al.*, 2020).

Aplicaciones de AS en el follaje en *Eustoma gradiflorum* Mirachi Grand White en cuatro concentraciones 0, 50, 100, 150 y 200 mg L<sup>-1</sup>, aumentó 4.5 días la vida en florero con 100 mg L<sup>-1</sup> (Bahrami *et al.*, 2013).

Aspersiones de soluciones acuosas de ácido salicílico en concentraciones de 1.0 μM a 0.1 nM sobre *Saintpaulia ionantha* Wendl cultivada en condiciones de invernadero, encontraron con 0.1 nM aumento en el número de hojas 16 a 19, el número de primordios de flores de 8 a 14, el diámetro de la roseta de 130 a 177 mm comparado con el testigo. Incrementó en un 75% la cantidad de flores. AS en cualquiera de las concentraciones probadas inducen la floración

temprana de 8 a 15 días en comparación con las plantas que se aplicó solamente agua (Martín-Mex *et al.*, 2005).

Exposiciones de estrés mediante condiciones de mala nutrición a *Pharbitis nil* var. Violet y Tendan, cuando se aplicó AS este efecto de falta de nutrientes se eliminó por completo con AS en  $10^{-4}$  M. Lo que sugiere que el AS participa en el estrés inducido, actúa como un regulador endógeno de la floración inducida por el estrés (Wada *et al.*, 2010).

La aplicación foliar de AS a plantas de petunia híbrida, cultivadas en condiciones protegidas. Se obtuvo resultados que indican que las soluciones de ácido salicílico aumentaron el número de flores de petunia híbrida. Las plantas tratadas con  $1 \mu\text{M}$  ó  $0.1 \text{ nM}$  respondieron positivamente en 33 y 37% comparado con el testigo. La concentración  $1 \text{ mM}$  aumentó significativamente el número de flores en 72% e indujo precocidad de floración seis días (Martín-Mex *et al.*, 2010).

La relación de la aplicación endógena de hormonas vegetales en *Eustoma* y su nutrición ha sido poco estudiada, es por ello que este trabajo se enfoca en la respuesta de la interacción de la ácido salicílico y nutrición con la solución de Steiner. El ciclo de cultivo en *lisianthus* es relativamente largo, el ácido salicílico puede ayudar a reducir estos problemas que se presentan en el cultivo, por lo que la precocidad en la floración impactaría significativamente a los productores.

### 1.3 HIPÓTESIS

La aplicación foliar de ácido salicílico  $10^{-8}$  M en la etapa vegetativa y la fertirrigación de la solución de Steiner en una concentración del 50%, induce precocidad en la floración, aumenta número y tamaño de las flores, favorece el crecimiento en *Eustoma grandiflorum*, la fotosíntesis neta y la dinámica nutrimental.

## **1.4 OBJETIVOS**

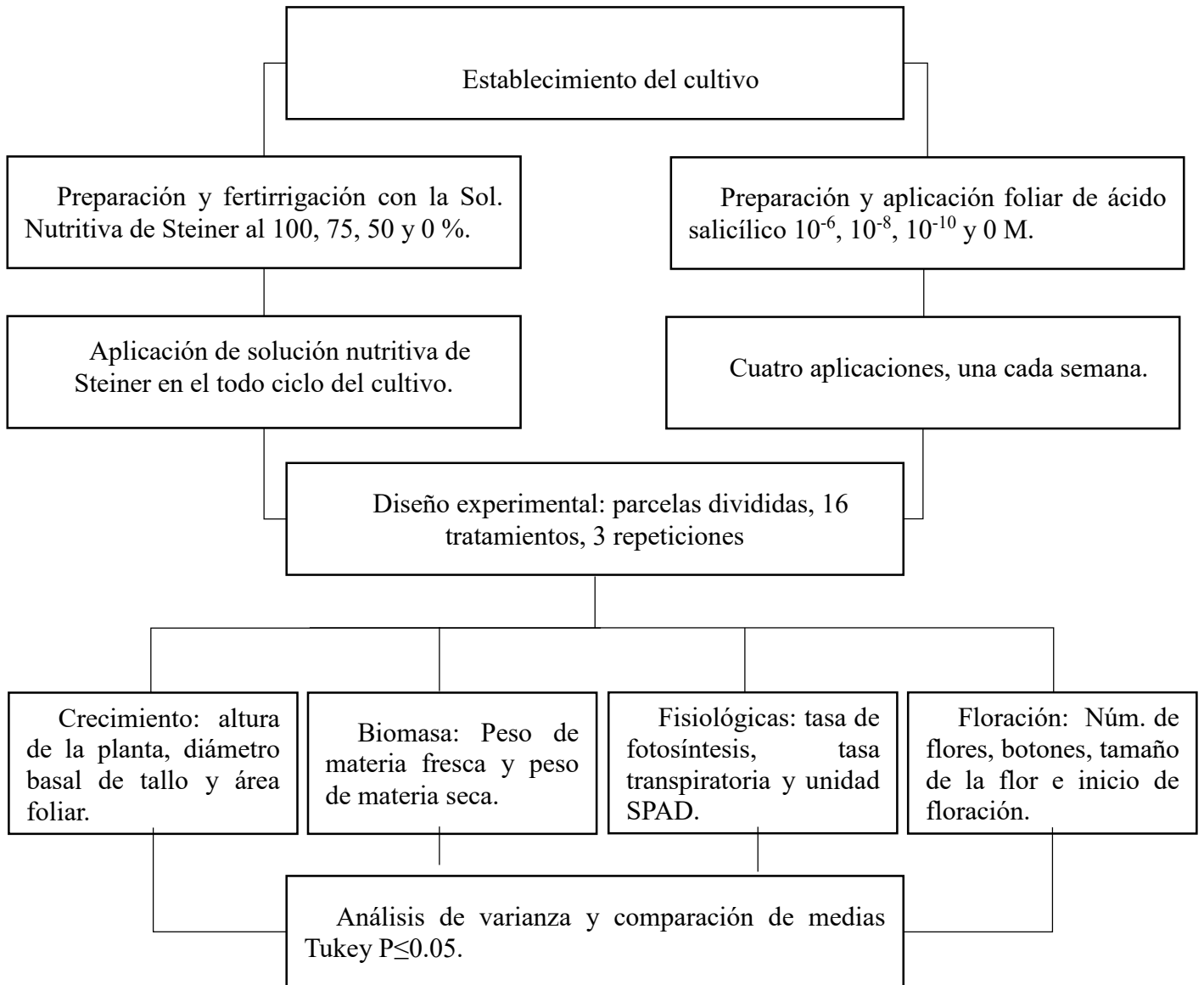
### **1.4.1 Objetivo general**

Evaluar los niveles de ácido salicílico y su interacción con las concentraciones de la solución nutritiva de Steiner, para mejorar la producción de lisianthus (*Eustoma grandiflorum*).

### **1.4.2 Objetivos específicos**

1. Obtener la interacción en los niveles de ácido salicílico y concentración de la solución nutritiva de Steiner que incremente la producción de flores en lisianthus.
2. Evaluar el efecto del ácido salicílico y solución nutritiva en el ciclo de cultivo de lisianthus en relación a la dinámica nutrimental.
3. Evaluar el efecto del AS y solución nutritiva con relación a parámetros fisiológicos en lisianthus.

## 1.5 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL



## 1.6 LITERATURA CITADA

- Abbasi, F. A. Khaleghi, A. Khadivi and M. Solgi. 2020. The effect of benzyladenine and salicylic acid on morphological and biochemical traits of asiatic hybrid Liliium 'Navona'. *Gesunde Pflanz.* 72:219–225.
- Aghaeifard, F., M. Babalar, E. Fallahi and A. Ahmadi. 2016. Influence of humic acid and salicylic acid on yield, fruit quality, and leaf mineral elements of strawberry (*Fragaria × Ananassa duch.*) cv Camarosa. *J. Plant Nutr.* 39:1821–1829.
- Bahrami, S. N., H. Zakizadeh, Y. Hamidoghli, and M. Ghasemnezhad. 2013. Salicylic acid retards petal senescence in cut lisianthus (*Eustoma grandiflorum* 'Miarichi Grand White') flowers. *Hortic. Environ. Biotechnol.* 54: 519-523.
- Bertoldo, C., G. Gilardi., D. Spadaro., L. Gullino M., A. Garibaldi. 2014. Genetic diversity and virulence of Italian strains of *Fusarium oxysporum*, isolated from *Eustoma grandiflorum*. *Eur. J. of Plant Pathol.* 141: 83-97.
- Camargo, M. S., L. K. Shimizu, M. A. Saito, C. H. Kameoka, S. C. Mello e Q. A. C. Carmello. 2004. Crescimento e absorção de nutrientes pelo Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) cultivado em solo. *Hortico. Bras.* 22:143-146.
- Chen, C.T., C. L. Lee, and D. M. Yeh. 2018. Effects of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, or magnesium deficiency on growth and photosynthesis of *Eustoma*. *HortScience* 53: 795–798.
- Cleland, C. F., and Y. Ben-Tal. 1982. Influence of giving salicylic acid for different time periods on flowering and growth in the long-ay plant *Lemna gibba* G3. *Plant Physiol.* 70:287–290.

- Davies, P. J. 2010. The Plant Hormones: their nature, occurrence, and functions. *In*: Davies P.J. (ed). Plant Hormones. Springer, Dordrecht. pp. 1-15.
- Dempsey, D. M. A. and D. F. Klessig. 2017. How does the multifaceted plant hormone salicylic acid combat disease in plants and are similar mechanisms utilized in humans? *BMC Biol.* 15:1-11.
- Domínguez R., A. 2008. Lisianthus: una especie con alto potencial. Consejo Mexicano de la Flor. Ornamentales. Primera parte 16: 24-25.
- Dufour, L. and V. Guérin. 2005. Nutrient solution effects on the development and yield of *Anthurium andreaeanum* Lind. in tropical soilless conditions. *Sci. Hortic.* 105:269-282.
- Ecker, R., A. Barzilay, and E. Osherenko. 1994. The genetic relations between length of time to germination and seed dormancy in lisianthus (*Eustoma grandiflorum*). *Euphytica* 80:125–128.
- Eraslan, F., A. Inal, A. Gunes, and M. Alpaslam. 2007. Impact of exogenous salicylic acid on the growth, antioxidant activity and hysiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. *Sci. Hortic.* 113:120–128.
- Frett, J. J., J. W. Kelly, B. K. Harbaugh, and M. Roh. 1988. Optimizing nitrogen and calcium nutrition of lisianthus. *Commun. Soil Sci. Plant Ana.* 19: 13–24.
- Handa, N., S. K. Kohli, R. Kaur, K. Khanna, P. Bakshi, A. K. Thukral... Mir and R. Bhardwaj. 2017. Emerging Trends in Physiological and Biochemical Responses of Salicylic Acid. *In*: Nazar R., N. Iqbal and N. A. Khan (eds.): Salicylic Acid: A Multifaceted Hormone. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 47-75 pp.
- Hanks, G. 2015. A review of production statistics for the cut-flower and foliage sector 2015 (parto f AHDB Horticulture funden Project PO BOF 002a). The National Cut Flower Centre. UK. 102 p.

- Harbaugh, B. K. 1992. Rosetting of lisianthus cultivars exposed to high temperature. *HortScience* 27: 885–887.
- Harbaugh, B. K. 2007. Lisianthus. *In*: Anderson N. O. (ed). *Flower Breeding and Genetics*. Springer. Berlin, Germany. pp. 645-663.
- Harbaugh, B. K., and S. S. Woltz. 1991. *Eustoma* quality is adversely affected by low pH of root medium. *HortScience* 26:1279-1280.
- Hayat, S., Q. Fariduddin, B. Ali and A. Ahmad. 2005. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. *Acta Agron. Hung.* 53: 433-437.
- Hayat, S., A. Ahmad, and M.N. Alyemeni. 2013. *Salicylic Acid. Plant Growth and Development*. Springer. Dordrecht. 389 p.
- Hernández, P. A., L. A. Valdez A., O. G. Villegas T., I. Alía T., L.I. Trejo T., and M.J. Sainz A. 2016. Effects of ammonium and calcium on lisianthus growth. *Hort. Environ. and Biotech.* 57:123–131.
- Jamal, U., A. F. M., U., M. S. Islam, H. Mehraj, M.Z K. Roni, and S. Shahrin. 2013. An evaluation of some japanese Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) varieties grown in Bangladesh. *Agriculturists* 11: 56-60.
- Jing, J. B., J. H. Jin, J. Lee, K. Miura, C. Y. Yoo, K. Woe-Yeon, M. Van O., Y. Hyun, D. E. Somers, I. Lee, D. J. Yun, R. A. Bressan, and P. M. Hasegawa. 2008. The SUMO E3 ligase, *AtSIZ1*, regulates flowering by controlling a salicylic acid-mediated floral promotion pathway and through affects on *FLC* chromatin structure. *Plant J.* 53: 530–540.
- Kuronuma, T., N. Kinoshita, M. Ando, and H. Watanabe. 2020. Difference of Ca distribution before and after the onset of tipburn in lisianthus [*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.] cultivars. *Sci. Hortic.* 261:108911.

- Marchese, J.A., I. Katz, A.P. Sousa, and J.D. Rodrigues. 2005. Gas exchange in lisianthus plants (*Eustoma grandiflorum*) submitted to different doses of nitrogen. *Photosynthetica* 43: 303–305.
- Martínez, C., E. Pons, G. Prats, and J. León. 2004. Salicylic acid regulates flowering time and links defence responses and reproductive development. *Plant J.* 37: 209-217.
- Martín-Mex., R., E. Villanueva C., T. Herrera C., and A. Larqué S. 2005. Positive effect of salicylates on the flowering of African violet. *Sci. Hortic.* 103: 499-502.
- Martín-Mex., R., S. Vergara Y., A. Nexticapán G., y A. Larqué S. 2010. Bajas concentraciones de ácido salicílico incrementa el número de flores en *Petunia* híbrida. *Agrociencia* 44: 773-778.
- Nisar, S., R.A. Dar and I. Tahir. 2021. Salicylic acid retards senescence and makes flowers last longer in *Nicotiana plumbaginifolia* (Viv). *Plant Physiol. Rep.* 26:128-136.
- Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annu Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 43:439-463.
- Raskin, I., H. Skubatz, W. Tang, and B. J. D Meeuse. 1990. Salicylic acid levels in thermogenic and non-thermogenic plants. *Ann. Bot.* 66:369–373.
- Reid, M. S. 2009. Poscosecha de las flores cortadas, manejo y recomendaciones. Universidad California. Davis, E.U.A. 154 p.
- Rivas, S. V. M. and J. Plasencia. 2011. Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. *J. Exp. Bot.* 62: 3321-3338.
- Salisbury, F. B. and C. W. Ross. 1994. *Fisiología Vegetal*. Traducido por González V. V. Iberoamérica. México. pp: 363-365.
- Santner, A., L. I. A. Calderon V, and M. Estelle. 2009. Plant hormones are versatile chemical regulators of plant growth. *Nat. Chem. Biol.* 5:301–307.



- Servicio de información agroalimentaria y pesquera. 2018.  
<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (consulta: noviembre 2020).
- Shinners, L. H. 1957. Synopsis of the genus *Eustoma* (Gentianaceae). *Southwest. Nat.* 2:38–4.
- Wang, B., T. Lai, Q. W. Huang, X. M. Yang, Q. R. Shen. 2009. Effect of N fertilizers on root growth and endogenous hormones in strawberry. *Pedosphere* 19:86-95.
- Wada, K. C., M. Yamada, T. Shiraya, and K. Takeno. 2010. Salicylic acid and the flowering gene FLOWERING LOCUS T homolog are involved in poor-nutrition stress-induced flowering of *Pharbitis nil*. *J. Plant Physiol.* 167:447–452.
- Wang, C., S. Zhang, P.F. Wang, J. Hou, J. Qian, Y. Ao, J. Lu, and L. Li. 2011. Salicylic acid involved in the regulation of nutrient elements uptake and oxidative stress in *Vallisneria natans* (Lour.) Hara under Pb stress. *Chemosphere* 84: 136-142.
- Wang, Q., R. Guo, C. Zhang, Z. Zhou, and H. Hu. 2014. Optimal photoperiod and floral transition of *Eustoma grandiflorum* ‘Tiramisu Double Cream’. *Sci. Hortic.* 175:121–127.
- Xiao, R. F., J. P. Wang, C. Q. Ruan, Z.Z Pan, Y. J. Zhu, and B. Liu. 2018. Root and stem rot on *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum*) in China caused by *Fusarium solani*. *Can. J. Plant Pathol.* 40: 455-460.
- Zaccai, M., and N. Edri. 2002. Floral transition in *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum*). *Sci. Hortic.* 95: 333–340.

## II. CAPÍTULO 2. PRODUCCIÓN DE LISIANTHUS [*Eustoma grandiflorum* (RAF.) SHINN] CON NUTRICIÓN MINERAL Y ÁCIDO SALICÍLICO

Isabela Pérez-Méndez<sup>1\*</sup>, Eduardo Villanueva-Couoh<sup>1</sup>, Jairo Cristóbal-Alejo<sup>1</sup> y Luis Leonardo  
Pinzón-López<sup>1</sup>

División de Estudios de Posgrado e Investigación/ Instituto Tecnológico de Conkal. Av.  
Tecnológico S/N, 97345 Conkal, Yucatán, México.

isabela.perez@itconkal.edu.mx

eduardo.villanueva@itconkal.edu.mx

### 2.1 RESUMEN

Con el objetivo de determinar la respuesta de la aplicación foliar de ácido salicílico (AS) y la solución de Steiner en la floración, estado nutricional, crecimiento y comportamiento fisiológico en *Eustoma grandiflorum*, se establecieron plantas de lisianthus cv. Mariachi Blue en condiciones de invernadero, se aplicaron foliarmente AS  $10^{-6}$ ,  $10^{-8}$  y  $10^{-10}$  y 0 M, fertirriego con la solución de Steiner 50, 75, 100 y 0%. Los resultados obtenidos muestran que la aplicación de AS incrementó de 12 al 30% de altura, mostraron diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en el incremento del área foliar, peso y volumen de la raíz, biomasa, tasa fotosintética y tasa transpiratoria, incrementaron número de flores, botones y el diámetro de la flor en un 10 al 11% comparado con 0 M. Los tratamientos de AS  $10^{-8}$  y  $10^{-10}$  M estimularon precocidad en floración al adelantarla cuatro y cinco días respectivamente, comparado 0 M. Los tratamientos AS  $10^{-6}$  y  $10^{-8}$  M tuvieron mayor contenido de  $N^+$ ,  $P^{3+}$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  y  $S^{2+}$ . Las concentraciones de la solución Steiner presentaron diferencias

significativas en la altura de la planta, diámetro basal, área foliar, peso fresco y seco de la planta completa, diámetro de la flor, número de botones, U. SPAD, tasa fotosintética y transpiratoria, siendo mayores que 0 % y similares entre las tres concentraciones. En la extracción nutrimental la solución Steiner 100% presentó la mayor cantidad en  $N^+$ ,  $P^{3+}$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $S^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Mn^{4+}$  y  $Cu^{2+}$ . La aplicación de AS constituye una técnica valiosa para estimular crecimiento y calidad de *E. grandiflorum*. Las plantas tratadas con la solución Steiner diluidas al 50% dio como resultado una solución óptima dado que no mostró diferencias significativas respecto a las concentraciones 75 y 100%.

**Palabras clave:** *Eustoma grandiflorum*, ácido salicílico, floración, solución nutritiva.