



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CONKAL

**SUSTRATOS INOCULADOS CON *Trichoderma asperellum*
(Ta13-17) EN LA NUTRICIÓN DE LISIANTHUS (*Eustoma
grandiflorum* [Raf.] Shinn)**

TESIS

Que presenta:

Alecsis de Melchor Padrón Chan

Como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Horticultura Tropical

Director de tesis:

Dr. Jairo Cristóbal Alejo

Conkal, Yucatán, México

Junio, 2021



TecNM



Conkal, Yucatán, México, 17 de junio de 2021

El comité de tesis del candidato a grado: Alecsis de Melchor Padrón Chan, constituido por los CC. Dr. Jairo Cristóbal Alejo, Dr. Eduardo Villanueva Couch, Dr. René Garruña Hernández y Dra. Felicia Amalia Moo Koh, habiéndose reunido con el fin de evaluar el contenido teórico-metodológico y de verificar la estructura y formato de la tesis titulada: **Sustratos inoculados con *Trichoderma asperellum* (Ta13-17) en la nutrición de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* [Raf.] Shinn)**, que presenta como requisito parcial para obtener el grado de Maestro 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. Jairo Cristóbal Alejo
Director de Tesis

Dr. Eduardo Villanueva Couch
Co-director de Tesis

Dr. René Garruña Hernández
Asesor de Tesis

Dra. Felicia Amalia Moo Koh
Asesora de Tesis



Conkal, Yucatán, México a 17 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.

Alecsis de Melchor Padrón Chan

Índice de contenido

Hoja de firmas.	ii
Declaratoria de propiedad.	iii
Agradecimientos.	iv
Dedicatoria.	v
Índice de contenido.	vi
Índice de figuras.	ix
Índice de cuadros.	x
Resumen.	xii
Abstract.	xiii
I. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL.	1
1.1 Introducción.	1
1.2 Antecedentes.	3
1.2.1 Importancia del lisianthus.	3
1.2.3 Sustrato de bagazo de henequén.	5
1.2.4 Sustrato de hojarasca de ts'iits'ilche'.	5
1.2.5 Microorganismos promotores de crecimiento vegetal.	6
1.2.6 <i>Trichoderma asperellum</i> y promoción del crecimiento vegetal.	8
1.2.7 Biofertilizantes.	9
1.3 Hipótesis.	12
1.4 Objetivos.	13
1.5 Procedimiento experimental.	14
1.6 Literatura citada.	15

II. CAPÍTULO 2. LISIANTHUS UNA HERMOSA PLANTA ORNAMENTAL, POCO CONOCIDA Y DE GRAN POTENCIAL.	20
2.1 Resumen.	20
2.2 Introducción.	21
2.3 Características.	23
2.4 Situación de la especie en el mercado de flores.	26
2.5 Referencias.	28
III. CAPÍTULO 3. SUSTRATOS INOCULADOS CON <i>T. asperellum</i> (Ta13-17) EN LA NUTRICIÓN DE PLANTAS DE LISIANTHUS (<i>Eustoma grandiflorum</i> [Raf] Shinn).	30
3.1 Resumen.	30
3.2 Introducción.	32
3.3 Materiales y métodos	33
3.3.1 Sistema de riego y nutrición en las plantas.	33
3.3.2 Material vegetal y trasplante.	33
3.3.3 Preparación del inoculó de <i>T. asperellum</i> (Ta13-17).	34
3.3.4 Variables de crecimiento.	34
3.3.5 Intercambio de gases e índice de unidades SPAD.	35
3.3.6 Contenido de biomasa.	35

3.3.7 Concentración de nutrimentos en las plantas.	35
3.3.8 Diseño y análisis estadístico.	36
3.4 Resultados y discusión.	36
3.4.1 Presencia de <i>T. asperellum</i> (Ta13-17) en los sustratos.	36
3.4.2 Variables de crecimiento.	36
3.4.3 Variables de floración.	37
3.4.4 Producción de biomasa.	41
3.4.5 Unidades SPAD.	44
3.4.6 Intercambio de gases.	46
3.4.7 Contenido nutrimental.	49
3.5 Conclusiones.	56
3.6 Referencias bibliográficas.	57
IV. CONCLUSIONES GENERALES.	62
V. ANEXO GENERAL .	63

Índice de figuras

	Página
CAPITULO II	
Figura 1. Belleza de flores de lisianthus.	21
Figura 2. Ciclo del cultivo de lisianthus.	22
Figura 3. Estructuras florales del lisianthus.	24
Figura 4. Formas de la corola en lisianthus.	25
CAPITULO III	
Figura 1. Crecimiento de plantas de lisianthus var. Mariachi Blue Picotee.	37
Figura 2. Diámetro de la flor en plantas de lisianthus var. Mariachi Blue Picotee.	40
Figura 3. Volumen de raíz de plantas de lisianthus var. Mariachi Blue Picotee.	44
Figura 4. Unidades SPAD en plantas de lisianthus var. Mariachi Blue Picotee.	45

Índice de cuadros

	Página
CAPITULO II	
Cuadro 1. Requerimientos y exigencias del cultivo de lisianthus.	26
CAPITULO III	
Cuadro 1. Variables de floración en plantas de lisianthus con diferentes nutriciones.	38
Cuadro 2. Variables de floración en plantas de lisianthus con diferentes sustratos y la inoculación de <i>T. asperellum</i> (Ta13-17).	39
Cuadro 3. Contenido de biomasa en plantas de lisianthus con diferentes nutriciones.	41
Cuadro 4. Contenido de biomasa en plantas de lisianthus con diferentes sustratos y la inoculación de <i>T. asperellum</i> (Ta13-17).	43
Cuadro 5. Intercambio de gases en plantas de lisianthus con diferentes nutriciones.	47
Cuadro 6. Intercambio de gases en plantas de lisianthus con diferentes sustratos y la inoculación de <i>T. asperellum</i> (Ta13-17).	49
Cuadro 7. Contenido de macronutrientes en plantas de lisianthus con diferentes nutriciones.	50
Cuadro 8. Contenido de macronutrientes en plantas de lisianthus con diferentes sustratos y la inoculación de <i>T. asperellum</i> (Ta13-17).	52
Cuadro 9. Contenido de micronutrientes en plantas de lisianthus con diferentes nutriciones.	53
Cuadro 10. Contenido de micronutrientes en plantas de lisianthus con diferentes sustratos y la inoculación de <i>T. asperellum</i> (Ta13-17).	55

ANEXO GENERAL

Cuadro 1. Análisis químico del agua utilizada para regar el cultivo de lisianthus.	63
Cuadro 2. Balance de fertilizantes para preparar la solución nutritiva (Steiner, 1961).	63
Cuadro 3. Cantidades de fertilizantes para preparar la solución nutritiva de (Steiner, 1961).	64
Cuadro 4. Cantidad de reactivos para la solución de microelementos.	64
Cuadro 5. Contenido nutrimental del Biol.	65
Cuadro 6. Características de los sustratos utilizados en el cultivo de lisianthus.	65

Resumen

El mercado ornamental es impulsado por la demanda de nuevos cultivos florales, como el *lisianthus*. En México no se ha explotado su cultivo, hace 10 años no se contaba con el programa de fertilización ni manejo agronómico de la especie, se seguían recomendaciones de otros países, los cuales se basan en sustratos de alto costo y fertilizantes químicos; por lo anterior, en el presente trabajo se evaluó tres sustratos inoculados con *Trichoderma asperellum* (Ta13-17), en la nutrición orgánica y convencional del cultivo. Al finalizar el experimento el suelo y bagazo más *T. asperellum* aumentó el número de botones (29.6%) y flores (46.9%), el diámetro floral (45.9%), peso de masa fresca (26.1%), volumen radical (38.3%), uso eficiente del agua (76.4%) la floración (7.9%) y transpiración (45.3%). El sustrato suelo y bagazo estimuló la tasa de asimilación de CO₂ (46.3%) conductancia estomática (55.5%), contenido de K⁺ (19.2%) y Mn²⁺ (31.4%) con respecto al testigo solo suelo. En las plantas crecidas en nutrición con Biol y la solución nutritiva de Steiner se estimuló el área foliar (15.9%), peso de masa fresca (33.6%) y seca (35.5%), número de botones (32.5%) y de flores (61%), la floración (8.6%), unidades (SPAD) (9.1%), tasa de asimilación de CO₂ (39.2%), conductancia estomática (55.5%), uso eficiente del agua (67.7%) y la transpiración (36%), el contenido de N³⁺, (9.2%) P³⁺ (41.6%), K⁺ (93.4%) Mg²⁺ (51.2%) y Ca²⁺ (22.5%) comparado con el testigo solo agua. Las plantas en suelo y bagazo de henequén más *T. asperellum* con la nutrición con Biol fueron similares a la nutrición convencional.

Abstract

The ornamental market is driven by the demand for new flower crops, such as lisianthus. In Mexico there has been no cultivation, 10 years ago there was no program for fertilization or agronomic management of the species, recommendations from other countries were followed, which are based on high-cost substrates and chemical fertilizers; Due to the above, three substrates inoculated with *Trichoderma asperellum* (Ta13-17) were evaluated in the organic and conventional nutrition of the crop. At the end of the experiment the soil and bagasse plus *T. asperellum* increased the number of buttons (29.6%) and flowers (46.9%), floral diameter (45.9%), weight of fresh mass (26.1%), radical volume (38.3%), efficient use of water (76.4%) flowering (7.9%) and transpiration (45.3%). Soil and bagasse substrate stimulated the rate of assimilation of CO₂ (46.3%) stomatal conductance (55.5%), K⁺ content (19.2%) and Mn⁴⁺ (31.4%) with respect to the control. Biol nutrition and Steiner's nutrient solution stimulated the foliar area (15.9%), weight of fresh mass (33.6%) and dry mass (35.5%), number of buttons (32.5%) and number of flowers (61%), flowering (8.6%), units (SPAD) (9.1%), CO₂ assimilation rate (39.2%), stomatic conductance (55.5%), water efficiency (67.7%) and transpiration (36%), N³⁺, (9.2%) P³⁺ (41.6%), K⁺ (93.4%) Mg²⁺ (51.2%) and Ca²⁺ (22.5%) compared to the control. Plants in soil and henequen bagasse plus *T. asperellum* with Biol nutrition were similar to conventional nutrition.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 Introducción

En México el cultivo de flores es una actividad agrícola con gran rentabilidad, esto se debe a su posición geográfica y su vecindad con los Estados Unidos de América como uno de los mercados más importantes (Trejo *et al.*, 2015), así como la firma tratados de libre comercio el cual permite la exportación de flores a nivel mundial (Garza, 2015). El mercado ornamental es impulsado por la creciente demanda de nuevos cultivos florales, como el lisianthus (*Eustoma grandiflorum* [Raf.] Shinn) (Valdez *et al.*, 2018).

El lisianthus es originaria del norte de México y sur de Estados Unidos de América (Kawabata *et al.*, 2009). En las últimas décadas, esta planta ha tomado importancia por sus flores atractivas, su belleza, elegancia, delicadeza, diversidad de colores y por su aceptable conservación como flor de corte (Çelikel, 2015).

En México se cultiva en una superficie no mayor a 20 ha distribuidos entre los estados de Michoacán y Puebla (SIAP, 2018). Para su producción es importante considerar el manejo del sustrato del contenedor y la fertilización de las plantas (Burnett *et al.*, 2016). El éxito en la floricultura se ve influenciada por el sustrato utilizado (Gayosso *et al.*, 2016). Los sustratos inorgánicos, proporcionan estabilidad a largo plazo, mientras que los componentes orgánicos reducen el peso del sustrato y aumentan la retención de agua. La selección de componentes orgánicos puede mejorar la sostenibilidad y reducir los costos de producción (Xue y Farrel, 2020).

Por otra parte, se encuentran los costos de insumos agroquímicos, estos suelen satisfacer las necesidades ante una alta demanda de la población, pero a su vez deterioran la calidad

de los ecosistemas y su costo repercute en la economía de los agricultores (Abhilash *et al.*, 2016), por lo que es importante establecer modelos sustentables y competitivos que involucren sustratos y fertilizantes sustentables, ambientales y económicos con potencial para promover la productividad de las plantas (Llorente *et al.*, 2016).

El lisianthus requiere de un sustrato que mantenga las adecuadas cantidades de nutrientes, la insuficiencia de nutrimentos resulta en plantas con un inadecuado desarrollo y pocas flores (Dole y Wilkins, 2005). Las recomendaciones de sustratos para el cultivo se basan en turba, tezontle y perlita (Zacci y Edri, 2002; Castillo *et al.*, 2018a; Castillo *et al.*, 2018b; Valdez *et al.*, 2018), los cuales son de alto costo para los productores y el programa de fertilización se basa en fertilizantes químicos, sin embargo, su uso indiscriminado trae como consecuencia pérdidas económicas por los costos aunado a una repercusión negativa en el ambiente (Castillo *et al.*, 2018a).

En Yucatán, existen materiales que se pueden aprovechar como sustratos, como el bagazo de henequén y hojarasca de ts'iits'ilche' (Gayosso *et al.*, 2016). Para mejorar la calidad del sustrato, se puede aplicar la inoculación de microorganismos con potencial como promotores del crecimiento vegetal (Ji *et al.*, 2020). A su vez en la región, a través de sistemas anaeróbicos se producen biocombustibles conocidos como Bioles, estos son aplicados como fertilizantes orgánicos líquidos y son ricos en (N^{3+}), (P^{3+}), (K^+) y materia orgánica (Cabrera *et al.*, 2018).

1.2 Antecedentes

1.2.1 Importancia del lisianthus

La especie se cultiva en maceta y como flor de corte. En las últimas décadas su demanda en los mercados internacionales ha ido en constante aumento, ubicándolo entre las 10 flores más vendidas en el mundo, en Europa se cultivan 50 millones de tallos de esta especie y son: Holanda, España, Italia, Portugal y Francia los principales productores (Namesny, 2005).

El interés en el cultivo de lisianthus está relacionado con la mejora por ingeniería genética y la regulación de la transición floral, su hábitat natural le permite dos tiempos de plantación (verano e invierno), bajo dos regímenes de fotoperíodo: día largo y día corto, 16 h/8 h y 8 h/16 h (luz/oscuridad), respectivamente (Zaccai y Edri, 2002).

Sin embargo, un buen sustrato permite obtener mejor calidad de flor. El estado de Yucatán está dominado por dos tipos de suelo, llamado "leptosol negro" y "leptosol rojo" (Estrada *et al.*, 2016), en la floricultura destaca el uso de suelos cambisol (chac lu'um) y luvisol ródico (k'ankab) pertenecientes al leptosol rojo. El suelo chac lu'um es delgado, fértil, con adecuado drenaje y rico en materia orgánica (Borges *et al.*, 1998).

Recientemente se ha enfatizado en el conocimiento de las necesidades precisas de fertilización demandadas para el lisianthus (Valdez *et al.*, 2018), utilizando sustratos minerales, que garanticen calidad de la flor, para su comercio en mercados nacionales e internacionales (Castillo *et al.*, 2018a)

Estudios recientes han diseñado fórmulas de fertilización para esta especie, e.g. en *E. grandiflorum* cv. Mariachi Blue se utilizó un sustrato constituido de turba y perlita en una

relación 80:20 (v/v), la acumulación en la curva de N^{3+} , P^{3+} y K^+ presenta diferencias en las tres etapas fenológicas; la fase vegetativa (desde trasplante hasta los 25 días después del trasplante) fue de rápida acumulación, la fase de elongación de tallo, (desde los 25 hasta los 90 días después del trasplante) tuvo una tasa más lenta, y en la fase de floración, (desde los 90 hasta los 110 días después del trasplante) observaron un aumento en la demanda de nutrientes. A su vez, la acumulación de Ca^{2+} y Mg^{2+} presentó diferencias significativas en dos etapas fenológicas. Por otra parte se reportó una eficacia del 50 %, 40 %, 80 %, 75 % y 75 % para el N^{3+} , P^{3+} , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} respectivamente (Valdez *et al.*, 2018)

En *E. grandiflorum* cv. Echo Blue se ha reportado que al usar sustrato turba, las dosis entre 100 y 250 mg L⁻¹ de N^{3+} propician la mejor altura 38.1%, acumulación de materia fresca 58% y número de botones 107%, contenido en la planta de 175% P^{3+} , 138% K^+ , 191% Ca^{2+} y 82.25% Mg^{2+} con respecto al testigo (Castillo *et al.*, 2018a).

En el cv. ABC2 Lavanda al utilizar un sustrato de tezontle rojo, las dosis de nitrógeno de 6 meq L⁻¹ en la solución nutritiva de Steiner, mejoró la altura 9.2%, el área foliar 107.5%, número de botones florales 124%, acumulación de peso seco 77.9% y duración del ciclo del cultivo 10.5% con respecto al testigo (Castillo *et al.*, 2018b). Sin embargo, estos reportes se basan en sustratos con alto costo y fertilizantes químicos, como estrategia se puede utilizar sustratos orgánicos regionales de Yucatán como el bagazo de henequén (*Agave fourcroydes*) y las hojas de ts'iits'ilche' (*Gymmopodium floribundum*) (Gayosso *et al.*, 2016).

1.2.3 Sustrato de bagazo de henequén

El sustrato de bagazo de henequén se obtiene del material vegetal restante de la desfibración del agave henequenero (*Agave fourcroydes*), posee partículas de tamaños entre 0.5 a 3.36 mm, considerado como una granulometría adecuada para la retención de agua, presenta porosidad total de 44.8%, porosidad de aireación de 10.3%, porosidad para retener agua de 34.4% y densidad aparente de 0.10%; entre sus características químicas presenta: pH de 7.2, conductividad eléctrica de 1.14 dS m⁻¹, Humedad 6.9%, materia orgánica 64.7%, carbono 37.6%, relación carbono/nitrógeno de 23% y capacidad para su intercambio catiónico de 19 meq 100 g⁻¹; de igual forma contiene: N³⁺ 1.6%, P³⁺ 4539.5 mg Kg⁻¹, K⁺ 11999.2 mg Kg⁻¹, Ca²⁺ 172150.6 mg Kg⁻¹, Mg²⁺ 1738.7 mg Kg⁻¹ y de Na⁺ 178.5 mg Kg⁻¹ (Gayosso *et al.*, 2018).

1.2.4 Sustrato de hojarasca de ts'iits'ilche'

El ts'iits'ilche' (*Gymnopodium floribundum*) está distribuido naturalmente en Yucatán, posee aproximadamente un 20% de partículas de tamaño igual o menores a 0.5 mm, el cual favorece el la relación aire-agua, presenta porosidad total de 72.1%, porosidad de aireación de 22.2%, porosidad para retener agua de 49.8% y densidad aparente de 0.15%; entre sus características químicas presenta: pH de 7.2, conductividad eléctrica de 1.39 dS m⁻¹, Humedad 14.6%, materia orgánica 77.2%, Carbono 44.8%, relación carbono/nitrógeno de 24% y capacidad de intercambio catiónico de 77.6 meq 100 g⁻¹. Contiene: N³⁺ 1.8%, P³⁺ 3789.2 mg Kg⁻¹, K⁺ 15478.7 mg Kg⁻¹, Ca²⁺ 76698.5 mg Kg⁻¹, Mg²⁺ 1822.3 mg Kg⁻¹ y de Na⁺ 209.4 mg Kg⁻¹ (Gayosso *et al.*, 2018).

Por otra parte, para mejorar la calidad del suelo, promover el crecimiento y rendimiento de flores así como desplazar los productos químicos en la agricultura, se puede aplicar microorganismos con potencial en el crecimiento vegetal (Ji *et al.*, 2020).

1.2.5 Microorganismos promotores de crecimiento vegetal

Existen diversos microorganismos que presentan potencial para estimular el crecimiento vegetal, estos juegan un papel como suplemento orgánico de los suelos, útiles para mejorar el crecimiento vegetal, desempeñan un papel fundamental en la agricultura sostenible, su uso ayuda a mejorar la fertilidad del suelo, aumentar la producción agrícola, calidad alimentaria y nutricional, pero también es amigable con los agroecosistemas; esto gracias a la producción de reguladores del crecimiento (fitohormonas tales como auxinas, citocininas y giberelinas), además mejoran la absorción de agua y nutrientes (con la ayuda de fijadores de N₂), e induce mecanismos de defensa a las plantas contra fitopatógenos (Abhilash *et al.*, 2016).

Entre ellos destacan *Trichoderma*: que son organismos de vida libre presentes en los ecosistemas de suelo y raíces, tienen potencial simbiótico oportunista con las plantas, además de ser micoparásitos (Harman *et al.*, 2004), este género puede ser un método alternativo de los pesticidas químicos, con potencial como biofertilizante (Al-Ani, 2019).

Trichoderma (teleomorfo *Hypocrea*) se encuentra en la mayoría de los suelos y son descomponedores de materia orgánica, es un hongo invasor oportunista, destaca su rápido crecimiento, su potencial para asimilar una extensa gama de sustratos y por la producción de una diversidad de compuestos antimicrobianos (Verma *et al.*, 2007). Estos hongos, usualmente son catalogados como agentes de control biológico y microorganismos

promotores del crecimiento vegetal, presentan efectos sinérgicos, que potencializan la producción en la agricultura (Abhilash *et al.*, 2016).

Candellero *et al.* (2015) demostraron que en plántulas de chile habanero (*Capsicum chinense*) las cepas nativas Th05-02 y Th27-08 propiciaron efectos significativos en la altura de la planta con aumentos del 55.5% y 47.6% respectivamente, la cepa Th07-04 estimuló un 29.4% la longitud de las raíces, las cepas Th02-01 y Th07-04 incrementaron un 84.6% y 48.7% respectivamente el volumen radical y un 53.4% la materia seca total con respecto al testigo.

Por otra parte, la cepa de *Trichoderma asperellum* CHF78 aumentó significativamente el peso seco en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) un 28.6%, de igual forma estimuló el contenido nutricional de N^{3+} 3.8%, P^{3+} 18.7% y K^+ 18.8% (Li *et al.*, 2018).

Aunque existen diversos estudios sobre el efecto de *Trichoderma* en el crecimiento y desarrollo de numerosas plantas, la información sobre el impacto en la producción y la calidad de las plantas ornamentales es deficiente. En gladiola (*Gladiolus grandiflorus*) *Trichoderma* sp. produjo tallos con mejores estándares que los citados por otros autores para cultivos de maceta y de campo, propiciando aumentos significativos en el crecimiento vegetal y en la productividad del cultivo (Da Cruz *et al.*, 2018).

Govarthanan *et al.* (2018) mostraron en el girasol (*Helianthus annuus*) cultivado en suelo contaminado con arsénico (As) y plomo (Pb), *Trichoderma* sp. (MG) aislada de madera descompuesta promueve significativamente el crecimiento de la planta; el tamaño y la longitud de las raíces fueron de 14.7 cm y 6.1 cm, respectivamente para el tratamiento con As, y 14.3 cm de altura y 6.1 cm de longitud de raíz para el tratamiento de Pb, mientras

que el tratamiento sin la aplicación de *Trichoderma* sp. (MG obtuvo una altura de 11.2 cm y una longitud de la raíz de 4.8 cm para el tratamiento con AS, y una altura de 11.1 cm y longitud de la raíz de 4.6 cm para el tratamiento con Pb. Por otra parte, el tratamiento con MG mejoró significativamente la biomasa bajo el estrés de As (135 ± 3.35 mg) y Pb (137 ± 5.24 mg).

Ji *et al.* (2020) señalaron que en col china en flor (*Brassica campestris*) los aislados de cuatro especies de *Trichoderma* convertidos en biofertilizantes y su aplicación durante 30 días, promueve la tasa de germinación con un aumento de 22.5%, la altura 24.4%, el peso fresco se incrementó un 41.7% y el rendimiento aumentó 37.4% en comparación con los del control.

1.2.6 *Trichoderma asperellum* y promoción del crecimiento vegetal

Trichoderma asperellum destaca por su potencial como agente de control biológico y sus cualidades beneficiosas para la agricultura, estas colonizan las raíces externa e internamente y es capaz de ejercer un efecto benéfico en el crecimiento vegetal (Harman *et al.*, 2004).

Singh *et al.*, (2016) señalaron que *T. asperellum* mejora en tomate (*Lycopersicum esculentum*) el porcentaje de germinación hasta un 28.1%; en berenjena (*Solanum melongena*) un 146.1%, en cresta de calabaza (*Luffa acutangula* L.) un 112.5% mientras que en la longitud de la radícula fue 73.1%, 50.8%, 171.6%, 107.3%, 247.1% y 90.7% para *Lycopersicum esculentum* L., *Solanum melongena*, *Capsicum annum* L., *Abelmoschus esculentus*, *Luffa acutangula* L. y *Cyamopsis tetragonoloba*, respectivamente.

Patel y Saraf (2017) demostraron la eficacia de *T. asperellum* (MSST) para promover el crecimiento y los parámetros de rendimiento del tomate S-22 y controlar la enfermedad por marchitez por *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL) *in vitro* e *in vivo*, como resultados en el tratamiento con *T. asperellum* obtuvieron un incremento significativo en las variables de longitud de la raíz, longitud del brote, peso de la planta y contenido de clorofila 60 días después de la siembra, hubo una reducción en la incidencia de marchitez por *Fusarium* en tomate hasta en un 85%. El aumento en el nivel de actividad total de fenol, peroxidasa, polifenoloxidasas y fenilalanina amonio liasa en el décimo día de la inoculación de patógenos mostró una mejora del mecanismo de defensa de la planta por *T. asperellum* MSST contra FOL. El estudio general reveló que se demostró que MSST es un posible agente de biocontrol que muestra resistencia inducida contra FOL.

En plantas de té (*Camellia sinensis*) el crecimiento de las plantas tratadas con *T. asperellum* TC01 propiciaron un incremento en la altura de los brotes (7.5%), el diámetro del tallo (34%), el peso fresco en los brotes (81.1%), el peso fresco de las raíces (93.7%), los brotes peso seco (85.7%) y peso seco de la raíz (115.3%) a los 45 días después de la inoculación en condiciones de invernadero (Shang *et al.*, 2020).

1.2.6 Biofertilizantes

La aplicación de fertilizantes orgánicos es un método importante para promover la transición de la producción agrícola, promueven el rendimiento y mejoran la calidad y producción agrícola, logrando así en la agricultura un desarrollo ecológico (Lu *et al.*, 2019).

Los fertilizantes orgánicos son incorporados de una sola fuente o mezclados a los sustratos antes de la siembra. Las fuentes de estos fertilizantes pueden ser de origen vegetal

y animal. Los sustratos y fertilizantes orgánicos se manejan mediante el uso de compost, fertilizantes incorporados al sustrato o fertilizantes líquidos (Burnett *et al.*, 2016).

Los sistemas anaeróbicos producen biofertilizantes conocidos como Bioles, que en los últimos años se ha extendido su uso por el contenido de N^{3+} , P^{3+} , K^+ y por su alto contenido de compuestos orgánicos (Cabrera *et al.*, 2018).

Solís *et al.* (2015) encontraron que en Acelga (*Beta vulgaris* var. Cicla el biofertilizante Biol derivado de la digestión anaeróbica de excreta porcina incrementó el desarrollo de las plantas, con un aumento del 22.7% en la producción de materia vegetal de la parte aérea, con respecto al testigo a un costo más económico. Las plantas manifestaron pesos superiores a 150 g, mientras que con el testigo estuvo pesos entre 51 g – 100 g.

En lechuga (*Lactuca sativa*) var. Iceberg, la dosis del biofertilizante Biol al 6% utilizado cada 15 días, favoreció el diámetro y peso del cogollo comercial (25.9 cm y 1.1 kg respectivamente) y al mayor rendimiento (549 kg por unidad experimental) (Pomboza *et al.*, 2016).

García *et al.* (2020) demostraron que en maíz (*Zea mays*) la aplicación de Biol al 60% propiciaron plantas con un peso total de mazorcas de 12.7 kg superior al testigo quien obtuvo 8.7 kg, con esta dosis se alcanzó el promedio más alto de rendimiento con 5.24 t ha⁻¹.

De igual forma la aplicación de estos biofertilizantes al suelo puede eliminar contaminación, reconstruir la flora bacteriana y portarse como fertilizante foliar, presenta potencial para mejorar el intercambio catiónico en el suelo, lo cual estimula la concentración de nutrientes (Cabrera *et al.*, 2018).

Por lo tanto, es importante el estudio de sustratos como hojas de ts'iits'ilche' y bagazo de henequén, la inoculación de estas con hongos con potencial como promotores de crecimiento vegetal como *T. asperellum* y la biofertilización con Biol, en el cultivo de *E. grandiflorum* como flor de corte, por su bajo costo económico y alto potencial ecológico, pudiendo representar una alternativa para reducir el costo de sustratos y la fertilización química, sin afectar su producción y calidad en el mercado.

1.3 Hipótesis

La mezcla de sustrato orgánico bagazo de henequén y suelo, con la inoculación de *T. asperellum* (Ta13-17) en la nutrición con Biol mejoran la producción del cultivo de *lisianthus*.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

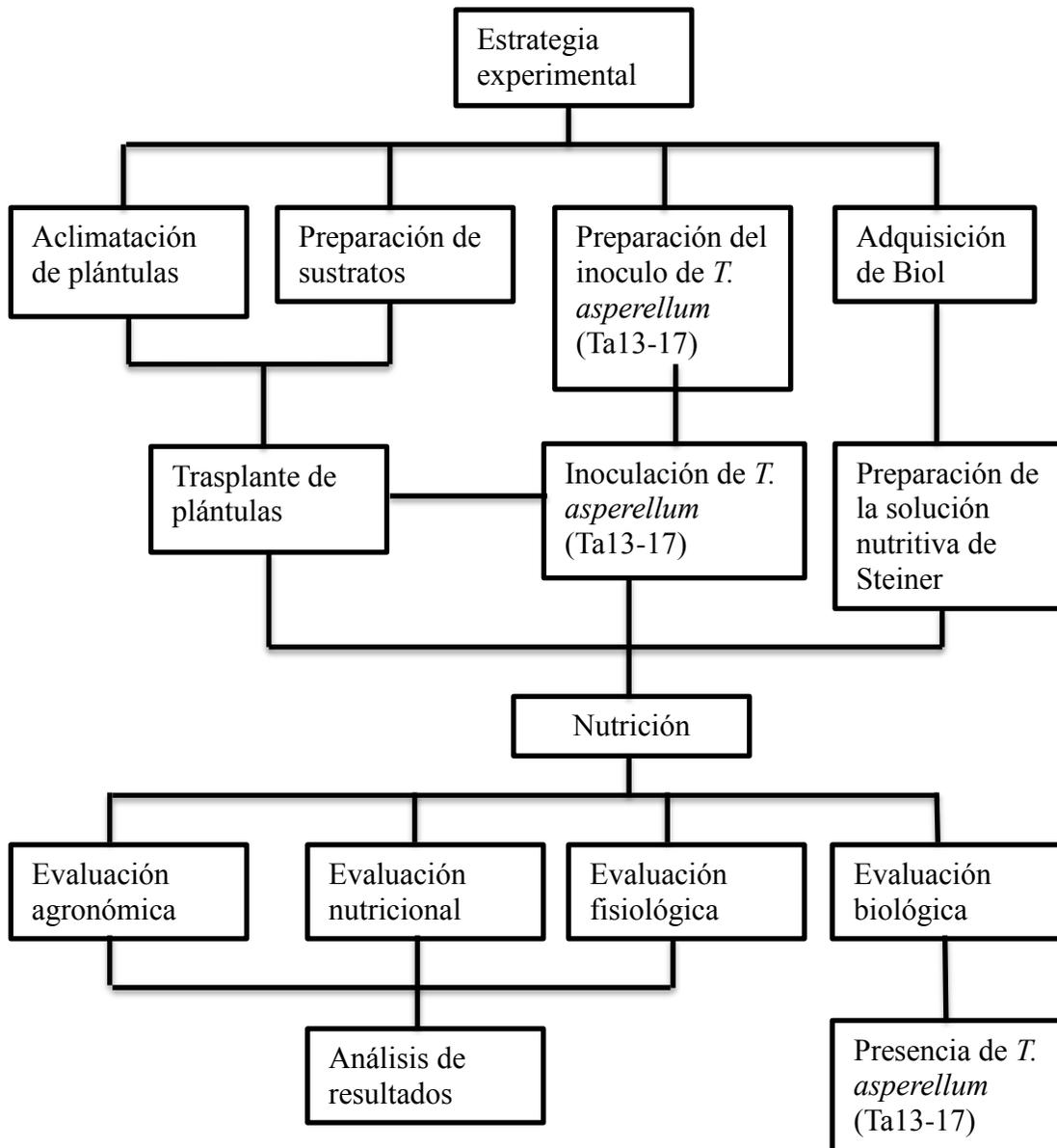
Determinar el efecto de sustratos orgánicos combinados con suelo, inoculados con *T. asperellum* (Ta13-17) en la nutrición orgánica y convencional del lisianthus bajo condiciones protegidas en Yucatán.

1.4.2 Objetivos específicos

Evaluar hojarasca de ts'iits'ilche' y bagazo de henequén como sustratos orgánicos combinados con suelo y *T. asperellum* (Ta13-17) en la nutrición orgánica del lisianthus.

Evaluar la hojarasca de ts'iits'ilche' y el bagazo de henequén como sustratos orgánicos combinados con suelo y *T. asperellum* (Ta13-17) en la nutrición mineral del lisianthus.

1.5 Procedimiento experimental



1.6 Literatura citada

- Abhilash P.C., R.K. Dubey., V. Tripathi., V.K. Gupta., and H.B. Singh. 2016. Plant growth-promoting microorganisms for environmental sustainability. *Trends in Biotechnology*: 34: 847–850.
- Al-Ani, L. K. T. 2019. A Patent Survey of *Trichoderma* spp. (from 2007 to 2017).In: *Intellectual Property Issues in Microbiology*. H. B. Singh Keswani C, Singh SP (eds). Ed Springer. pp: 163-164.
- Borges, L. 1998. Usos de sustratos regionales en la agricultura yucateca. *Rev. Acad. Mex. de Ciencias*. 49: 21-26.
- Burnett S. E., N. S. Mattson., and K. A. Williams. 2016. Substrates and fertilizers for organic container production of herbs, vegetables, and herbaceous ornamental plants grown in greenhouses in the United States. *Sci. Hort*. 208: 111-119.
- Cabrera C. A., R. P. Cabrera., J. Morán., J.S. Terán., H.M. Molina., G.A. Meza., y C.L. Tamayo. 2018. Evaluación de dos abonos orgánicos líquidos en la producción del cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*) en el litoral ecuatoriano. *Rev. de las Agrociencias*. 20: 29-39.
- Castillo A. M., S. Flores., E. Avitia., y L.A. Valdez. 2018b. Abastecimiento de nitrógeno en lisianthus (*Eustoma grandiflorum* [Raf.] Shinn) cv. ABC2 Lavanda. *AgroProductividad*. 11: 55-60.

- Castillo A.M, C. Hernández., J. Pineda., L.A. Valdez., L.L. Trejo., y E. Avitia. 2018a. Respuesta de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* [Raf.] Shinn) cv. Echo Blue a diferentes dosis de nitrógeno. *AgroProductividad*. 11: 13-18.
- Çelikel, F. G. 2015. Post-harvest physiology of flowers from the family gentianaceae. In *The Gentianaceae*. Volumen 2. Ed Springer Berlin. pp: 287-305.
- Da Cruz L. R. D., F. Ludwig., G. P. K. Steffen., y J. Maldaner. 2018. Development and quality of gladiolus stems with the use of vermicompost and *Trichoderma* sp. in substrate. *Ornamental Hort*. 24: 70-77.
- Dole M. J., F. H. Wilkins. 2005. Floriculture. Ed. Pearson Prentice. New Jersey. 1023 p.
- Estrada H., B. B. Canto., C. De los Santos., y A. O'Connor. 2016. Yucatán in black and red: Linking edaphic analysis and pyrosequencing-based assessment of bacterial and fungal community structures in the two main kinds of soil of Yucatán State. *Microbiol. Research*. 188: 23-33.
- García E., P. Díaz., E. Hidalgo. O. J. 2020. Aguirre. Respuesta del cultivo de maíz a concentraciones de estiércol bovino digerido en clima tropical húmedo. *Manglar* 17: 203-208.
- Garza R. 2015. El artículo 1705(3) del tratado de libre comercio de América del norte y su interpretación por la suprema corte de justicia de la nación. *Rev. Mex. de Derecho Comparado*. 48: 1231-1252.
- Gayosso S., L. Borges., E. Villanueva., M. Estrad., y R. Garruña. 2016. Sustratos para producción de flores. *Agrociencia*. 50: 617-631.

- Gayosso S., L. Borges., E. Villanueva., M. Estrad., y R. Garruña. 2018. Caracterización física y química de materiales orgánicos para sustratos agrícolas. *Agrociencia*. 52: 639-652.
- Govarthanan M., R. Mythil., T. Selvankumar., S. Kamala-Kannan., and H. Kim. 2018. Myco-phytoremediation of arsenic- and lead-contaminated soils by *Helianthus annuus* and wood rot fungi, *Trichoderma* sp. isolated from decayed wood. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 151: 279-284.
- Harman G. E., C. R. Howell., A. Viterbo., I. Chet., and M. Lorito. 2004. *Trichoderma* species - Opportunistic, avirulent plant symbionts. In *Nature Reviews Microbiology*. Ed. Nature Publishing. pp 43-56.
- Ji S., Z. Liu., B. Liu., Y. Wang., and J. Wang. 2020. The effect of *Trichoderma* biofertilizer on the quality of flowering chinese cabbage and the soil environment. *Sci. Hortic*. 262: 2-7.
- Kawabata S., M. Yokoo., and K. Nii. 2009. Quantitative analysis of corolla shapes and petal contours in single-flower cultivars of lisianthus. *Sci. Hort*. 121: 206-212.
- Li Y. T., S. G. Hwang., Y. M. Huang., and C. H. Huang. 2018. Efectos de *Trichoderma asperellum* sobre la absorción de nutrientes y el marchitamiento por *Fusarium* del tomate. *Crop Protection*. 110: 275-282.
- Llorente B. E., M. A. Alasia., y E.E. Larraburu. 2016. Biofertilization with *Azospirillum brasilense* improves in vitro culture of *Handroanthus ochraceus*, a forestry, ornamental and medicinal plant. *New Biotechnology*. 33: 32-40.

- Melgares de Aguilar J. 1996. El cultivo del lisianthus (I Parte). Hort. Rev. de Industria Distribución y Socioeconomía Hortícola. 113: 13-16.
- Namesny A. 2005. De lisianthus a Capsicum mejora genética en ornamentales. Hort. Internacional. 47: 35-37.
- Patel S., and M. Saraf. 2017. Biocontrol efficacy of *Trichoderma asperellum* MSST against tomato wilting by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Archives of Phytopathology and Plant Protection. 50: 228-238.
- Pomboza P., O. A. León., L. A. Villacís., J. Vega., y J. C. Aldáz. 2016. Influencia del biol en el rendimiento del cultivo de *Lactuca sativa* L. variedad Iceberg. J. of the Selva Andina Biosphere. 4: 84-92.
- Shang J., B. Liu., and Z. Xu. 2020. Efficacy of *Trichoderma asperellum* TC01 against anthracnose and growth promotion of *Camellia sinensis* seedlings. Biological Control. 143: 104205.
- Singh V., R. S. Upadhyay., B. K. Sarma., and H.B. Singh. 2016. *Trichoderma asperellum* spore dose depended modulation of plant growth in vegetable crops. Microbiol. Research. 193: 74-86.
- Solís M., D. Reyes., A.Solís., H., Pérez., y J.L. Gil. 2015. Evaluación económica del cultivo de acelga (*Beta Vulgaris* var. Cicla) usando biol como fertilizante orgánico. Intl. Multilingual Journal of Contemporary Research. 3: 49-56.

- Trejo L., M.E. Olson., y R. A. Bye. 2015. Datos históricos y diversidad genética de las nochebuenas (*Euphorbia pulcherrima*) del Distrito Federal, México. *Rev. Mex. de Biodiversidad*. 86: 478-485.
- Valdez L. A., D. Alvarado., y M. Cadena. 2018. Crecimiento y programa de fertilización para lisianthus en base a la acumulación nutrimental. *Agroproductividad*. 11: 3-11.
- Verma M., S. K. Brar., R. D. Tyagi., R. Y. Surampalli., y J. R. Valéro. 2007. Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: Panoply of biological control. *Biochemical Engineering Journal*. 37: 1–20.
- Xue M., and C. Farrell. 2020. Use of organic wastes to create lightweight green roof substrates with increased plant-available water. *Urban Forestry and Urban Greening*. 48: 126569.
- Zaccai M., y N. Edri. 2002. Floral transition in lisianthus (*Eustoma grandiflorum*). *Sci. Hort*. 95: 133-340.

II. CAPÍTULO 2

LISIANTHUS UNA HERMOSA PLANTA ORNAMENTAL, POCO CONOCIDA Y DE GRAN POTENCIAL

Alecsis de M. Padrón-Chan¹, Eduardo Villanueva-Couoh¹, Jairo Cristóbal-Alejo¹, René Garruña-Hernández², Felicia A. Moo-Koh³

¹Tecnológico Nacional de México / Campus Conkal, Av. Tecnológico S/N, 97345, Conkal, Yucatán, México.

²CONACYT- Tecnológico Nacional de México / Campus Conkal, Av. Tecnológico S/N, 97345, Conkal, Yucatán, México.

³Unidad de Biotecnología, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.,
Calle 43 No. 130 x 32 y 34. Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205,
Mérida, Yucatán, México

alecsis.padron@itconkal.edu.mx

***Publicado como ensayo en la revista Desde el Herbario CICY 13: 29-35.**

Recibido: octubre, 2020. Aprobado: febrero, 2021.

ISSN: 2395-8790

2.1 Resumen

El lisianthus (*Eustoma grandiflorum* [Raf.] Shinn) tiene gran potencial y aceptación como planta ornamental debido a su gran variedad de colores, sus flores de distintas formas y una larga vida en florero. Sin embargo, en México es poco conocida y aun no se ha detonado su cultivo, el cual podría representar una alternativa en el comercio de flores. En Yucatán, existen las condiciones de días largos y temperatura adecuadas para la fase de elongación del tallo y floración. Este trabajo describe brevemente las características y exigencias de la especie, así como el potencial de esta planta en el estado.

Palabras clave: Gentianaceae, floricultura, Flor de corte, Yucatán.

SUSTRATOS INOCULADOS CON *Trichoderma. asperellum* (Ta13-17) EN LA NUTRICIÓN DE PLANTAS DE LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum* [Raf.] Shinn)

Alecsis de M. Padrón Chan¹, Eduardo Villanueva Couoh¹, Jairo Cristóbal Alejo^{1*}, René Garruña Hernández², Felicia Amalia Moo Koh³

¹ Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Conkal, Av. Tecnológico S/N, 97345, Conkal, Yucatán, México.

² CONACYT-Instituto Tecnológico de Conkal, Av. Tecnológico S/N, 97345, Conkal, Yucatán, México.

³ Unidad de Biotecnología, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., Calle 43 No. 130 x 32 y 34. Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205,

Mérida, Yucatán, México

alecsis.padron@itconkal.edu.mx

jairo.cristobal@itconkal.edu.mx

3.1 Resumen

El lisianthus es una flor nueva dentro del mercado ornamental nacional, los sustratos para su producción son costosos y su nutrición se basa en fertilizantes químicos. Por lo anterior en el presente estudio se evaluó el efecto de tres sustratos combinados con el hongo de *T. asperellum* (Ta13-17) en la nutrición orgánica con Biol y convencional del cultivo. El diseño experimental fue de parcelas divididas con tres repeticiones. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza y comparación de medias con prueba de Tukey, ($p \leq 0.05$). Al finalizar los 56 días después del trasplante, *T. asperellum*, estimuló en las plantas la altura (10.5%), el diámetro de tallo (5.9%), el carbono intercelular (5.1%), el

contenido de Mg^{2+} hasta un (52.7%) y Ca^{2+} (33.3%). El suelo y bagazo más *T. asperellum* aumentó el número de botones (29.6%) y flores (46.9%), diámetro floral (45.9%), peso de masa fresca (26.1%), volumen radical (38.3%), uso eficiente del agua (76.4%) la floración (7.9%) y transpiración (45.3%). El sustrato suelo y bagazo estimuló la tasa de asimilación de CO_2 (46.3%) conductancia estomática (55.5%), contenido de K^+ (19.2%) y Mn^{4+} (31.4%) con respecto al testigo. La nutrición con Biol y la solución nutritiva de Steiner estimuló el área foliar (15.9%), peso de masa fresca (33.6%) y seca (35.5%), número de botones (32.5%) y de flores (61%), la floración (8.6%), unidades (SPAD) (9.1%), tasa de asimilación de CO_2 (39.2%), conductancia estomática (55.5%), uso eficiente del agua (67.7%) y la transpiración (36%), el contenido de N^{3+} (9.2%) P^{3+} (41.6%), K^+ (93.4%) Mg^{2+} (51.2%) y Ca^{2+} (22.5%) comparado con el testigo solo agua. Las plantas en suelo y bagazo de henequén más *T. asperellum* con la nutrición con Biol fueron similares a la nutrición convencional.

Palabras clave: *Trichoderma asperellum*, Nutrición orgánica, Sustrato, *Eustoma grandiflorum*.