



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
COORDINACIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIA EN HORTICULTURA

CRECIMIENTO Y CALIDAD DE LISIANTHUS [*Eustoma grandiflorum* (Raf.) SHINNERS] CON MALLA SOMBRA DE COLORES Y BIOESTIMULANTE

TESIS PROFESIONAL

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA

ANGÉLICA VIVIANA RODRÍGUEZ CASTREJÓN

BAJO LA SUPERVISIÓN DE:

DRA. ANA MARIA CASTILLO GONZALEZ



Chapingo, Estado de México, diciembre de 2025

CRECIMIENTO Y CALIDAD DE LISIANTHUS [*Eustoma grandiflorum* (Raf.) SHINNERS] CON MALLA SOMBRA DE COLORES Y BIOESTIMULANTE

Tesis realizada por **Angélica Viviana Rodríguez Castrejón** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR: 

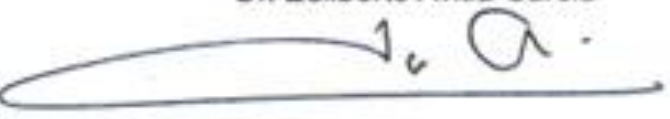
Dra. Ana María Castillo González

ASESOR: 

Dr. Efrén Fítz Rodríguez

ASESOR: 

Dr. Edilberto Avitia García

ASESOR: 

Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
AGRADECIMIENTO.....	x
DATOS BIOGRAFICOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3. HIPOTESIS.....	4
4. REVISION DE LITERATURA	
4.1 Floricultura en México.....	5
4.2 Cultivo de lisianthus.....	5
4.3 Importancia de lisianthus.....	6
4.4 Bioestimulantes.....	7
4.5 Microorganismos promotores del crecimiento de las plantas.....	7
4.6 Bacterias promotoras del crecimiento.....	8
4.7 Hongos micorrícicos arbusculares.....	9
4.8 Radiación en las plantas.....	10
4.9 Radiación fotosintéticamente activa (PAR).....	11
4.10 Receptores de luz en las plantas.....	11
4.11 Malla sombra.....	12
4.12 Mallas sombra de colores/fotoselectivas.....	12
5. MATERIALES Y MÉTODOS	
5.1 Ubicación del experimento.....	14

5.2	Condiciones ambientales.....	14
5.3	Material vegetal.....	17
5.4	Sistema de producción.....	17
5.4.1	Sustrato.....	17
5.4.2	Malla sombra.....	17
5.4.3	Bioestimulante.....	17
5.4.4	Riego y solución nutritiva.....	18
5.5	Diseño experimental y tratamientos.....	18
5.6	Variables evaluadas.....	19
5.7	Análisis de datos.....	22
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
6.1	Crecimiento de la planta.....	23
6.2	Altura de planta.....	25
6.3	Crecimiento de la flor.....	27
6.4	Crecimiento de la raíz.....	29
6.5	Concentración nutrimental de la parte aérea (tallo, hojas y flores)	30
6.6	Contrastes ortogonales.....	36
6.6.1	Sin malla vs malla azul.....	36
6.6.2	Sin malla vs malla beige.....	37
6.6.3	Sin malla vs malla negra.....	38
6.6.4	Sin malla vs malla verde.....	40
6.6.5	Testigo (sin malla, con SN al 100% y sin bioestimulante) vs malla azul, beige, negra y verde con SN al 100 %.....	41
6.6.6	Sin malla, con SN al 100% vs malla azul, beige, negra y verde con SN al 100 %.....	43
7.	CONCLUSIONES.....	44
8.	LITERATURA CITADA.....	46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Temperatura máxima promedio y mínima promedio (°C) por mes y por tratamiento durante el ciclo del cultivo de lisianthus cv. Mariachi Pink cultivado en invernadero con mallas sombra de colores, bioestimulante y diferentes concentraciones de solución nutritiva.....	14
Cuadro 2. Humedad relativa (%) máximas y mínimas promedio por mes y por tratamiento durante el ciclo del cultivo de lisianthus cv. Mariachi Pink cultivado en invernadero con mallas sombra de colores, bioestimulante y diferentes concentraciones de solución nutritiva.....	15
Cuadro 3. Radiación solar por tratamiento, durante el ciclo de cultivo de lisianthus cv. Mariachi Pink cultivado en invernadero con malla sombra de colores.....	15
Cuadro 4. Temperatura (°C), humedad relativa (%) e irradiancia espectral ($\mu\text{mol cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{nm}^{-1}$) medidas bajo las mallas sombra de colores evaluadas.....	16
Cuadro 5. Composición de la solución nutritiva, pH y conductividad eléctrica (CE), en tres concentraciones, utilizada en lisianthus cv. Mariachi Pink.....	18
Cuadro 1. Descripción de los tratamientos.....	19
Cuadro 7. Características de crecimiento de las plantas de lisianthus cv. Mariachi Pink cultivadas en invernadero bajo malla sombra de colores con bioestimulante y diferentes concentraciones de solución nutritiva.....	24
Cuadro 8. Características de crecimiento del tallo floral de las plantas de lisianthus cv. Mariachi Pink cultivadas en invernadero bajo malla sombra de colores, bioestimulante y diferentes concentraciones de solución nutritiva.....	26

Cuadro 9. Características de crecimiento de la flor de las plantas de lisianthus cv. Mariachi Pink cultivadas bajo invernadero con malla sombra de colores con bioestimulante y diferentes concentraciones de solución nutritiva.....	28
Cuadro 10. Características de crecimiento de la raíz de las plantas de lisianthus cv. Mariachi Pink cultivadas bajo invernadero con malla sombra de colores con bioestimulante y diferentes concentraciones de solución nutritiva.....	29
Cuadro 11. Concentración nutrimental (%) de macronutrientes en plantas de lisianthus cv. Mariachi Pink cultivadas bajo invernadero, malla sombra de colores con bioestimulante y diferentes concentraciones de solución nutritiva.....	32
Cuadro 12. Concentración nutrimental (mg/kg) de micronutrientes de las plantas de lisianthus cv. Mariachi Pink cultivadas bajo invernadero con malla sombra de colores con bioestimulante y diferentes concentraciones de solución nutritiva.....	35
Cuadro 13. Contrastes de las características de las plantas de lisianthus cv. Mariachi Pink cultivadas sin malla en tres concentraciones (100, 75, 50 %) de solución nutritiva vs las plantas cultivadas en malla azul con tres concentraciones (100, 75, 50 %) de solución nutritiva bajo condiciones de invernadero.....	36
Cuadro 14. Contrastes de las características de las plantas de lisianthus cv. Mariachi Pink cultivadas sin malla en tres concentraciones (100, 75, 50 %) de solución nutritiva vs las plantas cultivadas en malla beige con tres concentraciones (100, 75, 50 %) de solución nutritiva bajo condiciones de invernadero.....	37
Cuadro 15. Contrastes de las características de las plantas de lisianthus cv. Mariachi Pink cultivadas sin malla en tres concentraciones (100, 75, 50 %) de solución nutritiva vs las plantas cultivadas en malla negra con tres	

concentraciones (100, 75, 50 %) de solución nutritiva bajo condiciones de invernadero.....	39
Cuadro 16. Contrastes de las características de las plantas de lisianthus cv. Mariachi Pink cultivadas sin malla en tres concentraciones (100, 75, 50 %) de solución nutritiva vs las plantas cultivadas en malla verde con tres concentraciones (100, 75, 50 %) de solución nutritiva bajo condiciones de invernadero.....	40
Cuadro 17. Contrastes de las características de las plantas de lisianthus cv. Mariachi Pink cultivadas sin malla, con SN al 100 % y sin bioestimulante (testigo) con solución nutritiva al 100 % vs las plantas cultivadas en malla de colores (azul, beige, negra, verde) con solución nutritiva al 100 % bajo condiciones de invernadero.....	41
Cuadro 18. Contrastes de las características de las plantas de lisianthus cv. Mariachi Pink cultivadas sin malla con solución nutritiva al 100 % vs las plantas cultivadas en malla de colores (azul, beige, negra, verde) con solución nutritiva al 100 % bajo condiciones de invernadero.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Intensidad de flujo de fotones (PFD) bajo mallas sombra de colores, sin malla y afuera del invernadero, al medio día solar (12:00 pm) con cielo despejado.....	16
--	----

DEDICATORIA

A mi madre, Martina Rodríguez Castrejón †, aunque ya no estás físicamente, tu recuerdo es la enseñanza más valiosa que me impulsa a seguir adelante, a ser mejor persona y profesional. Con todo mi amor, te dedico este logro, que es tanto mío como tuyo.

A mi madre, Inés Rodríguez Castrejón, por darme la vida, y por tu apoyo constante e incondicional que nunca ha faltado, siendo un pilar fundamental para la culminación de este proyecto.

A mi abuela, Margarita Castrejón Hernández, por ser el corazón de nuestra familia. Te agradezco por tu fe en mí, tus sabios consejos, tu amor y apoyo para alcanzar este meta.

A mi gato Einstein, por su compañía, por estar en mis momentos difíciles y por ser mi recordatorio diario de la belleza que hay en la simpleza de la vida y el amor puro. Gracias por inspirarme cada día.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por la vida, la salud, la sabiduría y la oportunidad de culminar un logro más en mi vida.

A la Universidad Autónoma Chapingo, por ser mi *Alma Mater* y por brindarme la oportunidad de continuar con mi formación académica.

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), por el fundamental apoyo económico otorgado para la continuación de mis estudios de posgrado.

Al instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia por el espacio donde se realizó y desarrollo esta investigación.

A la Dra. Ana Maria Castillo, mi directora de tesis, por dirigir este trabajo, por la sabiduría, paciencia, dedicación y tiempo otorgado.

Al comité asesor: al Dr. Efrén Fitz Rodríguez, Dr. Edilberto Avitia García, Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar, por sus valiosas recomendaciones, revisiones, correcciones, tiempo y apoyo brindado a lo largo de este proceso.

A mi familia, por su amor incondicional, comprensión y apoyo constante.

A M. Nicolasa Bautista J. y E. Daniel R. Arvizu, quienes me brindaron su amistad, apoyo, ayuda y contribuyeron de manera significativa a la realización de este trabajo. ¡Gracias, amigos!

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Angélica Viviana Rodríguez Castrejón

Fecha de Nacimiento: 22 de agosto de 1999

CURP: ROCA990822MDFDSN03

Profesión: Ingeniera Agrónoma Especialista en Fitotecnia



Datos académicos

Bachillerato: Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de México (CECyTEM)

Licenciatura: Universidad Autónoma Chapingo

Cedula profesional: 13715723

RESUMEN

CRECIMIENTO Y CALIDAD DE LISIANTHUS [*Eustoma grandiflorum* (Raf.) SHINNERS] CON MALLA SOMBRA DE COLORES Y BIOESTIMULANTE¹

El lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) es una flor de gran valor económico a nivel internacional y nacional, por su variedad de colores y su larga vida en florero. No obstante, la agricultura enfrenta desafíos por el cambio climático, afectando temperatura, humedad y precipitación. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de mallas sombra de diferentes colores, con el uso de un bioestimulante a base de hongos micorrícicos arbusculares (HMA) y bacterias promotoras del crecimiento (BPC) en diferentes concentraciones de solución nutritiva (SN), en el crecimiento y calidad de lisianthus cv. Mariachi Pink. Los tratamientos se basaron en cuatro mallas sombra de color (azul, beige, negra y verde) y dos tratamientos sin malla. Se evaluó la aplicación de un bioestimulante y tres concentraciones de SN (100, 75 y 50 %), incluyendo un testigo (sin malla, sin bioestimulante y con SN al 100 %). La malla beige con SN al 75 % redujo la duración del cultivo en 6 días en comparación con el testigo y adelantó la aparición del primer botón floral en 5 días, ambos con diferencias significativas. Adicionalmente, este tratamiento incrementó la longitud de la flor en un 11 %, el volumen de la raíz en un 50 % y la altura de la planta en un 8 %, aunque con valores similares a los del testigo. Las plantas de la malla negra presentaron tres veces más concentración de Cu que las plantas testigo. Las plantas de la malla verde con SN al 100 %, tuvieron concentraciones 35 % mayores de Ca y Mg, 24 % mayores de P, 40 % mayores de K, y 77 % más B que el testigo. Las plantas cultivadas sin mallas con SN al 75 % presentaron un aumento del 38 % en vida en florero. Los resultados demostraron que el ambiente es el factor determinante para el crecimiento y calidad del lisianthus cv. Mariachi Pink, siendo la malla beige con SN al 75 % el tratamiento más destacado, al superar al testigo en precocidad del cultivo, aparición del primer botón floral, longitud de la flor y altura de la planta.

Palabras claves: hongos micorrícicos, factores climáticos, bacterias promotoras del crecimiento, concentración nutrimental

¹ Maestría en Ciencias en Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo.
Autor: Angélica Viviana Rodríguez Castrejón
Director de Tesis: Ana María González Castillo

ABSTRACT
GROWTH AND QUALITY OF LISIANTHUS [*Eustoma grandiflorum* (Raf.) SHINNERS] WITH COLORED SHADE NETS AND BIOESTIMULANT²

The lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) is a flower of great economic value at an international and national level due to its variety of colors and long vase life. However, agriculture faces challenges due to climate change, affecting temperature, humidity, and precipitation. The objective of this research was to evaluate the effect of different colored shade nets, combined with the use of a bio-stimulant based on arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and plant growth-promoting bacteria (PGPB) at different concentrations of nutrient solution (NS), on the growth and quality of lisianthus cv. 'Mariachi Pink'. The treatments were based on four colored shade nets (blue, beige, black, and green) and two treatments without nets. The application of a bio-stimulant and three NS concentrations (100, 75, and 50 %) were evaluated, including a control (no net, no bio-stimulant, and 100 % NS). The beige net with 75 % NS reduced the crop cycle duration by 6 days compared to the control and advanced the appearance of the first floral bud by 5 days, both with significant differences. Additionally, this treatment increased flower length by 11 %, root volume by 50 %, and plant height by 8%, although these values were similar to those of the control. Plants under the black net showed three times more Cu concentration than the control plants. Plants under the green net with 100 % NS had concentrations that were 35 % higher in Ca and Mg, 24 % higher in P, 40 % higher in K, and 77 % higher in B than the control. Plants grown without nets and with 75 % NS showed an increase of 38 % in vase life. The results demonstrated that the environment is the determining factor for the growth and quality of lisianthus cv. 'Mariachi Pink', with the beige net combined with 75 % NS being the most outstanding treatment, as it outperformed the control in crop earliness, appearance of the first floral bud, flower length, and plant height.

Keywords: Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), climatic factors, plant growth-promoting bacteria (PGPB), nutrient concentration (NS).

² Thesis of Master of Science in Horticulture, Autonomous University of Chapingo.
Author: Angélica Viviana Rodríguez Castrejón
Thesis Advisor: Ana María González Castillo

1. INTRODUCCIÓN

La floricultura y la producción de plantas ornamentales representan un sector estratégico dentro de la economía mexicana; esta actividad no solo genera empleo y contribuye al ingreso de miles de familias, especialmente en zonas rurales, sino que también impulsa el desarrollo regional mediante la producción, comercialización y exportación de una amplia diversidad de flores y plantas (Gayosso-Rodríguez et al., 2016). La floricultura mexicana es una tradición y en la actualidad es una actividad importante que genera más de 250 mil empleos directos y casi un millón de empleos indirectos. El 60 % de la producción es realizada por mujeres (SIAP, 2022). El aumento en la producción de flores ha incrementado la competencia global, y los consumidores actualmente exigen una variedad de colores y formas específicas y uniformes (Naing & Kim, 2020).

Las investigaciones sobre el cultivo de *lisianthus* en México son pocas, aun cuando el *lisianthus* es considerado como una especie de alto interés y potencial económico, tanto para el mercado nacional como internacional. Su inclusión en la producción de flores de corte se debe a su amplia diversidad de colores, alta productividad y larga duración de vida en florero, lo que la convierte en una alternativa frente a las especies ornamentales tradicionales (Fernández-Pavía & Trejo-Téllez, 2018).

La agricultura se considera uno de los sectores más expuestos y vulnerables frente a los efectos del cambio climático a nivel global, esto se debe a su dependencia de factores ambientales como la temperatura y la precipitación; las proyecciones climáticas indican que muchas regiones del mundo experimentarían transformaciones drásticas en sus condiciones climáticas, incluyendo aumentos en la temperatura, modificaciones en los niveles de lluvia y una mayor frecuencia e intensidad de fenómenos extremos, como las sequías prolongadas; estos cambios tendrán efectos en la producción (Bejarano et al., 2021). Una de las estrategias para mitigar los efectos del cambio climático y mitigar la radiación solar intensa y temperaturas altas, es el uso de la malla sombra. En la actualidad, en la horticultura el conocimiento sobre cómo las plantas responden a la luz se

está aplicando, a través del uso de mallas o películas foto-selectivas (Ilic et al., 2017). Las mallas fotoselectivas comenzaron a emplearse en la agricultura como una herramienta para mejorar la eficiencia y productividad de los cultivos (Peñuelas et al., 2024).

La producción y productividad en cultivos sin suelo dependen, entre otros factores, del uso de agroquímicos como fertilizantes y plaguicidas. Los fertilizantes más utilizados son principalmente nitrogenados, fosforados y potásicos; sin embargo, estos productos han generado efectos nocivos en el ambiente por la aplicación inadecuada, debido a su alta toxicidad, movilidad en el suelo y residualidad (Espinosa-Antón et al., 2025). Por eso, cada vez más, es necesario implementar estrategias que mejoren el manejo de los nutrientes en los sistemas agrícolas, particularmente en sistemas de cultivo sin suelo. Esto con el fin de maximizar su aprovechamiento por las plantas; lo cual no solo contribuye a una nutrición vegetal más eficiente y al incremento en la productividad de los cultivos, sino que también permite disminuir los impactos negativos en el ambiente, que se generan por pérdida de nutrientes. Por ello, se requiere un enfoque sostenible que permita mejorar la eficiencia en el uso de los fertilizantes. Los productos biotecnológicos basados en Microorganismos Promotores del Crecimiento Vegetal (PGPM), pueden mejorar la productividad de los cultivos y contribuir a la sostenibilidad de la agricultura (Espinosa-Antón et al., 2025). Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) desempeñan un papel fundamental dentro del funcionamiento de los ecosistemas, debido a su estrecha y beneficiosa relación con las plantas. Estos microorganismos fúngicos han cobrado gran relevancia en el ámbito de la nutrición vegetal, ya que forman asociaciones simbióticas con las raíces de la mayoría de las especies vegetales (Bhantana et al., 2021). Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPC) representan una alternativa eficaz y sostenible para los productores agrícolas, ya que contribuyen a reducir significativamente el uso excesivo de agroquímicos; por lo que su uso logra una producción más rentable, saludable y una agricultura sostenible (Jiménez et al., 2020).

La aplicación conjunta de HMA y BPC ha demostrado generar un efecto sinérgico altamente beneficioso en los sistemas agrícolas; esta interacción potencia de manera significativa diversos aspectos del desarrollo de las plantas, como el crecimiento vegetativo, el rendimiento productivo y la calidad final de los cultivos. La acción complementaria de ambos grupos de microorganismos mejora la disponibilidad y absorción de nutrientes esenciales y estimula el desarrollo del sistema radical (Obianuju & Olubukola, 2020).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de mallas sombra de diferentes colores, en conjunto con el uso de un bioestimulante a base de HMA y BPC a diferentes concentraciones de solución nutritiva, en el crecimiento y calidad de lisianthus cv. Mariachi Pink, para determinar la mejor opción de un sistema alternativo de producción.

2.2. Objetivos específicos

- a) Evaluar el efecto de las mallas sombra de colores, micorrizas y bacterias promotoras del crecimiento, en el crecimiento, calidad de la flor y contenido nutrimental de plantas de lisianthus.
- b) Evaluar el efecto de la concentración de la solución nutritiva en el crecimiento, calidad de la flor y estado nutrimental de plantas de lisianthus.

3. HIPOTESIS

El crecimiento y calidad de lisianthus será modificada por el color de la malla sombra y la aplicación de un bioestimulante a base de HMA Y BPC en función de la concentración de la solución nutritiva.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Floricultura en México

En México, la floricultura se posiciona como una de las actividades más rentables dentro del sector agropecuario, destacando por generar ingresos altos en comparación con los cultivos tradicionales de menor productividad (Ramírez & Avitia-Rodríguez, 2017). En México, el sector florícola, se posiciona en el cuarto lugar entre los rubros con mayor volumen de exportación. Estados Unidos es el principal país importador con el 90 % del volumen del mercado de flores y capullos; mientras que Holanda importa el 6 % (Tejada-Sartorius & Arévalo-Galarza, 2018). México es de los países que tienen amplio potencial de crecimiento en este sector, debido a que cuenta con condiciones altamente favorables, como un clima propicio para una amplia variedad de cultivos, disponibilidad de mano de obra, un mercado interno amplio y una ubicación geográfica cercana a uno de los principales países consumidores a nivel mundial que es Estados Unidos (Tejada-Sartorius & Arévalo-Galarza, 2018).

En el país la producción se encuentra principalmente concentrada en los estados de Jalisco, Estado de México, Morelos, Puebla y Michoacán. El Estado de México se posicionó como la entidad líder en volumen de producción a nivel nacional, en 2021, destacándose en la generación de seis de las especies ornamentales más cultivadas: girasol, rosa, gerbera, crisantemo, gladiola y liliun. Los principales municipios son Valle de Bravo, Villa Guerrero, Tenancingo y Amanalco; además; la ciudad de México sobre-sale como la única entidad a nivel nacional en la producción de tulipán holandés en Xochimilco (Maldonado et al., 2023).

4.2. Cultivo de *Lisianthus*

Eustoma grandiflorum (Raf.) Shinnars, comúnmente conocido como lisianthus, es una especie herbácea que pertenece a la familia Gentianaceae, presenta un ciclo de vida bienal pero su cultivo se realiza como una planta anual; esta especie se distingue por su tallo erecto, follaje y flores atractivas (Rodríguez-Hernández

et al., 2021). El lisianthus es una especie ornamental, utilizada principalmente como flor de corte, es originaria de las regiones del norte de México y el sur de los Estados Unidos (López-Guerrero et al., 2020). En México el cultivo de lisianthus fue introducido a finales de la década de los 1990s, y debido a la creciente demanda de los consumidores, se ha convertido en una alternativa popular para los productores impulsando su desarrollo en el país (Hernández-Pérez et al., 2016). En la actualidad, su cultivo se ha extendido principalmente a países como Japón, Europa y Estados Unidos debido a la gran diversidad de flores y alta productividad (Rodríguez-Hernández et al., 2021). El cultivo de lisianthus se ha consolidado como una de las especies más apreciadas en el mercado global de flores, su creciente popularidad se debe, en gran medida, a su floración uniforme, así como a su atractivo estético, ya que sus flores presentan una apariencia elegante y delicada similar a la de las rosas (Kwon et al., 2024). Debido a sus flores grandes y vistosas que tienen un notable parecido con las rosas, sus largos tallos y su durabilidad en florero, el lisianthus ha ganado una creciente aceptación entre los productores, su popularidad la ha catalogado como “la próxima rosa” (Liang et al., 2022).

4.3. Importancia del lisianthus

A nivel mundial en el 2020 la producción en Canadá fue de 8 034 000 de flores de lisianthus cortadas, encontrándose entre las 10 flores más producidas en ese año. En la República de Corea, en el mismo año, se registraron 21 ha de área de producción y 5 millones de piezas en producción. En Turquía se registró en ese año un área de producción de 27 ha y 17.8 millones de piezas producidas. En Estados Unidos en el año 2015 se registraron 896 000 tallos de producción (AIPH, 2021). En México, la superficie cultivada de lisianthus no se encuentra del todo reportada. Pero se tienen registros de que el lisianthus se produce en varios estados del país principalmente en el Estado de México, Morelos, Puebla, Jalisco y Michoacán, siendo el Estado de México la principal entidad en 2021 (Maldonado et al., 2023). En 2021 se registró una producción de 4 ha de superficie sembrada,

con un rendimiento de 9 750 t (SIAP, 2021), para el año 2023 se reportó una superficie de 1 ha en el estado de Michoacán (SIAP, 2023).

4.4. Bioestimulantes

Los bioestimulantes son compuestos, a base de mezclas de sustancias o microorganismos específicos que, cuando se aplican en cantidades reducidas sobre plantas, semillas o la rizosfera, estimulan procesos naturales que mejoran o benefician la absorción de nutrimentos, eficiencia nutrimental, tolerancia al estrés abiótico, crecimiento, productividad o calidad de los cultivos, independientemente del aporte nutrimental que puedan dar a las plantas (Espinosa-Antón et al., 2025). Los bioestimulantes en la producción de flores favorecen especialmente el vigor de las semillas y de los trasplantes, promueven el desarrollo vegetativo y mejoran el rendimiento y sobre todo la calidad de las flores (Shahrajabian et al., 2021). En un estudio que hizo Hanco (2024), observó mejoras significativas en la calidad del tallo, desarrollo del botón floral en dos variedades de rosa (Rojo Freedom y Amarillo Gold Strike), mediante el uso de bioestimulantes. En otro estudio realizado por Ahmad et al. (2025) emplearon estimulantes en *Eustoma grandiflorum* y *Matthiola incana*, y observaron mejoramiento en el crecimiento y desarrollo, obtuvieron una producción de tallos robustos y de alta calidad en ambas especies. Los bioestimulantes pueden contener insumos muy diversos, incluyen: inoculantes, mejoradores orgánicos del suelo, reguladores del crecimiento tipo 1: que se basan en sustancias que se encuentran naturalmente en los tejidos vegetales y se obtienen mediante extracción, fermentación, síntesis u otros métodos, se les conocen como fitohormonas u hormonas vegetales. Por otra parte, están los reguladores del crecimiento tipo 2: sustancias obtenidas por síntesis y no se encuentran de forma natural en la planta (Espinosa-Antón et al., 2025).

4.5. Microorganismos promotores del crecimiento de las plantas

Los microorganismos promotores del crecimiento de las plantas (PGPMs, por sus siglas en inglés) comprenden un grupo diverso de organismos beneficiosos que interactúan positivamente con las plantas, favoreciendo su desarrollo y productividad. Dentro de este grupo se incluyen las bacterias promotoras del crecimiento (BPC), los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y los rizobios; cada uno con funciones y mecanismos específicos. Las PGPB mejoran la absorción de nutrientes que regulan el equilibrio hormonal y fortalecen la resistencia frente a patógenos. Los HMA establecen asociaciones simbióticas con las raíces, expandiendo la red de absorción hídrica y mineral, particularmente el fósforo. Por su parte los rizobios se especializan en fijar nitrógeno atmosférico en simbiosis con las leguminosas (Dhawi, 2023). En la última década, se han realizado diversas investigaciones con el uso de microorganismos benéficos en el desarrollo vegetal, particularmente cuando se emplean como bioestimulantes. Alori et al. (2017) utilizaron cepas bacterianas de *Azospirillum brasilense* y *Bacillus subtilis* en trigo y maíz, donde se obtuvo de manera significativa un aumento en el rendimiento, debido a la fijación biológica del nitrógeno y la solubilización del fósforo y producción de fitohormonas. En otro estudio, utilizaron consorcios microbianos con capacidad para inducir resistencia sistémica en donde se observó una reducción en la incidencia de enfermedades y mejoras en la calidad de frutos en cultivos hortícolas como el tomate y el pimiento (Moreno et al., 2018). Estos resultados demuestran la importancia de los PGPMs en la implementación de estrategias de manejo agrícola para disminuir el uso y dependencia de insumos químicos y poder fomentar una producción más sostenible (Saha et al., 2023)

4.6. Bacterias promotoras del crecimiento

Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPC) desempeñan un papel crucial en el desarrollo saludable de las plantas, actuando a través de diversos mecanismos tanto directos como indirectos. De manera directa, estas bacterias favorecen el crecimiento, al facilitar la adquisición de los recursos esenciales,

como los nutrimentos minerales y agua, así como al regular los niveles de fitohormonas que influyen en procesos clave como la expansión celular, división celular y formación de raíces. Por otro lado, de forma indirecta, las BPC, contribuyen a proteger a las plantas al reducir o mitigar los efectos negativos causados por fitopatógenos. Esto lo logran con la producción de compuestos antimicrobianos o la inducción de mecanismos de defensa en la planta (Obianuju & Olubukola, 2020). En un estudio Rolli et al., (2017), probó BPC en vid y obtuvo un mejor crecimiento de la vid en campo, debido a que ayudó en promover el crecimiento vegetativo lo que ocasionó un aumento en la superficie fotosintética de la vid. En otro estudio Hernández-Valladares et al. (2021), inocularon BPC en *Solanum lycopersicum* L. y como resultado se observó que las bacterias promovieron el incremento del peso fresco y seco de la raíz y de la hoja, así como del peso del fruto y número de semillas del tomate, por lo que llegaron a la conclusión de que las BPC pueden aplicarse como alternativa para obtener frutos de calidad.

4.7. Hongos micorrízicos arbusculares

Los HMA intervienen en la mejora del comportamiento hídrico del suelo, así como en la eficiencia de absorción de nutrimentos como el fósforo, nitrógeno, potasio, calcio, azufre y micronutrimentos como zinc y cobre por parte de las plantas (García-Mares et al., 2024). Esta condición se vuelve especialmente relevante en condiciones adversas, ya sea por factores bióticos, como la presencia de patógenos o abióticos, como condiciones de sequía, temperaturas extremas, salinidad o la presencia de metales pesados (Bhantana et al., 2021). Esta simbiosis es ampliamente común en la naturaleza, que se estima que aproximadamente el 80 % de las especies de plantas terrestres en todo el mundo, mantienen este tipo de relación benéfica con los hongos micorrízicos; la formación exitosa de la colonización por parte de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) esta influenciada por una serie de factores tanto biológicos como edáficos (Kim et al., 2017). Entre los aspectos biológicos, destaca el

genotipo de la planta hospedera y del hongo asociado, ya que la compatibilidad entre ambos organismos puede determinar el grado y la eficacia de la simbiosis. Por otro lado, las condiciones del suelo juegan un papel importante, características como el pH, la conductividad eléctrica (CE), el contenido de materia orgánica (MO), la disponibilidad de fósforo inorgánico (Pi) y la presencia de nutrientes disponibles, pueden impulsar variaciones en las comunidades (Mena et al., 2021). En un estudio de Uc-Ku et al. (2019) inocularon con HMA plantas de *Heliconia stricta* en invernadero y como resultado obtuvieron un mejor desarrollo de las plantas, con un mayor crecimiento, mayor número de brotes y mayor tasa fotosintética. En otro estudio de Hernández-Acosta et al. (2018), experimentaron con HMA del género *Glomus* spp. en café (*Coffea arabica* L) en las variedades Garnica, Catimor, Caturra y Catuaí; y obtuvieron un incremento en el crecimiento de plantas. Aunque mencionaron que el efecto de la inoculación fue dependiente de la variedad, por lo que se obtuvieron respuestas diferentes. Los HMA se instalan en las raíces de las plantas formando una extensa red de micelio en el suelo; de esta manera se forma la simbiosis micorriza-planta donde ambas partes serán beneficiadas. Los hongos tendrán un lugar en la planta para desarrollarse y alimentarse y a cambio este le brindara una mayor protección en condiciones de estrés, salinidad, acidez, elementos tóxicos o frente al ataque de patógenos de las raíces, ayudando a que la planta tenga un mayor acceso a agua y nutrientes deficientes en el suelo (P, Cu y Zn) (Delgado & Gutiérrez, 2022).

4.8. Radiación en las plantas

En el campo de la fotobiología, las longitudes de onda más relevantes para el desarrollo vegetal comprenden las regiones del ultravioleta, la luz visible y el infrarrojo; se ha demostrado que la radiación dentro del rango de 300 a 900 nanómetros puede influir significativamente en el crecimiento y en los procesos fisiológicos; sin embargo, no solamente depende de la calidad del espectro de radiación, sino también de otras características como intensidad (cantidad de luz) y duración (fotoperiodo), así como de factores climáticos (Casierra-Posada &

Peña-Olmos, 2015). Las plantas requieren de la radiación solar como fuente esencial de energía para llevar a cabo la fotosíntesis y transpiración; por ello cuando crecen en entornos con irradiación limitada, su crecimiento y desarrollo pueden verse afectados (Galvão et al., 2019)

4.9. Radiación fotosintéticamente activa (PAR)

El desempeño agronómico de los cultivos está relacionado con factores ambientales claves como la radiación solar y la temperatura del aire, especialmente la radiación fotosintéticamente activa (PAR); la radiación PAR es esencial, para la fotosíntesis. Por otro lado, la temperatura de las hojas influye directamente en la velocidad y eficiencia de los procesos fisiológicos (Zhou et al., 2022). La radiación fotosintéticamente activa (PAR) o también definida como la densidad del flujo de fotones fotosintéticos (PPFD) está comprendida en el rango de 400 a 700 nm del espectro electromagnético (Gómez et al., 2024). Aunque recientemente este concepto se ha utilizado al llamado PAR extendido (ePAR) que comprende de 380 a 760 nm (Zhen et al., 2021).

4.10. Receptores de luz en las plantas

En las plantas se han identificado tres tipos principales de fotorreceptores. Los fitocromos, que son sensibles a la luz roja y roja lejana (FR), desempeñan un papel fundamental en la regulación de la germinación; además, participan en la síntesis y señalización de giberelinas (GA); así como en el proceso de la des-etiolación y respuestas que permiten a la planta evitar la sombra (Galvão et al., 2019). Los criptocromos son fotorreceptores que responden principalmente a la luz azul y a la radiación ultravioleta A (entre 320 y 400 nm). Estos receptores juegan un papel importante en la regulación del crecimiento del hipocotilo, favorecen la apertura y desarrollo de los cotiledones y participan en el inicio del desarrollo de los cloroplastos; además, están involucrados en procesos clave como el crecimiento foliar y la regulación del fotoperiodo para floración (Wang et al., 2022). Las fototropinas son fotorreceptores que reaccionan a la luz azul y a

la radiación ultravioleta A. Cumplen funciones clave como el crecimiento diferencial de las células vegetales; además, contribuyen a optimizar la eficiencia fotosintética al regular procesos como la apertura de los estomas, el aplanamiento de las hojas y el movimiento de los cloroplastos, permitiendo que estos se orienten de forma adecuada en relación con la dirección de la luz que reciben (Folta & Carvalho, 2015).

4.11. Mallas sombra

El empleo de las mallas de sombreo se ha consolidado como una opción cada vez más efectiva para proteger los cultivos agrícolas, al permitir la creación de un microclima más favorable para su desarrollo. Estas estructuras simples contribuyen a la modificación de factores ambientales clave como la temperatura del aire y hojas, la humedad relativa y la intensidad de radiación solar, mejorando las condiciones de crecimiento. Diversos estudios han demostrado que el uso de este tipo de cobertura atenúa los efectos de las variaciones climáticas extremas, disminuye el estrés térmico y reduce los daños ocasionados por factores como el calor excesivo, las bajas temperaturas y los vientos intensos; además, las mallas actúan como una barrera física eficaz frente a amenazas externas, como el granizo y la presencia de aves, mejorando así la seguridad y el rendimiento de los cultivos (Pandey et al., 2023).

4.12. Mallas sombra de colores / fotoselectivas

Las mallas de sombreo de colores o fotoselectivas que se utilizan actualmente en la agricultura están elaboradas con una variedad de materiales, lo que les confiere propiedades ópticas específicas. Estas mallas no solo se diferencian por su color, sino también por su capacidad para modificar la calidad espectral que llega a los cultivos, ya que presentan distintos niveles de transmisión, absorción y reflexión en diferentes zonas del espectro electromagnético (López-Marín et al., 2019).

El uso de mallas de colores en los cultivos puede influir de manera significativa en diversas respuestas fisiológicas de las plantas que están regulas por la luz, por lo que funcionan como estrategia para mejorar y optimizar la producción agrícola (Peñuelas et al., 2024). En un estudio Peñuelas et al. (2024) probaron mallas fotoselectivas en arándano y sus resultados demostraron que estas mallas son una técnica eficaz para atenuar la radiación solar y reducir significativamente la radiación PAR y UV. Las mallas sombra de colores modifican la calidad del espectro electromagnético que llega a las plantas. Lo que puede estimular procesos como la fotosíntesis y la foto morfogénesis. Estas respuestas tienen un impacto directo en aspectos fundamentales del desarrollo vegetal, como el crecimiento del tallo, expansión de las hojas, la formación y maduración de los cloroplastos; así como, la síntesis de clorofila y de metabolitos secundarios (Devlin et al., 2007). En un estudio realizado por Carbajal et al. (2024) obtuvieron que el color de las mallas que utilizaron (negra y perla) influyen en diferentes aspectos. En sus resultados la malla color negra fue favorable para el estado hídrico del cultivo en el que fue utilizada (vid), y la malla color perla impactó sobre las variables fisicoquímicas, un mayor tamaño y una mayor concentración de sólidos solubles en el fruto. Estas mallas están diseñadas específicamente para modificar la composición del espectro, afectando regiones como el ultravioleta (UV), el espectro visible o el infrarrojo lejano. Estas modificaciones se consiguen incorporando al polietileno diversos adictivos cromáticos o compuestos funcionales que tiene la capacidad de reflejar ciertos tipos de radiación o absorber la radiación UV (Smith, 2021). Se demostró que las mallas Raschel de colores en Eucalipto (*Eucalyptus* spp.) presentó diferencias significativas a nivel de intensidad y calidad del espectro, que influyeron en la morfología y fisiología, donde las mallas color negro y azul promovieron mayor sombra y la malla color verde y azul transmitieron selectivamente (500 - 550 nm y 450 - 550 nm respectivamente). La malla blanca aumentó la altura y biomasa y la malla azul mayor desarrollo radical (Bustos- Salazar & Zuñiga-Feest, 2019).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación del experimento

La investigación se realizó en un invernadero con cubierta de cristal del Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, el cual se encuentra ubicado en las coordenadas de 19°20' N y 98°53 O', con una altitud de 2,240 m. El experimento se estableció durante la temporada primavera-verano de 2024.

5.2. Condiciones ambientales

Durante el experimento, en cada tratamiento se registró la temperatura del aire y la humedad relativa a intervalos de una hora durante el ciclo del cultivo (de mayo a julio del 2024) con un datalogger Elitech® RC-51H (Elitech Technology, California, EE. UU.). Este sensor se instaló a 50 cm de las mallas, a la mitad de la superficie ocupada por el cultivo. De los datos obtenidos durante cada mes, se calculó la temperatura y humedad relativa promedio y las máximas y mínimas (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 2. Temperaturas del aire máxima promedio y mínima promedio (°C) por mes durante el ciclo del cultivo de *lisianthus* cv. Mariachi Pink cultivado en invernadero con mallas sombra de colores, aplicación de bioestimulante y la concentración de solución nutritiva.

Mes	Tratamientos									
	Sin Malla		Malla Azul		Malla Beige		Malla Negra		Malla Verde	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Abril	30.3	18.7	28.2	18.0	32.0	19.0	29.7	18.7	-----	-----
Mayo	48.5	15.8	46.2	15.8	46.1	16.6	44.6	16.4	47.8	16.9
Junio	45.7	17.8	38.3	17.5	42.6	15.6	37.7	18.8	36.5	15.1
Julio	40.4	14.6	33.6	18.0	37.8	15.5	32.1	15.0	31.0	14.7

Cuadro 3. Humedad relativa (%) máximas y mínimas promedio por mes y por tratamiento durante el ciclo del cultivo de lisianthus cv. Mariachi Pink cultivado en invernadero con mallas sombra de colores, bioestimulante y diferentes concentraciones de solución nutritiva.

Mes	Tratamientos									
	Sin malla		Malla Azul		Malla Beige		Malla Negra		Malla Verde	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Abril	65.8	37.1	57.4	37.5	59.5	43.4	86.9	28.0	-----	-----
Mayo	71.1	23.6	73.1	26.6	74.9	28.4	73.0	27.4	65.5	33.2
Junio	79.0	28.7	78.8	39.7	82.6	36.5	80.6	40.5	77.8	26.1
Julio	88.1	42.7	93.9	51.0	93.6	45.3	95.6	53.1	82.7	41.7

En cada tratamiento de malla de color se registró una lectura al medio día (11:40) de la radiación incidente sobre el dosel (en luxes) con un luxómetro HI 97500 Hanna® (Hanna Instruments Inc. Italia) y la radiación PAR (Advanced Quantum Photobio®, EE. UU.) (Cuadro 3).

Cuadro 4. Radiación solar por tratamiento, durante el ciclo de cultivo de lisianthus cv. Mariachi Pink cultivado en invernadero con malla sombra de colores.

Tratamiento	Luz/luminosidad	Radiación
	(klx)	(PAR) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
Sin malla	54.4	996.6
Malla Azul	18.4	309.6
Malla Beige	15.3	202.3
Malla Negra	11.5	132.4
Malla Verde	24.4	224.6

A los 54 ddt al medio día (12:20 pm) se registró la irradiancia con un piranómetro MP-200 (Apogee Instruments, Inc. Logan, UT, EE. UU.), la radiación activa fotosintética con un sensor PAR de espectro completo MQ-500 (Apogee Instruments, Inc. Logan, UT, EE. UU.) (Figura 1), la intensidad de energía radiante con un radiómetro multiespectral de UV a NIR modelos PS-300 (Apogee Instruments, Inc. Logan, UT, EE. UU.) y la temperatura de las hojas con un

radiómetro infrarrojo MI-2H0 (Apogee Instruments, Inc. Logan, UT, EE. UU.) (Cuadro 4).

Cuadro 5. Temperatura (°C), humedad relativa (%) e irradiancia espectral ($\mu\text{mol cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{nm}^{-1}$) medidas bajo las mallas sombra de colores evaluadas.

Tratamiento	Temperatura del aire (°C)	Humedad relativa (%)	Irradiancia (w/m^2)	PAR ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	UV (w/cm^2)	Radiación global (w/m^2)
Sin malla	42.3	25.4	1306.6	1692	35.1	641
Malla azul	44.6	28.8	364.9	525, 69 %	7.8	277
Malla beige	49.1	29.1	400.6	622, 63 %	8.2	221
Malla negra	37.2	44.9	220.4	459, 73 %	10.1	195
Malla verde	40.5	17.6	242.2	386, 77 %	6.8	181

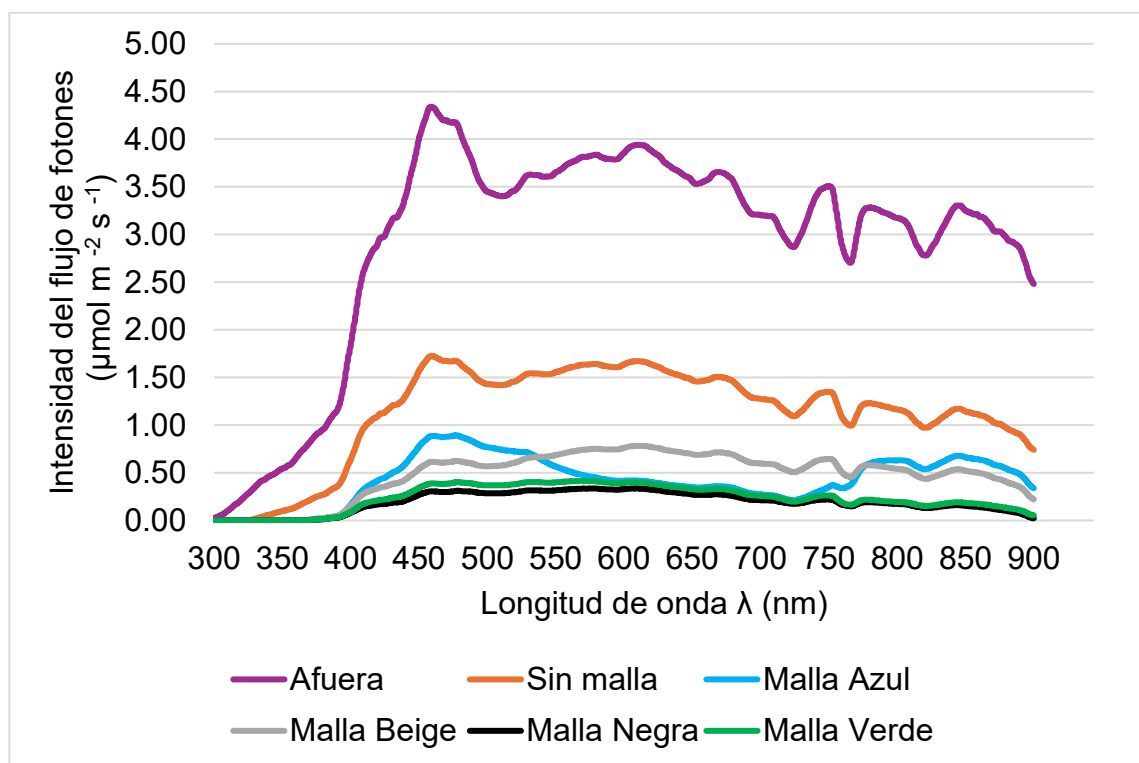


Figura 1. Intensidad de flujo de fotones (PFD) bajo mallas sombra de colores, sin malla y afuera del invernadero, al medio día solar (12:00 pm) con cielo despejado.

5.3. Material vegetal

Se utilizaron plántulas de lisianthus (*Eustoma glandiflorum* Raf. Shinnery) cv. Mariachi Pink.

5.4. Sistema de producción

5.4.1. Sustrato

El cultivo se estableció en un sistema hidropónico, con sustrato de tezontle rojo de 2 a 4 mm de diámetro. Se usaron bolsas de 8 L de capacidad, las cuales se colocaron en 3 hileras, con una distancia de aproximadamente 30 cm entre cada hileras y 25 cm entre plantas, con la finalidad de que quedaran dentro del área que cubría la malla sombra.

5.4.2. Malla sombra

Las plantas con tratamientos se establecieron bajo la cubierta de mallas sombra de colores (azul, verde, negra y beige), de monofilamento con 63 - 77 % de sombreo y para las plantas testigo no se les colocó malla sombra. Las mallas de colores de cada tratamiento se colocaron a una altura de 2 m; la malla tuvo una falda en cada costado para evitar la entrada de luz por los lados.

5.4.3. Bioestimulante

Las plantas bajo las mallas sombras de colores (azul, beige, negra y verde) y las de un tratamiento sin malla se inocularon con 50 mg de un producto que contenía HMA y BPC llamado PHC HortiC Plus® México, con un contenido de: 7,250 esporas/kg de *Glomus clarum*, *G. etunicatum*, *G. intraradices*, *Entrophospora columbiana* y 91,000 UFC/g de *Bacillus licheniformis*, *B. megaterium*, *B. polymyxa*, *B. subtilis*, *B. thuringiensis* y *Paenibacillus spp.*, solo por una ocasión

al momento del trasplante para que estuvieran en contacto con el cepellón de la plántula.

5.4.4. Riego y solución nutritiva

Los riegos se hicieron diariamente de forma manual, se utilizó la solución nutritiva (SN) de Steiner (1984), en una concentración de 100 %, 75 % y 50 % (Cuadro 5). Se inició con un volumen de 250 mL a partir del trasplante. A los 25 días después del trasplante (ddt) se aplicó un volumen de 500 mL. A los 40 ddt se aumentó a 750 mL y a los 50 ddt hasta la cosecha se aplicaron 1000 mL de SN.

Cuadro 6. Composición de la solución nutritiva, pH y conductividad eléctrica (CE), en tres concentraciones, utilizada en *lisianthus* cv. Mariachi Pink.

Fertilizante	Fórmula	SN 100 % g/200 L	SN 75 % g/200 L	SN 50 % g/200 L
Fosfato de potasio	KH_2PO_4	27.22	20.415	13.61
Sulfato de potasio	K_2SO_4	29.28	21.96	14.64
Ácido sulfúrico	H_2SO_4	16 (mL)	12 (mL)	8 (mL)
Nitrato de potasio	KNO_2	60.66	45.495	30.33
Nitrato de calcio tetrahidratado	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	112.02	84.015	56.01
Sulfato de magnesio heptahidratado	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	68.14	51.105	34.07
Micronutrientes	Tradecorp® AZ	5.9	4.425	2.95
pH		5.8	6.5	6.6
CE (Conductividad eléctrica)		1.7	1.3	1.0

5.5. Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con el uso de 4 mallas sombras de colores: azul, beige, negra y verde, con un porcentaje de sombreado de 63 - 77 % más un tratamiento sin malla y un tratamiento sin malla y sin aplicación del bioestimulante. Como resultado se obtuvieron 16 tratamientos

(Cuadro 6), con 8 repeticiones por tratamiento. Cada unidad experimental se consideró como una bolsa con una planta, resultando un total de 128 unidades experimentales.

Cuadro 7. Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Malla	Bioestimulante	Concentración de SN (%)
1 (testigo)	Sin malla	Sin bioestimulante	100
2	Azul	50 mg	100
3	Azul	50 mg	75
4	Azul	50 mg	50
5	Beige	50 mg	100
6	Beige	50 mg	75
7	Beige	50 mg	50
8	Negra	50 mg	100
9	Negra	50 mg	75
10	Negra	50 mg	50
11	Sin malla	50 mg	100
12	Sin malla	50 mg	75
13	Sin malla	50 mg	50
14	Sin malla	50 mg	100
15	Sin malla	50 mg	75
16	Sin malla	50 mg	50

5.6. Variables evaluadas

Las variables se registraron al final del experimento (65-90 ddt); cuando la primera flor de cada planta se abrió completamente.

Altura de la planta: se midió desde la base del tallo hasta el ápice de este, con un flexómetro (Truper®, México), en cuatro plantas tomadas al azar, por tratamiento.

Diámetro del tallo. Se hizo una medición en la base del tallo por arriba del sustrato a cada planta, se utilizó un vernier digital (Steren®, México), en las cuatro plantas a las que se les midió la altura.

Número de hojas. Se contaron los pares de hojas totales que tuvo cada planta, en las cuatro plantas a las que se les midió la altura.

Ramificaciones. Se contaron las ramificaciones (brotes) que tuvo el tallo principal, en las cuatro plantas a las que se les midió la altura.

Duración del ciclo del cultivo. Se contaron los días transcurridos desde el trasplante hasta cuando abrió el primer botón floral totalmente, en las cuatro plantas a las que se les midió la altura.

Índice de clorofila. Se midió con un medidor SPAD (Minolta 502; Konica Minolta Inc., Osaka, Japón) en una hoja madura de la parte media del tallo, se realizaron 3 mediciones al azar, por hoja, en cuatro plantas de cada tratamiento.

Peso fresco. Se cortó la parte aérea de la planta conformada por el tallo con hojas y flores; se pesó utilizando una balanza digital OHAUS® Gold Series (Estados Unidos), en las cuatro plantas a las que se les midió la altura.

Peso seco. Para obtener el peso seco, la parte aérea de las plantas que previamente se obtuvieron para registrar el peso fresco, se colocó en bolsas de papel perforadas y se secaron en un horno con aire forzado BINDER® (Alemania) por 72 h o hasta que se obtuvo un peso constante, a una temperatura de 65 °C y se pesaron en una balanza digital OHAUS® Gold Series (Estados Unidos).

Días a aparición de botones florales. Diariamente se observó la planta para registrar la aparición del primer botón floral en el tallo, de todas las plantas en cada tratamiento.

Número de botones. Se contó el número total de botones florales, en las cuatro plantas a las que se les midió la altura.

Diámetro de la flor. Se midió el diámetro con un vernier digital (Stereon®, México), de la primera flor completamente abierta, tomando la medida entre los ápices de los pétalos opuestos, en las cuatro plantas a las que se les midió la altura.

Longitud de la flor. Se midió desde donde termina el pedúnculo floral e inicia la corola, hasta la punta de los pétalos más largos que conformaron la corola, en las cuatro plantas a las que se les midió la altura.

Longitud de raíz. Se separó la raíz del resto de la planta (de las mismas plantas a las que se les tomaron las variables anteriores), se enjuagó con abundante agua para retirar el tezontle y se midió la longitud con un flexómetro (Truper®, México).

Volumen de raíz. Se midió por el método de desplazamiento de agua, en las raíces de las cuatro plantas a las que se les midió la longitud.

Peso fresco de la raíz. Se pesaron las raíces utilizando una balanza digital balanza OHAUS® Gold Series, (Estados Unidos), en las cuatro plantas a las que se les tomó la longitud y volumen.

Peso seco de la raíz. Se registró el peso seco de las raíces a las que se les tomó el peso fresco, esto después de haberlas colocado en bolsas de papel perforadas y haberlas secado en una estufa de aire forzado por 72 h o hasta que se obtuvo un peso constante a una temperatura de 65 °C, se pesaron las raíces utilizando una balanza digital balanza OHAUS® Gold Series, (Estados Unidos).

Concentración nutrimental. Se agruparon las plantas obtenidas de los tratamientos, de manera que se obtuvieran 3 muestras de cada tratamiento, las muestras fueron de la parte aérea de las plantas (tallos, hojas, flores y botones florales), se determinó la concentración de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, B y Mo. La digestión de la materia seca se realizó con 2 mL de una mezcla de ácido sulfúrico (H₂SO₄) y ácido perclórico (HClO₄) en relación 2:1 (v/v) y 1 mL peróxido de hidrógeno. La determinación de N se realizó por el método microKjeldahl y la

del resto de elementos (P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, B y Mo) con un espectrómetro de emisión atómica de plasma por inducción acoplada (ICP) modelo 725-ES de AGILENT® (Australia), siguiendo la metodología descrita por Alcántar y Sandoval (1999).

Días de vida en florero. Para esta variable se usaron cuatro repeticiones de cada tratamiento, cada tallo floral se colocó en una probeta con 500 mL de agua de la llave. Se rellenó diariamente y se cambió el agua completamente cada 4 días, se contaron los días hasta que la flor abierta se marchitó; es decir, cuando la flor perdió turgencia y rigidez; además de presentar pardeamiento en los pétalos.

5.7. Análisis de datos

El análisis de los resultados consistió en realizar un análisis de varianza, un análisis de contrastes ortogonales y la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$), utilizando el paquete estadístico SAS System versión 9 (SAS Institute, 2006).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Crecimiento de la planta

La duración de las plantas cultivadas en la malla azul con SN al 75 y 50 % fue, en promedio, 24 % mayor (en número de días) que en el testigo (sin malla, sin bioestimulante y SN al 100 %). Por otro lado, la duración del ciclo en plantas cultivadas en la malla beige con SN al 75 %, duró 6 días menos, que las plantas testigo ($p \leq 0.05$) (Cuadro 7). La luz (intensidad, calidad y el fotoperiodo), la temperatura y la disponibilidad de nutrimentos influyeron en la duración del cultivo (Blázquez, 2003). Esto puede explicar porque la malla azul con SN al 75 y 50 % tardaron más (en días) para ser cosechadas (Cuadro 7); la malla azul presentó una disminución de intensidad de flujo de fotones en el rango de longitud de onda de 550 a 750 nm (Figura 1). Se ha demostrado que la modificación de intensidad de luz por mallas de sombreo de color puede desencadenar una respuesta fotomorfogénica en las plantas. Además de que una luz insuficiente puede afectar la absorción y utilización de nutrimentos (Rodríguez & Morales, 2015).

Las plantas de la malla azul y negra con SN al 50 % presentaron 17 % y 19 %, respectivamente, menor índice de clorofila que las del testigo ($p \leq 0.05$) (Cuadro 7). Una menor cantidad de radiación PAR puede indicar una menor actividad fotosintética, lo cual está asociado con un menor contenido de clorofila en las hojas (Talamini et al., 2011) y las mallas azul y negra dejaron pasar radiación en el espectro de 378 a 903 nm; sin embargo, fueron las que menor cantidad de radiación PAR transmitieron (Figura 1).

Las plantas de la malla negra con SN al 50 % presentaron 55 % menos peso fresco que las plantas testigo ($p \leq 0.05$) (Cuadro 7). Esto concordó con González et al. (2018), que describieron que la acumulación de materia es influenciada por los cambios del ambiente, como el aire, la energía solar y todos los que caracterizan un macroclima o microclima, así como los contenidos nutritivos. Esto

puede explicar el bajo peso fresco de las plantas bajo la malla negra con SN al 50 %, debido a que es una de las mallas que menos intensidad del flujo de fotones presentó (Figura 1) y la concentración de SN usada en el tratamiento fue la más baja (50 %). Las plantas de la malla azul con SN al 75 y 50 %, negra con SN al 50 % y verde con SN al 100 %, tuvieron, en promedio 57 %, menor peso seco que las del testigo ($p \leq 0.05$) (Cuadro 7). Esto concordó con los resultados de Castillo-González et al. (2025) donde en chile habanero, los efectos de los tratamientos con malla verde y negra condujeron a menores valores de peso seco, con respecto al testigo.

En las características de crecimiento (duración del cultivo, índice de clorofila, peso fresco y seco) de las plantas (Cuadro 7) se observó que no fueron encontradas diferencias significativas dentro de cada malla de color a diferente concentración de SN. Esto se puede explicar por la acción de las micorrizas y las bacterias promotoras de crecimiento, como mencionaron Obianuju y Olubukola (2020), que las bacterias facilitan la adquisición de los recursos esenciales como lo son los nutrimentos, tanto los hongos micorrízicos como las bacterias promotoras del crecimiento actúan como una extensión del sistema radical, por esa razón las plantas pueden mantener un buen desarrollo, incluso con una menor disponibilidad de nutrimentos en la SN (Cano, 2011).

Cuadro 8. Características de crecimiento de las plantas de lisianthus cv. Mariachi Pink cultivadas en invernadero bajo malla sombra de colores con bioestimulante y diferentes concentraciones de solución nutritiva.

Tratamiento	Duración del cultivo (días)	Índice de clorofila (SPAD)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Testigo (Sin malla y sin bioestimulante)	71.5 ± 3.7 bcd	62.1 ± 0.5 abc	28.2 ± 3.5 a	4.6 ± 0.5 a
Azul-100 %	84.7 ± 1.9 ab	59.2 ± 1.9 abcde	16.3 ± 2.7 def	2.3 ± 0.4 de
Azul-75 %	88.2 ± 1.9 a	57.9 ± 1.7 bcde	15.3 ± 0.9 def	2.2 ± 0.1 e
Azul-50 %	89.0 ± 1.2 a	51.3 ± 1.3 de	14.0 ± 1.6 ef	2.0 ± 0.2 e
Beige-100 %	67.0 ± 1.2 d	69.1 ± 1.4 a	24.9 ± 1.5 abcd	3.7 ± 0.2 abcde

Beige–75 %	65.2 ± 1.8 d	66.5 ± 1.5 ab	22.5 ± 1.6 abcdef	3.5 ± 0.2 abcde
Beige–50 %	67.2 ± 0.6 d	62.2 ± 1.6 abc	20.4 ± 0.7 abcdef	3.0 ± 0.1 abcde
Negra–100 %	78.7 ± 2.5 abcd	59.5 ± 1.8 abcde	16.5 ± 2.1 def	2.6 ± 0.6 bcde
Negra–75 %	82.7 ± 5.9 abc	60.6 ± 2.1 abcd	17.4 ± 2.7 cdef	2.4 ± 0.4 cde
Negra–50 %	83.2 ± 2.7 abc	50.5 ± 1.6 e	12.5 ± 1.0 f	1.7 ± 0.2 e
Sin malla–100%	70.0 ± 1.2 bcd	67.2 ± 1.3 a	26.6 ± 1.5 abc	4.3 ± 0.2 abcd
Sin malla–75 %	72.5 ± 2.1 bcd	63.7 ± 0.5 abc	27.5 ± 1.9 ab	4.4 ± 0.9 ab
Sin malla–50 %	73.7 ± 2.9 bcd	63.2 ± 1.1 abc	27.4 ± 2.2 ab	4.3 ± 0.5 abc
Verde–100 %	84.5 ± 4.3 ab	64.2 ± 5.0 abc	14.0 ± 0.6 ef	2.0 ± 0.1 e
Verde–75 %	85.0 ± 2.6 ab	58.2 ± 1.9 bcde	22.7 ± 2.2 abcde	3.5 ± 0.3 abcde
Verde–50 %	83.2 ± 3.0 abc	55.7 ± 0.9 cde	18.2 ± 2.1 bcdef	2.6 ± 0.3 bcde
Pr > F	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
CV (%)	7.1	6.2	19.2	25.3
DSH	14.2	9.7	10.0	2.0

Datos expresados como la media ± error estándar de cuatro repeticiones. Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Prueba de Tukey, $p \leq 0.05$).

6.2 Altura de planta

En la altura de la planta no fueron encontradas diferencias significativas de las plantas testigo y las mallas sombra de colores y sin malla; sin embargo, entre las mallas si fueron diferencias significativas ($p \leq 0.05$); las plantas de la malla beige con SN al 100 % fueron 34 % más altas que las de la malla negra con SN al 50 % ($p \leq 0.05$) (Cuadro 8). Estos resultados son similares a lo descrito por Márquez-Quiroz et al. (2014), donde evaluaron el efecto del uso de mallas sombra de cuatro colores (azul, negra, roja y perla) en la producción de tomate Cherry, y observaron que al emplear la malla sombra color negra obtuvieron menor altura con respecto a los tratamientos con malla sombra de color azul, roja, perla y el testigo (sin malla). Las plantas de la malla verde con SN al 100 % registraron 31 % menos diámetro del tallo que las plantas testigo ($p \leq 0.05$) (Cuadro 8). Hussain et al. (2019) mencionaron que el desarrollo del tallo depende de los componentes primarios como la celulosa y lignina; estos se ven influenciados por factores ambientales, incluyendo la intensidad de la luz, a su vez el sombreado y el estrés lumínico inhiben en mayor o menor medida la biosíntesis de lignina.

Las plantas de la malla negra con SN al 50 % presentaron 25 % menor número de pares de hojas, con respecto a las plantas testigo ($p \leq 0.05$) (Cuadro 8). Esto concordó con Ayala-Tafoya et al. (2015), donde las plantas de pepino de la malla negra obtuvieron menor número de hojas, en comparación con plantas sin malla sombra, debido al efecto de la luz y así mismo la participación de fitocromos y criptocromos, que tienen participación en la regulación de los niveles de giberelinas. Las giberelinas promueven la expansión y la división celular, siendo esenciales para el crecimiento de la planta, pero debido al estrés provocado por la disminución de la densidad del flujo de fotones fotosintéticos la planta reduce la tasa de división celular en el meristemo apical, que es en donde se inician las nuevas hojas. Las plantas de la malla azul con SN al 50 % tuvieron un 71 % menor número de brotes que las plantas testigo; entre las mallas, las plantas de la malla beige con SN al 100 % presentaron 2.8 veces más brotes que las plantas de la malla azul con SN al 50 % ($p \leq 0.05$). Al observar la gráfica de intensidad del flujo de fotones (Figura 1) y el cuadro de resultados (Cuadro 8), se observó que existe una relación entre la cantidad de luz y el número de brotes, teniendo una mayor intensidad del flujo de fotones en la malla beige en el espectro de 530 a 740 nm (0.5 a $0.7 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) y una menor intensidad del flujo de fotones en la malla azul, espectro de 530 a 740 nm (0.2 a $0.7 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); así como su posible relación con la nutrición siendo mayor el número de brotes cuando se utilizó SN al 100 % con la malla beige y el peor tratamiento fue con malla azul y SN al 50 % (Cuadro 8).

Cuadro 9. Características de crecimiento de las plantas de lisianthus cv. Mariachi Pink cultivadas en invernadero bajo malla sombra de colores, bioestimulante y diferentes concentraciones de solución nutritiva.

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro del tallo (mm)	Número de pares de hojas	Número de Brotes
Testigo (Sin malla y sin bioestimulante)	67.4 ± 2.6 ab	4.4 ± 0.2 a	34.5 ± 1.6 a	22.5 ± 14 a
Azul-100 %	62.4 ± 5.1 ab	3.1 ± 0.2 cd	28.5 ± 1.6 bcde	9.2 ± 1.3 ef

Azul-75 %	62.5 ± 1.5 ab	3.4 ± 0.2 bcd	28.2 ± 1.1 bcde	8.2 ± 1.3 ef
Azul-50 %	62.4 ± 3.5 ab	3.1 ± 0.2 cd	26.5 ± 1.2 de	6.5 ± 1.0 f
Beige-100 %	73.2 ± 5.7 a	3.5 ± 0.2 abcd	31.2 ± 0.6 abcd	18.0 ± 1.3 abc
Beige-75 %	69.3 ± 3.1 ab	3.5 ± 0.2 abcd	31.2 ± 0.6 abcd	15.2 ± 1.1 bcd
Beige-50 %	60.4 ± 2.3 ab	3.5 ± 0.1 abcd	32.2 ± 1.4 ab	15.7 ± 1.0 bc
Negra-100 %	62.4 ± 2.3 ab	3.1 ± 0.2 cd	27.2 ± 0.9 bcde	9.7 ± 0.8 def
Negra-75 %	63.2 ± 1.1 ab	3.2 ± 0.1 bcd	27.7 ± 0.6 bcde	8.0 ± 0.6 ef
Negra-50 %	54.6 ± 1.7 b	3.1 ± 0.2 cd	26.0 ± 1.1 e	8.0 ± 0.9 ef
Sin malla-100 %	69.3 ± 1.5 ab	4.0 ± 0.2 abc	32.0 ± 0.7 abc	20.7 ± 1.5 ab
Sin malla-75 %	68.6 ± 4.0 ab	4.1 ± 0.3 ab	31.7 ± 0.5 abc	18.2 ± 0.9 abc
Sin malla-50 %	68.4 ± 4.0 ab	4.0 ± 0.1 abc	31.0 ± 1.2 abcde	16.7 ± 1.4 abc
Verde-100 %	56.8 ± 3.3 ab	3.0 ± 0.1 d	27.0 ± 0.7 cde	7.7 ± 0.6 ef
Verde-75 %	67.9 ± 3.2 ab	3.7 ± 0.1 abcd	30.0 ± 0.7 abcde	13.2 ± 0.5 cde
Verde-50 %	63.0 ± 2.4 ab	3.3 ± 0.2 bcd	28.7 ± 0.5 bcde	8.2 ± 1.8 ef
Pr > F	0.0120	<.0001	<.0001	<.0001
CV (%)	10.0	10.5	6.8	17.8
DSH	16.5	0.9	5.1	5.8

Datos expresados como la media ± error estándar de cuatro repeticiones. Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Prueba de Tukey, $p \leq 0.05$).

6.3 Crecimiento de la flor

No fueron encontradas diferencias significativas en los días a la aparición del primer botón floral, diámetro y longitud de la flor de las plantas testigo y las plantas cultivadas en mallas de color y sin malla con bioestimulante (Cuadro 9); sin embargo, entre mallas existieron diferencias significativas en días a la aparición del primer botón floral y longitud de la flor ($p \leq 0.05$). Las plantas de la malla beige con SN al 75 % tardaron 25 % menos días en presentar botón floral, que con la malla azul y negra con SN al 50 % ($p \leq 0.05$). En longitud de la flor, las plantas de la malla beige con SN al 100 % y 75 % presentaron 35 % mayor longitud de la flor que con la malla azul con SN al 50 % ($p \leq 0.05$) (Cuadro 9). Esto concordó con lo reportado por Lugassi-Ben-Hamo et al. (2010), donde la variedad de *lisianthus* Mariachi White se vio afectada, los mejores resultados se obtuvieron por la cantidad de luz y las temperaturas ambientales, relativamente altas. Las plantas de la malla azul y negra con SN al 50 % tuvieron en promedio, 68 %

menor número de botones que en el testigo ($p \leq 0.05$) (Cuadro 9). Cruz-Crespo et al. (2020) mencionaron que esta variable puede estar influenciada por los requerimientos de la variedad; es decir, que algunas variedades necesitaran mayores niveles de temperatura, cantidad de luz y nutrimentos para poder obtener mejores respuestas. Esto puede explicar que al usar SN al 50 %, se obtuvo el menor número de botones.

Las plantas del tratamiento sin malla con SN al 75 % presentaron 38 % más días en florero que en el testigo ($p \leq 0.05$) (Cuadro 9). Reid & Jiang (2012) explicaron que la pérdida de agua es el resultado de procesos como transpiración y respiración y de que los tallos puedan absorber cantidades equivalentes a las perdidas, y esto va a depender de la capacidad del tallo y a su vez de las características que pueda tener como la altura y el diámetro. Por otro lado, Ramírez et al. (2022) mencionaron que plantas de *lisianthus* cv Mariachi Blue cultivadas con SN al 75 % tuvieron mejores resultados que las plantas cultivadas con SN al 50 % en vida en florero.

Cuadro 10. Características de crecimiento de la flor de las plantas de *lisianthus* cv. Mariachi Pink cultivadas bajo invernadero con malla sombra de colores con bioestimulante y diferentes concentraciones de solución nutritiva.

Tratamiento	Días a botón floral	Número de botones	Diámetro de la flor (mm)	Longitud de la flor (cm)	Vida en florero (días)
Testigo (Sin malla y sin bioestimulante)	44.2 ± 2.7 abc	12.7 ± 1.5 a	70.1 ± 2.5	5.3 ± 0.1 abcd	8.0 ± 0.5 bcd
Azul-100 %	49.2 ± 1.4 abc	5.5 ± 0.9 cd	64.2 ± 4.2	4.6 ± 0.2 dc	7.2 ± 0.6 bdc
Azul-75 %	50.2 ± 2.1 ab	4.5 ± 0.6 cd	72.6 ± 1.2	4.8 ± 0.1 bcd	6.5 ± 0.5 d
Azul-50 %	53.5 ± 0.9 a	3.7 ± 0.5 d	69.8 ± 3.2	4.4 ± 0.1 d	9.2 ± 0.3 abcd
Beige-100 %	41.0 ± 0.9 bc	10.5 ± 0.3 ab	78.2 ± 2.0	5.9 ± 0.1 a	8.0 ± 0.4 bcd
Beige-75 %	39.5 ± 1.6 c	10.2 ± 0.9 ab	79.5 ± 4.4	5.9 ± 0.3 a	9.5 ± 0.3 abc
Beige-50 %	41.0 ± 0.8 bc	8.7 ± 0.8 abc	68.0 ± 4.3	5.3 ± 0.1 abc	7.7 ± 0.6 bcd
Negra-100 %	47.2 ± 1.4 abc	5.2 ± 0.6 cd	64.8 ± 3.7	4.9 ± 0.1 bcd	7.0 ± 1.2 bcd
Negra-75 %	50.5 ± 4.6 ab	5.7 ± 1.4 cd	64.7 ± 3.6	5.1 ± 0.4 abcd	6.7 ± 0.6 cd
Negra-50 %	51.7 ± 1.1 a	4.2 ± 0.3 d	66.9 ± 3.4	4.8 ± 0.2 bcd	7.0 ± 0.5 bcd

Sin malla–100%	43.5 ± 1.7 abc	11.5 ± 1.2 ab	68.2 ± 2.8	5.6 ± 0.1 ab	9.5 ± 0.3 abc
Sin malla–75 %	44.2 ± 2.1 abc	10.5 ± 0.9 ab	72.6 ± 6.0	5.7 ± 0.1 ab	11.0 ± 0.5 a
Sin malla–50 %	48.5 ± 3.9 abc	8.7 ± 0.6 abc	68.6 ± 4.8	5.3 ± 0.2 abc	9.7 ± 0.0 ab
Verde–100 %	50.0 ± 2.3 abc	4.5 ± 0.3 cd	64.9 ± 3.4	4.6 ± 0.2 cd	6.2 ± 0.5 d
Verde–75 %	50.7 ± 1.2 ab	7.7 ± 0.3 bcd	68.6 ± 2.7	5.2 ± 0.2 abcd	6.2 ± 0.8 d
Verde–50 %	50.2 ± 1.7 ab	5.2 ± 0.9 cd	61.0 ± 2.4	5.1 ± 0.1 abcd	6.2 ± 0.6 d
Pr > F	<.0001	<.0001	0.1149	<.0001	<.0001
CV (%)	9.1	22.3	10.4	7.4	14.2
DSH	11.0	4.3	18.3	1.0	2.8

Datos expresados como la media ± error estándar de cuatro repeticiones. Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Prueba de Tukey, $p \leq 0.05$).

6.4 Crecimiento de la raíz

No fueron encontradas diferencias significativas en el crecimiento de las raíces de las plantas testigo y las plantas cultivadas en malla sombra de color y sin malla; sin embargo, entre los tratamientos con mallas si fueron registrada diferencias en longitud y volumen de la raíz ($p \leq 0.05$). Las plantas de la malla azul con SN al 100 % y verde con SN al 100 % presentaron 22 % menos longitud de raíz que las sin malla con SN al 75 % ($p \leq 0.05$). Las plantas cultivadas bajo la malla beige con SN al 75 % presentaron 3 veces más volumen de raíz que las plantas de la malla negra con SN al 50 % ($p \leq 0.05$) (Cuadro 10). Esto concordó con Bustos-Salazar & Zuñiga-Feest (2019), donde utilizaron mallas de colores (azul, blanca, negra y verde) en plántulas de *Eucalyptus globulus* y no encontraron diferencias significativas en la distribución de biomasa en raíz; pero en plántulas de *Pinus radiata* observaron menor biomasa seca en los tratamientos bajo la malla azul y negra. Morales et al. (2012) obtuvieron resultados similares en la longitud de raíz, de maíz amarillo con diferentes concentraciones de nutrimentos en el riego 0, 25, 50, 75 y 100 % y concluyeron que obtuvieron un mejor resultado cuando se cultivó con una concentración de solución nutritiva al 75 %.

Cuadro 11. Características de crecimiento de la raíz de las plantas de lisianthus cv. Mariachi Pink cultivadas bajo invernadero con malla sombra de colores con bioestimulante y diferentes concentraciones de solución nutritiva.

Tratamiento	Longitud de raíz (cm)	Volumen de raíz (mL)	Peso fresco de raíz (g)	Peso seco de raíz (g)
Testigo (Sin malla y sin bioestimulante)	13.3 ± 0.3 ab	7.0 ± 1.9 ab	8.0 ± 2.6	1.6 ± 0.4
Azul-100 %	11.7 ± 0.6 b	4.5 ± 1.3 ab	4.7 ± 1.1	0.9 ± 0.2
Azul-75 %	14.0 ± 0.9 ab	7.0 ± 0.6 ab	7.6 ± 0.7	2.2 ± 0.4
Azul-50 %	13.7 ± 0.3 ab	6.5 ± 1.0 ab	6.9 ± 0.9	1.5 ± 0.2
Beige-100 %	14.4 ± 0.4 ab	7.0 ± 1.9 ab	6.8 ± 2.2	1.4 ± 0.6
Beige-75 %	14.8 ± 0.5 ab	10.5 ± 1.9 a	7.5 ± 0.5	1.4 ± 0.1
Beige-50 %	14.0 ± 0.6 ab	7.5 ± 0.6 ab	7.0 ± 0.3	1.2 ± 0.1
Negra-100 %	12.9 ± 0.9 ab	4.2 ± 1.1 ab	4.7 ± 1.2	1.3 ± 0.4
Negra-75 %	13.2 ± 0.7 ab	6.0 ± 0.8 ab	5.7 ± 0.9	1.3 ± 0.2
Negra-50 %	12.2 ± 0.4 ab	3.5 ± 0.6 b	4.2 ± 0.3	0.9 ± 0.1
Sin malla-100 %	13.0 ± 0.5 ab	6.2 ± 1.0 ab	6.4 ± 1.2	1.6 ± 0.4
Sin malla-75 %	15.1 ± 0.6 a	7.2 ± 2.3 ab	7.5 ± 1.4	1.3 ± 0.3
Sin malla-50 %	14.4 ± 0.5 ab	8.2 ± 1.1 ab	9.3 ± 1.3	2.0 ± 0.4
Verde-100 %	11.7 ± 0.7 b	4.7 ± 1.1 ab	5.1 ± 1.1	1.2 ± 0.3
Verde-75 %	14.5 ± 0.4 ab	7.5 ± 1.0 ab	8.1 ± 0.9	2.1 ± 0.1
Verde-50 %	13.2 ± 0.8 ab	6.5 ± 1.0 ab	6.5 ± 0.5	1.8 ± 0.1
Pr > F	0.0024	0.0748	0.2004	0.1557
CV (%)	8.9	39.8	37.1	40.9
DSH	3.1	6.6	6.3	1.6

Datos expresados como la media ± error estándar de cuatro repeticiones. Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Prueba de Tukey, $p \leq 0.05$).

6.5 Concentración nutrimental de la parte aérea

En la concentración de N no fueron encontradas diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$). La concentración de P, en las plantas cultivadas bajo la malla azul con SN al 50 % y negra con SN al 75 %, fue 59 % menor que en las plantas testigo ($p \leq 0.05$). En K, las plantas de la malla azul en sus tres concentraciones de SN, malla beige con SN al 100 % y 75 % y malla negra con

SN al 75 % presentaron un 61 % menos concentración, que las plantas testigo ($p \leq 0.05$) (Cuadro 11). El potasio es un activador de enzimas que son esenciales para la fotosíntesis y la respiración, una deficiencia provoca alteraciones en procesos metabólicos (Salazar-Orozco et al., 2013). En concentración de Ca, las plantas de la malla verde con SN al 100 % fueron 35 % más concentradas que las plantas testigo, por otro lado, las plantas de la malla beige y negra con SN al 75 %, en ambos tratamientos, fueron 36 % menor que el testigo ($p \leq 0.05$) (Cuadro 11). Esto puede ser explicado por Islam et al. (2004) que mencionaron que la alta humedad relativa es uno de los factores que limita la traslocación del Ca absorbido por la raíz a las hojas, y en el caso de este experimento, la malla beige y la malla negra fueron las que presentaron mayor humedad relativa, 29.1 y 44.9 %, respectivamente (Cuadro 4), en comparación con todos los tratamientos utilizados, y la malla verde fue la que menor humedad relativa presentó (17.6 %) (Cuadro 4). En Mg, las plantas de la malla verde con SN al 100 % fueron más concentradas en un 35 % que las plantas testigo ($p \leq 0.05$), y las plantas de la malla beige y negra con SN al 75 % presentaron 52 % menos Mg que las plantas testigo ($p \leq 0.05$) (Cuadro 11). Los valores de esta investigación fueron inferiores en la concentración de Ca y Mg a los reportados por Backes et al. (2006), aunque ellos trabajaron con el cv. Flamenco Blue. También se observó que la concentración de Mg presenta una tendencia semejante a la que sigue la concentración de Ca, donde las plantas de la malla verde con SN al 100 % tuvieron mayor concentración que las del testigo, y las de la malla beige y negra con SN al 75 % fueron las de menor concentración en ambos casos (Mg y Ca) (Cuadro 11).

Debido a que, dentro de cada tipo de malla de color, se emplearon tres concentraciones diferentes de SN, se observó que, en los tratamientos con malla negra, la concentración de P fue más alta en las plantas con SN al 50 % que en las plantas con SN al 75 %; por otro lado, en K, Ca y Mg se obtuvo una concentración más alta en las plantas con SN al 50 % que en las plantas con SN al 75 % ($p \leq 0.05$). En los tratamientos con malla verde, las concentraciones de P, K y Mg fueron más altas en las plantas con SN al 100 % que en las plantas con

75 y 50 %; la concentración de Ca fue más alta en las plantas con SN al 100 % que en las plantas con SN al 50 % ($p \leq 0.05$) (Cuadro 11).

Cuadro 12. Concentración nutrimental (%) de macronutrientes en plantas de *lisianthus* cv. Mariachi Pink cultivadas bajo invernadero, malla sombra de colores con bioestimulante y diferentes concentraciones de solución nutritiva.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg
Testigo (Sin malla y sin bioestimulante)	2.6 ± 0.2	0.33 ± 0.0 ab	3.4 ± 0.3 abc	0.22 ± 0.0 bc	0.74 ± 0.0 bcd
Azul-100 %	2.7 ± 0.2	0.16 ± 0.0 cde	1.3 ± 0.2 e	0.18 ± 0.0 bc	0.41 ± 0.1 def
Azul-75 %	2.4 ± 0.3	0.15 ± 0.0 cde	1.3 ± 0.1 e	0.21 ± 0.0 bc	0.47 ± 0.0 cdef
Azul-50 %	2.5 ± 0.2	0.14 ± 0.0 de	1.3 ± 0.2 e	0.19 ± 0.0 bc	0.50 ± 0.1 cdef
Beige-100 %	2.6 ± 0.1	0.17 ± 0.0 cde	1.5 ± 0.2 e	0.18 ± 0.0 bc	0.39 ± 0.1 ef
Beige-75 %	2.4 ± 0.2	0.14 ± 0.0 cde	1.2 ± 0.0 e	0.14 ± 0.0 c	0.34 ± 0.0 f
Beige-50 %	2.2 ± 0.2	0.17 ± 0.0 cde	1.7 ± 0.2 de	0.18 ± 0.0 bc	0.50 ± 0.1 cdef
Negra-100 %	2.5 ± 0.1	0.25 ± 0.0 bcde	2.4 ± 0.2 bcde	0.26 ± 0.0 ab	0.63 ± 0.1 bcdef
Negra-75 %	2.7 ± 0.1	0.13 ± 0.0 de	1.0 ± 0.1 e	0.14 ± 0.0 c	0.36 ± 0.0 f
Negra-50 %	2.6 ± 0.2	0.26 ± 0.0 bcd	3.1 ± 0.7 bcd	0.27 ± 0.0 ab	0.94 ± 0.1 ab
Sin malla-100 %	2.6 ± 0.1	0.36 ± 0.0 ab	3.7 ± 0.3 ab	0.23 ± 0.0 abc	0.78 ± 0.0 bc
Sin malla-75 %	2.5 ± 0.1	0.21 ± 0.0 cde	2.0 ± 0.1 cde	0.19 ± 0.0 bc	0.53 ± 0.0 cdef
Sin malla-50 %	2.4 ± 0.1	0.21 ± 0.0 cde	2.0 ± 0.4 cde	0.17 ± 0.0 bc	0.54 ± 0.1 cdef
Verde-100 %	2.7 ± 0.1	0.41 ± 0.0 a	4.8 ± 0.6 a	0.34 ± 0.0 a	1.13 ± 0.1 a
Verde-75 %	2.5 ± 0.2	0.26 ± 0.0 bc	2.4 ± 0.1 bcde	0.23 ± 0.0 abc	0.73 ± 0.0 bcde
Verde-50 %	2.3 ± 0.2	0.18 ± 0.0 cde	1.9 ± 0.2 cde	0.19 ± 0.0 bc	0.57 ± 0.1 cdef
Pr > F	0.6691	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
CV (%)	11.0	17.6	23.6	17.8	18.7
DSH	0.8	0.1	1.6	0.1	0.3

Datos expresados como la media ± error estándar de tres repeticiones. Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Prueba de Tukey, ($p \leq 0.05$)).

La concentración de Fe no mostró diferencias significativas entre las plantas testigo y las plantas bajo mallas sombra de color y sin malla; sin embargo, las plantas de la malla negra con SN al 50 % presentaron 3 veces más Fe que las plantas de malla negra con SN al 75 % ($p \leq 0.05$). Las plantas de la malla negra con SN al 50 % presentaron 3 veces más concentración de Cu que las plantas testigo

($p \leq 0.05$). Se observa que, en ambos elementos, Fe y Cu, el tratamiento de malla negra con SN al 50 % obtuvo los mejores resultados. En concentración de Zn, las plantas testigo fueron 5 veces más concentradas que las plantas de la malla negra con SN al 75 % ($p \leq 0.05$) (Cuadro 12). Mousavi (2011), menciona que una baja concentración de Zn suele estar relacionada con la concentración de Fe; esto podría explicar y coincide con los resultados obtenidos, porque las plantas de la malla negra con SN al 75 % tuvieron la menor concentración de Fe y también la menor concentración de Zn, a pesar de que son interacciones antagónicas. Esto puede deberse a un factor limitante común, en este caso el color de la malla y la concentración de SN, ya que se observó que para el tratamiento con malla negra con SN al 75 %, las plantas presentan los valores más bajos en la concentración de micronutrientes en comparación con las plantas cultivadas bajo la misma malla negra, pero con SN al 100 y 50 % (Cuadro 12). En la concentración del Mn las plantas de la malla azul con SN al 100 %, malla beige con SN al 75 % y malla negra con SN al 75 % mostraron 43 % menos concentración que las plantas testigo, en la malla verde con SN al 100 % se tuvo una concentración similar al testigo (85.4 y 69 respectivamente) (Cuadro 12). El B en las plantas de la malla verde con SN al 100 % es 77 % mayor que en las plantas testigo; las plantas de la malla beige con SN al 100 % y 75 % y malla negra con SN al 75 % presentaron 67 % menos B que la plantas testigo ($p \leq 0.05$) (Cuadro 12). Peñuelas et al. (2024) mencionaron que la acumulación de nutrientes puede estar relacionado con la capacidad de las plantas para absorber bajo condiciones específicas de luz y de sombra que proporcionan las mallas; esto debido a la modificación que hacen en el microclima y la radiación solar que reciben las plantas, las condiciones pueden o no favorecer la absorción y movilidad de los nutrientes en las plantas, el incremento de B en las hojas podría estar relacionado con el empleo de mallas que pueden aumentar la resistencia de los cultivos ante tensiones ambientales; el B se mueve de la raíz a las hojas a través del xilema impulsado por la transpiración y esta a su vez influenciada por las condiciones de temperatura, humedad y luz (Vera-Maldonado

et al., 2024). Para el Mo no fueron encontradas diferencias significativas entre tratamientos y testigo ($p \leq 0.05$) (Cuadro 12).

En general el tratamiento de malla verde con SN al 100 % tuvo diferencias significativas, con valores más altos que el testigo en la concentración de macro y micronutrientes. La absorción de los nutrientes está relacionada con el proceso de transpiración y a la vez este es afectado por factores principales como la luz solar, ya que los estomas abren en respuesta a la luz, lo que permite que el agua se transpire; otro factor es la humedad relativa, si hay una humedad más alta ralentizará la transpiración y una humedad más baja la acelerará, aunque si la humedad es demasiado baja o alta puede detenerse la transpiración, por lo que tener un equilibrio es lo adecuado (Adhikari et al., 2023). Lo anterior puede explicar los resultados obtenidos, la malla verde fue la que presentó menor humedad relativa, aunque el testigo tuvo una humedad relativa más alta (Cuadro 2) se compensaba con su temperatura, que fue más alta que la de la malla verde, por lo que en concentraciones como la de P, K, Mg, Fe, Cu y Zn tuvieron respuestas similares o sin diferencia significativa.

Existieron diferencias significativas entre los tratamientos con diferente concentración de SN dentro de una misma malla de color, en la malla negra se observaron concentraciones más altas de Cu, Zn, Mn y B en las plantas con SN al 50 % que en las plantas con SN al 75 %, para la concentración de Cu fue más alta en las plantas con SN al 50 % que en las plantas con SN al 100 % ($p \leq 0.05$). Dentro de los tratamientos con malla verde se obtuvieron concentraciones más altas de Zn y B en las plantas con SN al 100 %, que en las plantas con SN al 75 y 50 %, para la concentración de Mn fue más alta en las plantas con SN al 100 % que en las plantas con SN al 50 % ($p \leq 0.05$) (Cuadro 12). Esto se puede explicar debido a que al usar una SN al 100 % se tiene un mayor suministro de nutrientes, lo que resulta en una mayor absorción y, por ende, una mayor acumulación de los elementos en los tejidos de la planta. Miller (2014) menciona que existe una relación directa entre la concentración de la solución nutritiva y la absorción de iones.

Cuadro 13. Concentración nutrimental (mg/kg) de micronutrientes de las plantas de *lisianthus* cv. Mariachi Pink cultivadas bajo invernadero con malla sombra de colores con bioestimulante y diferentes concentraciones de solución nutritiva.

Tratamiento	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Mo
Testigo (Sin malla y sin bioestimulante)	262.5 ± 31.9 ab	4.6 ± 0.7 bc	31.1 ± 1.5 a	69.0 ± 3.7 abcd	88.9 ± 12.8 cdef	4.3 ± 4.3
Azul-100 %	134.3 ± 32.8 ab	1.8 ± 0.5 bc	10.5 ± 0.2 de	40.3 ± 5.1 e	48.4 ± 13.7 defg	0.2 ± 0.2
Azul-75 %	247.9 ± 70.5 ab	4.5 ± 1.0 bc	10.9 ± 0.9 de	49.2 ± 4.4 cde	36.6 ± 1.8 fg	0 ± 0
Azul-50 %	158.6 ± 28.5 ab	5.7 ± 0.6 abc	11.8 ± 2.0 de	53.7 ± 4.2 bcde	42.5 ± 5.9 efg	5.7 ± 2.5
Beige-100 %	129.7 ± 21.9 ab	3.7 ± 1.6 bc	7.5 ± 2.7 de	42.7 ± 6.4 de	27.2 ± 4.6 g	1.2 ± 0.9
Beige-75 %	134.0 ± 22.1 ab	3.7 ± 1.7 bc	7.8 ± 1.7 de	39.8 ± 4.8 e	26.8 ± 2.7 g	0.4 ± 0.4
Beige-50 %	158.3 ± 15.0 ab	8.2 ± 1.2 abc	10.3 ± 0.9 de	48.5 ± 4.3 cde	44.3 ± 10.2 defg	1.7 ± 1.7
Negra-100 %	204.8 ± 40.6 ab	2.7 ± 1.3 bc	18.4 ± 3.5 bcd	60.6 ± 3.6 abcde	91.4 ± 15.9 cde	2.1 ± 1.3
Negra-75 %	106.8 ± 32.9 b	0.9 ± 0.5 c	6.1 ± 0.5 e	38.0 ± 3.8 e	34.1 ± 3.2 g	0 ± 0
Negra-50 %	323.9 ± 35.0 a	13.4 ± 2.6 a	14.4 ± 4.5 cde	80.1 ± 7.9 abc	145.9 ± 15.5 ab	1.2 ± 1.2
Sin malla-100 %	237.6 ± 13.7 ab	6.8 ± 1.1 abc	25.9 ± 1.3 abc	72.6 ± 4.2 abc	106.0 ± 1.8 abc	1.2 ± 1.2
Sin malla-75 %	191.7 ± 40.8 ab	7.2 ± 1.9 abc	10.6 ± 0.7 de	63.5 ± 2.0 abcde	66.5 ± 4.7 cdefg	1.8 ± 1.8
Sin malla-50 %	174.4 ± 41.0 ab	6.7 ± 2.6 abc	12.4 ± 4.2 de	58.7 ± 10.6 abcde	60.5 ± 6.2 cdefg	4.3 ± 2.9
Verde-100 %	282.8 ± 34.6 ab	9.4 ± 1.6 ab	27.0 ± 3.9 ab	85.4 ± 4.6 a	157.2 ± 16.7 a	0 ± 0
Verde-75 %	268.3 ± 74.7 ab	5.6 ± 1.4 abc	12.9 ± 0.8 de	73.7 ± 5.1 abc	95.8 ± 5.7 bcd	1.0 ± 1.0
Verde-50 %	184.9 ± 28.8 ab	6.7 ± 1.7 abc	7.0 ± 1.3 de	55.7 ± 6.8 bcde	72.9 ± 14.7 cdefg	0 ± 0
Pr > F	0.0090	0.0004	<.0001	<.0001	<.0001	0.4213
CV (%)	33.7	45.8	28.9	16.2	24.3	187.2
DSH	203.9	7.9	12.3	28.5	52.7	8.9

Datos expresados como la media ± error estándar de cuatro repeticiones. Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Prueba de Tukey, ($p \leq 0.05$).

6.6 Contrastes ortogonales

6.6.1 Sin malla VS malla azul

Se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre la media de los tratamientos sin malla con SN al 100, 75 y 50 % y la media de los tratamientos malla azul con SN al 100, 75 y 50 %, esto en 18 de las 26 variables evaluadas. El cultivo sin malla superó significativamente al cultivo con malla azul, principalmente en las variables de crecimiento, biomasa, producción de flores y absorción de nutrimentos (P, K, Mg, Cu, Zn, Mn y B) ($p \leq 0.05$) (Cuadro 13).

Cuadro 14. Contrastes de las características de las plantas de lisianthus cv. Mariachi Pink cultivadas sin malla en tres concentraciones (100, 75, 50 %) de solución nutritiva vs las plantas cultivadas en malla azul con tres concentraciones (100, 75, 50 %) de solución nutritiva bajo condiciones de invernadero.

Variable	Sin Malla – 100, 75 y 50 %	Pr>F	Malla Azul - 100, 75 y 50 %
Días a botón floral	45.42	0.0026	51.00
Duración del cultivo (días)	72.08	<.0001	87.33
Altura (cm)	68.78	0.0194	62.42
Diámetro (mm)	4.02	<.0001	3.22
Número de pares de hojas	31.58	<.0001	27.75
Numero de brotes	18.58	<.0001	8.00
Diámetro de la flor (mm)	69.80	0.7516	68.87
Longitud de la flor (cm)	5.55	<.0001	4.60
Peso fresco de la parte aérea (g)	27.17	<.0001	15.20
Peso seco de la parte aérea (g)	4.35	<.0001	2.17
Numero de botones florales	10.25	<.0001	4.58
Longitud de la raíz (cm)	14.17	0.0470	13.17
Volumen de la raíz (mL)	7.25	0.2435	6.00
Peso fresco de la raíz (g)	7.78	0.1799	6.39
Peso seco de la raíz(g)	1.64	0.6620	1.53
Índice de clorofila (SPAD)	64.7	<.0001	56.18
N (%)	2.49	0.5975	2.56
P (%)	0.26	<.0001	0.15

K (%)	2.52	<.0001	1.32
Ca (%)	0.19	0.8962	0.19
Mg (%)	0.62	0.0051	0.46
Fe (mg/kg)	201.20	0.5140	180.25
Cu (mg/kg)	6.88	0.0275	4.02
Zn (mg/kg)	16.33	0.0096	11.06
Mn (mg/kg)	64.92	0.0005	47.74
B (mg/kg)	106.12	0.0002	57.97
Mo (mg/kg)	2.42	0.7377	1.96

6.6.2 Sin malla VS malla beige

Existieron diferencias estadísticamente significativas entre la media de los tratamientos sin malla con SN al 100, 75 y 50 % y la media de los tratamientos malla beige con SN al 100, 75 y 50 %, se observaron mejores resultados en las plantas sin mallas, con excepción en las variables días a primer botón floral y los días de duración del cultivo, que fueron 5 días menos en las plantas cultivadas bajo la malla beige ($p \leq 0.05$) (Cuadro 14). La disminución de días en la duración del cultivo pudo deberse a que la malla beige creó un microclima más favorable para la transición de la fase vegetativa a la reproductiva, por lo que usar malla sombra color beige podría ser una alternativa viable para el cultivo de *lisianthus*, ya que logra un adelanto fenológico considerable sin comprometer el número de botones, diámetro y longitud de la flor. Las plantas bajo la malla beige tuvieron un diámetro de flor 5 cm mayor que el de las plantas sin malla. En el estado nutricional, se observaron diferencias significativas en la concentración de P, K, Mg, Zn, Mn y B, siendo mejor el tratamiento sin malla (100, 75 y 50 %).

Cuadro 15. Contrastes de las características de las plantas de *lisianthus* cv. Mariachi Pink cultivadas sin malla en tres concentraciones (100, 75, 50 %) de solución nutritiva vs las plantas cultivadas en malla beige con tres

concentraciones (100, 75, 50 %) de solución nutritiva bajo condiciones de invernadero.

Variable	Sin Malla – 100, 75 y 50 %	Pr>F	Malla Beige - 100, 75 y 50 %
Días a botón floral	45.42	0.0073	40.50
Duración del cultivo (días)	72.08	0.0170	66.50
Altura (cm)	68.78	0.6687	67.65
Diámetro (mm)	4.02	0.0019	3.51
Número de pares de hojas	31.58	1.0000	31.58
Número de brotes	18.58	0.0197	16.33
Diámetro de la flor (mm)	69.80	0.0714	75.21
Longitud de la flor (cm)	5.55	0.3139	5.71
Peso fresco de la parte aérea (g)	27.17	0.0061	22.59
Peso seco de la parte aérea (g)	4.35	0.0042	3.39
Numero de botones florales	10.25	0.5434	9.83
Longitud de la raíz (cm)	14.17	0.6200	14.42
Volumen de la raíz (mL)	7.25	0.3113	8.33
Peso fresco de la raíz (g)	7.78	0.4951	7.09
Peso seco de la raíz(g)	1.64	0.2431	1.35
Índice de clorofila (SPAD)	64.70	0.4273	65.94
N (%)	2.49	0.5577	2.41
P (%)	0.26	<.0001	0.16
K (%)	2.52	0.0001	1.44
Ca (%)	0.19	0.0993	0.17
Mg (%)	0.62	0.0004	0.41
Fe (mg/kg)	201.20	0.0655	140.65
Cu (mg/kg)	6.88	0.1831	5.19
Zn (mg/kg)	16.33	0.0003	8.54
Mn (mg/kg)	64.92	<.0001	43.66
B (mg/kg)	106.12	<.0001	32.18
Mo (mg/kg)	2.42	0.3433	1.09

6.6.3 Sin malla VS malla negra

Existieron diferencias estadísticamente significativas entre la media de los tratamientos sin malla con SN al 100, 75 y 50 % y la media de los tratamientos malla negra con SN al 100, 75 y 50 %. Se observaron mejores resultados en las plantas cultivadas sin malla ($p \leq 0.05$) (Cuadro 15). Esto puede deberse a que la malla negra reduce la intensidad lumínica sin alterar significativamente el espectro (Figura 1), lo que pudo inducir una respuesta al estrés debido al sombreado. A pesar de que no fueron encontradas diferencias significativas en la concentración de macro y micronutrientes, con excepción de la concentración de P, se vieron afectadas las demás variables evaluadas (Índice de clorofila, altura, diámetro, número de pares de hojas, número de brotes, longitud de la flor, peso fresco y seco de la parte aérea, número de botones florales, longitud, volumen y peso fresco de la raíz) con valores menores en comparación con las plantas sin malla, y con un retraso de 5 días en la aparición del primer botón floral y 10 días en la duración del cultivo (Cuadro 15).

Cuadro 16. Contrastes de las características de las plantas de *lisianthus* cv. Mariachi Pink cultivadas sin malla en tres concentraciones (100, 75, 50 %) de solución nutritiva vs las plantas cultivadas en malla negra con tres concentraciones (100, 75, 50 %) de solución nutritiva bajo condiciones de invernadero.

Variable	Sin Malla – 100, 75 y 50 %	Pr>F	Malla Negra - 100, 75 y 50 %
Días a botón floral	45.42	0.0152	49.83
Duración del cultivo (días)	72.08	0.0001	81.58
Altura (cm)	68.78	0.0018	60.08
Diámetro (mm)	4.02	<.0001	3.15
Número de pares de hojas	31.58	<.0001	27.00
Número de brotes	18.58	<.0001	8.58
Diámetro de la flor (mm)	69.80	0.1451	65.46
Longitud de la flor (cm)	5.55	0.0001	4.91
Peso fresco de la parte aérea (g)	27.17	<.0001	15.49
Peso seco de la parte aérea (g)	4.35	<.0001	2.25
Numero de botones florales	10.25	<.0001	5.08
Longitud de la raíz (cm)	14.17	0.008	12.81
Volumen de la raíz (mL)	7.25	0.0152	4.58

Peso fresco de la raíz (g)	7.78	0.0052	4.83
Peso seco de la raíz(g)	1.64	0.0777	1.19
Índice de clorofila (SPAD)	64.70	<.0001	56.86
N (%)	2.49	0.3807	0.61
P (%)	0.26	0.0108	0.21
K (%)	2.52	0.1909	2.20
Ca (%)	0.19	0.1684	0.22
Mg (%)	0.62	0.6487	0.64
Fe (mg/kg)	201.20	0.7398	211.84
Cu (mg/kg)	6.88	0.3413	5.68
Zn (mg/kg)	16.33	0.0887	12.97
Mn (mg/kg)	64.92	0.2359	59.56
B (mg/kg)	106.12	0.1277	56.60
Mo (mg/kg)	2.42	0.3567	1.13

6.6.4 Sin malla VS malla verde

Existieron diferencias estadísticamente significativas entre la media de los tratamientos sin malla con SN al 100, 75 y 50 % y la media de los tratamientos con malla verde con SN al 100, 75 y 50 %, se observaron mejores resultados con las plantas cultivadas sin malla, con excepción de las concentraciones de K, Ca y Mg; donde se obtuvieron 0.51 %, 0.06 % y 0.19 % más concentración de K, Ca y Mg, respectivamente, en las plantas bajo la malla verde ($p \leq 0.05$) (Cuadro 16). La acumulación más alta en las concentraciones de macro y micronutrientes puede deberse a la tasa de crecimiento limitada de las plantas.

Cuadro 17. Contrastes de las características de las plantas de *lisianthus* cv. Mariachi Pink cultivadas sin malla en tres concentraciones (100, 75, 50 %) de solución nutritiva vs las plantas cultivadas en malla verde con tres concentraciones (100, 75, 50 %) de solución nutritiva bajo condiciones de invernadero.

Variable	Sin Malla – 100, 75 y 50 %	Pr>F	Malla Verde - 100, 75 y 50 %
----------	-------------------------------	------	---------------------------------

Días a botón floral	45.42	0.0073	50.33
Duración del cultivo (días)	72.08	<.0001	84.25
Altura (cm)	68.78	0.0221	62.56
Diámetro (mm)	4.02	<.0001	3.34
Número de pares de hojas	31.58	0.0006	28.58
Número de brotes	18.58	<.0001	9.75
Diámetro de la flor (mm)	69.80	0.3205	66.86
Longitud de la flor (cm)	5.55	0.0008	4.99
Peso fresco de la parte aérea (g)	27.17	<.0001	18.30
Peso seco de la parte aérea (g)	4.35	<.0001	2.71
Numero de botones florales	10.25	<.0001	5.83
Longitud de la raíz (cm)	14.17	0.047	13.17
Volumen de la raíz (mL)	7.25	0.3496	6.25
Peso fresco de la raíz (g)	7.78	0.2421	6.59
Peso seco de la raíz(g)	1.64	0.8648	1.68
Índice de clorofila (SPAD)	64.70	0.0012	59.37
N (%)	2.49	0.9765	2.49
P (%)	0.26	0.2215	0.28
K (%)	2.52	0.0428	3.03
Ca (%)	0.19	0.0016	0.25
Mg (%)	0.62	0.0012	0.81
Fe (mg/kg)	201.20	0.1739	245.36
Cu (mg/kg)	6.88	0.7621	7.26
Zn (mg/kg)	16.33	0.716	15.63
Mn (mg/kg)	64.92	0.1435	71.59
B (mg/kg)	106.12	0.0007	104.50
Mo (mg/kg)	2.42	0.1433	0.35

6.6.5 Testigo (sin malla, con SN al 100 % y sin bioestimulante) VS malla azul, beige, negra y verde con SN al 100 %

Existieron diferencias estadísticamente significativas entre la media del testigo y la media de los tratamientos malla azul, beige, negra y verde con SN al 100 %;

se observaron mejores resultados con las plantas testigo en las variables diámetro, número de pares de hojas y de brotes, peso fresco y seco de la parte aérea, número de botones florales y peso fresco de raíz. En la variable duración del cultivo las plantas testigo tardaron 7 días más que las plantas bajo las mallas sombra de color ($p \leq 0.05$) (Cuadro 17). Existieron diferencias significativas en la concentración de P, K y Zn, con mejores resultados en las plantas del tratamiento testigo.

Cuadro 18. Contrastes de las características de las plantas de lisianthus cv. Mariachi Pink cultivadas sin malla, con SN al 100 % y sin bioestimulante (testigo) con solución nutritiva al 100 % vs las plantas cultivadas en malla de colores (azul, beige, negra, verde) con solución nutritiva al 100 % bajo condiciones de invernadero.

Variable	Testigo	Pr>F	Malla Azul, Beige, Negra, Verde - 100 %
Días a botón floral	44.25	0.2801	38.50
Duración del cultivo (días)	71.50	0.0243	64.17
Altura (cm)	67.38	0.3130	54.01
Diámetro (mm)	4.40	<.0001	2.79
Número de pares de hojas	34.50	<.0001	24.33
Número de brotes	22.50	<.0001	10.92
Diámetro de la flor (mm)	70.12	0.6022	56.71
Longitud de la flor (cm)	5.33	0.1337	4.27
Peso fresco de la parte aérea (g)	28.18	<.0001	16.38
Peso seco de la parte aérea (g)	4.63	<.0001	2.48
Número de botones florales	12.75	<.0001	6.21
Longitud de la raíz (cm)	13.33	0.3683	10.64
Volumen de la raíz (mL)	7.00	0.2020	4.46
Peso fresco de la raíz (g)	8.03	0.0549	4.62
Peso seco de la raíz(g)	1.56	0.3195	1.08
Índice de clorofila (SPAD)	62.15	0.6869	53.21
N (%)	2.59	0.8595	2.62
P (%)	0.33	0.0019	0.27
K (%)	3.43	0.0097	2.75
Ca (%)	0.22	0.5506	0.24

Mg (%)	0.74	0.1909	0.67
Fe (mg/kg)	262.50	0.096	197.86
Cu (mg/kg)	4.60	0.9204	4.89
Zn (mg/kg)	31.10	<.0001	17.88
Mn (mg/kg)	69.00	0.0632	60.30
B (mg/kg)	88.90	0.4892	76.43
Mo (mg/kg)	4.30	0.0848	0.94

6.6.6 Sin malla con SN al 100 % y bioestimulante VS malla azul, beige, negra y verde con SN al 100 %

Existieron diferencias estadísticamente significativas entre la media de los tratamientos sin malla, con SN al 100 % y sin bioestimulante y la media de los tratamientos malla azul, beige, negra y verde con SN al 100 % con bioestimulante, se observaron mejores resultados con las plantas sin malla en las variables índice de clorofila, diámetro, número de pares de hojas y brotes, longitud de la flor, peso fresco y seco de la parte aérea. En la variable de duración del cultivo, las plantas cultivadas sin malla tardaron 5 días más. En la concentración de P, K, Zn, Mn y B, los resultados fueron mejores en las plantas sin malla, con SN al 100 % y sin bioestimulante ($p \leq 0.05$) (Cuadro 18).

Cuadro 19. Contrastes de las características de las plantas de lisianthus cv. Mariachi Pink cultivadas sin malla con solución nutritiva al 100 y bioestimulante % vs las plantas cultivadas en malla de colores (azul, beige, negra, verde) con solución nutritiva al 100 % bajo condiciones de invernadero.

Variable	Sin Malla – 100 %	Pr>F	Malla Azul, Beige, Negra, Verde - 100 %
Días a botón floral	43.5	0.1666	38.50
Duración del cultivo (días)	70.00	0.0072	64.17
Altura (cm)	69.28	0.1285	54.01
Diámetro (mm)	3.97	0.0004	2.79
Número de pares de hojas	32.00	0.003	24.33

Número de brotes	20.75	<.0001	10.92
Diámetro de la flor (mm)	68.24	0.9557	56.71
Longitud de la flor (cm)	5.63	0.0051	4.27
Peso fresco de la parte aérea (g)	26.60	0.0002	16.38
Peso seco de la parte aérea (g)	4.29	0.0005	2.48
Numero de botones florales	11.50	<.0001	6.21
Longitud de la raíz (cm)	13.00	0.6718	10.64
Volumen de la raíz (mL)	6.25	0.4415	4.46
Peso fresco de la raíz (g)	6.44	0.518	4.62
Peso seco de la raíz(g)	1.60	0.2637	1.08
Índice de clorofila (SPAD)	67.23	0.053	53.21
N (%)	2.63	9872	2.62
P (%)	0.36	<.0001	0.27
K (%)	3.67	0.0015	2.75
Ca (%)	0.23	0.6717	0.24
Mg (%)	0.78	0.0559	0.67
Fe (mg/kg)	237.60	0.2617	197.86
Cu (mg/kg)	6.80	0.1776	4.89
Zn (mg/kg)	25.90	0.0005	17.88
Mn (mg/kg)	72.60	0.0168	60.30
B (mg/kg)	106.00	0.0338	76.43
Mo (mg/kg)	1.20	0.8909	0.94

7. CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación, bajo las condiciones evaluadas, demuestran que el ambiente generado por los tratamientos es un factor determinante en las características de la parte aérea y raíz de la planta, así como en la concentración de macro y micronutrientes en las plantas de lisianthus cv. Mariachi Pink. El ambiente del testigo (sin malla, con SN al 100% y sin bioestimulante) se define como la mejor estrategia para la producción de lisianthus. Si bien la malla beige con SN al 75 % superó al testigo en precocidad, longitud de la flor y volumen de

raíz, las mallas de color azul, negra y verde presentaron retraso en días a la aparición del primer botón floral y en duración de cultivo y una reducción en altura y diámetro del tallo, número de pares de hojas, número de brotes, longitud de la flor, peso fresco y seco de la parte aérea y número de botones florales. Por otro lado, se determinó que la aplicación del bioestimulante no mejoró significativamente el crecimiento, calidad de la flor y estado nutrimental de las plantas de *lisianthus*.

8. REFERENCIAS

- Adhikari, S., Anuragi, H., Chandra, K., Tarte S. H., Draka, S. R., Jatav, H. S., & Hingonia, K. (2023). Chapter six - Molecular basis of plant nutrient use efficiency - concepts and challenges for its improvement. In A. Tariq & R. H. Khalid (Eds.). *Sustainable plant nutrition* (pp. 107-151). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18675-2.00001-8>
- Ahmad, I., Ashfaq, H., Dole, J. M., Hussain, T., Safdar, H., & Jabeen, A. (2025). Bioestimulants improve growth, yield and quality of *Eustoma grandiflorum* L. and *Matthiola incana* L. *Ornamental Horticulture*, 31, Article e312816. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v31.e312816>
- AIPH (International Association of Horticultural Producers). (2021). *International statistics flowers and plants 2021*, 69, 224. <https://aiph.org/giic/international-statistical-yearbook/>
- Alcántar, G. G., & Sandoval, V. M. (1999). *Manual de análisis químico de tejido vegetal*. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Colegio de Postgraduados.
- Alori, E., Dare, M. O., & Babalola, O. O. (2017). Microbial inoculants for soil quality and plant health. In E. Lichtfouse (Ed). *Sustainable agriculture reviews*, (pp. 281–307). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48006-0_9
- Ayala-Tafoya, F., Yáñez-Juárez, M. G., Partida-Ruvalcaba, L., Ruiz-Espinosa, F. H., Campos-García, H., Vásquez-Martínez, O., Velázquez-Alcaraz, T. de J., & Díaz-Valdés, T. (2015). Producción de pepino en ambientes diferenciados por mallas de sombreo fotoselectivo. *Información Técnica Económica Agraria*, 111(1), 3-17. [https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2015/111-1/\(03-17\)%20ITEA%20111-1.pdf](https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2015/111-1/(03-17)%20ITEA%20111-1.pdf)
- Backes, F. A., Barbosa, J. G., Sedyama, N. M. A., Martinez, P. H. E., Cecon, P. R., & Barbosa, S. M. (2006). Producción de lisianthus cultivados en macetas con diferentes soluciones nutritivas y métodos de cultivo. *Horticultura Brasileira*, 24(1), 6-10.
- Bejarano, R. C., López, V. I., Vaca, V. C., & Mera, A. R. (2021). Producción Agrícola Sustentable para el sector pecuario y el cambio climático. *Revista Alfa*, 5(14), 274–284. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i14.117>
- Bhantana, P., Rana, M.S., Xue-Cheng, S. Moussa, M.G., Saleem, M.H., Syaifudin M., Shah, A., Poudel, A., Pun, A.B, Bhat, M.A., Mandal, D.L., Shah, S., Zhiahao, D., Tan, Q., & Cheng-Xiao, H. (2021). Hongos micorrízicos

arbusculares y su papel fundamental en el crecimiento vegetal, la nutrición con zinc, la regulación del fósforo y la fitorremediación. *Symbiosis*, 84(1), 19–37. <https://doi.org/10.1007/s13199-021-00756-6>

Blázquez, M. A. (2003). *Regulación del tiempo de floración por luz y temperatura*. Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas, Universidad Politécnica de Valencia. <http://intranet.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Regulacion%20de%20floracion%20por%20luz%20y%20temperatura.pdf>

Bustos-Salazar, A., & Zuñiga-Feest, A. (2019). Efecto de la malla raschel de colores en el crecimiento de plántulas de *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus nitens* y *Pinus radiata* en condiciones de vivero. *Bosque (Valdivia)*, 40 (3), 287-298. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002019000300287>

Cano, M. A. (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma* spp. Y *Pseudomonas* spp. una revisión. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 14(2), 15-31. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262011000200003&lng=en&tlng=es.

Carbajal, R. I., Nahuel, G., Clavijoz, S. C., Cabeza, M. S., Castro, P., & Llano, C. L. (2024). Influencia del color de las mallas antigranizo en el estado hídrico de los viñedos y la madurez de *Vitis vinifera* L. en regiones semiáridas. *Revista de Ingeniería y Ciencias Aplicadas*, 4(2), 60-70. <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/revicap/article/view/8238>

Casierra-Posada, F., & Peña-Olmos, J. E. (2015). Modificaciones fotomorfogénicas inducidas por la calidad de la luz en plantas cultivadas. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39(0), 84-92. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.276>

Castillo-González, A. M., Ortiz-Mendoza, E., Valdez-Aguilar, L. A., Avitia-García, E., García-Mateos, M. del R., & Ybarra-Moncada, Ma. C. (2025). Crecimiento, rendimiento y calidad de chile habanero bajo condiciones de malla sombra de diferentes colores. *Tecnociencia Chihuahua*, 19(1), Article e1662. <https://doi.org/10.54167/tch.v19i1.1662>

Cruz-Crespo, E., Jaen-Contreras, D., Cadena-Iñiguez, J., & Arévalo-Galarza Ma. De L. (2020). Fertilización foliar en la calidad de tallos de *lisianthus* 'Flamenco Purple' (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinners.). *Agro Productividad*, 13(3), 1-8. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1671>

Delgado, S. D. H., & Gutiérrez, M. L. V. (2022). Hongos micorrizas arbusculares: la simbiosis de los múltiples beneficios. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, 12(2), 2-14. <https://doi.org/10.5377/elhigo.v12i2.15196>

- Devlin, P., Christie, J., & Terry, M. (2007). Many hands make light work. *Journal of Experimental Botany*, 58(12), 3071-3077. <https://doi.org/10.1093/jxb/erm251>
- Dhawi, F. (2023). The role of plant growth-promoting microorganisms (PGPMs) and their feasibility in hydroponics and vertical farming. *Metabolites*, 13(2), Article 247. <https://doi.org/10.3390/metabo13020247>
- Espinosa-Antón, A. A., Hernández-Herrera, R. M., Pizano-Andrade, J. C., & Salcedo-Pérez, E. (2025). Extractos botánicos con potencial bioestimulante para la agricultura en México: una revisión. *Biotecnia*, 27, Article e2633. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v27.2633>
- Fernández-Pavía, Y. L., & Trejo-Téllez, L. I. (2018). Biología, importancia económica y principales líneas de investigación en *lisianthus*: una especie ornamental nativa de México. *Agroproductividad*, 11(8), 177-182. <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i8.1115>
- Folta, K. M., & Carvalho, S. D. (2015). Photoreceptors and control of horticultural plant traits. *HortScience*, 50(9), 1274-1280. <https://www.doi.org/10.21273/HORTSCI.50.9.1274>
- Galvão, V. C., Fiorucci, A. S., Trevisan, M., Franco-Zorilla, J. M., Goyal, A., Schmid-Siegert, E., Solano, R., & Fankhauser, C. (2019). Los factores de transcripción PIF vinculan una señal de amenaza vecina con la reproducción acelerada en *Arabidopsis*. *Nature Communications*, 10(1), Article 4005. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11882-7>
- García-Mares, A., Moreno-Espíndola, I.P., Carballar-Hernández, S., Gama-Flores, J.L., & Ferrara-Guerrero, M.J. (2024). Patrones de colonización por hongos micorrízicos arbusculares y endófitos septados oscuros en un ecosistema forestal del municipio de Isidro Fabela, Estado de México. *Terra Latinoamericana*, 42, 1-12. <https://doi.org/10.28940/terra.v42i0.1760>
- Gayosso-Rodríguez, S., Borges-Gómez, L., Villanueva-Couoh, E., Estrada-Botello, M. A., & Garruña-Hernández, R. (2016). Sustratos para producción de flores. *Agrociencia*, 50(5), 617-631. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000500617
- Gómez, M. L., Montoya, J. A., Garcia-Jaramillo, D., Cardenas, I., Hurtado-Salazar, A., & Ceballos-Aguirre, N. (2024). Coberturas fotoselectivas y calidad de la luz: impacto en la fisiología de los cultivos y manejo integrado de plagas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 18(3), Article e18075. <https://doi.org/10.17584/rcch.2024v18i3.18075>

- González, A. D., Álvarez, H. U., & Lima, O. R. (2018). Acumulación de biomasa fresca y materia seca por planta en el cultivo intercalado caupí - sorgo. *Centro Agrícola*, 45(2), 77-82. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025357852018000200011&lng=es&tlng=es.
- Hancco, R. S. (2024). Efecto de dos bioestimulantes naturales en la producción de dos variedades de rosa (*Rosa* sp.) bajo invernadero en el distrito de Quiquijana en Cusco-Perú. *Revista Ciencia y Tecnología*, 10(20), 79–95. <https://doi.org/10.37260/rctd.v10i20.6>
- Hernández-Acosta, E., Trejo-Aguilar, D., Ferrera-Cerrato, R., Rivera-Fernández, A., & González-Chavez, M.C. (2018). Hongos micorrízicos arbusculares en crecimiento de café (*Coffea arabica* L.) variedades Garnica, Catimor, Caturra y Catuai. (2018). *Agro Productividad*, 11(4), 61-67. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/352>
- Hernández-Pérez, A., Valdez-Aguilar, L. A., Villegas-Torres, O. G., Alía-Tejacal, I., Trejo-Téllez, L. I., & Sainz-Aispuro, M. D. J. (2016). Effects of ammonium and calcium on lisianthus growth. *Horticulture, Environment and Biotechnology*, 57(2), 123-131. <https://doi.org/10.1007/s13580-016-00041>
- Hernández-Valladares, N. L., Palemón-Alberto, F., Damián-Nava, A., Cruz-Lagunas, B., Herrera-Castro, N. D., Ortega-Acosta, S., Toribio, J. J., & Reyes-García, G. (2021). Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento vegetal y su efecto en ecotipos de tomate. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(4), 581-589. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.4.581>
- Hussain, S., Iqbal, N., Pang, T., Khan, M. N., Wei-guo, L., & Wen-yu, Y. (2019). Weak stem under shade reveals the lignin reduction behavior. *Journal of Integrative Agriculture*, 18(3), 496-505. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)62111-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62111-2)
- Ilic, Z., Milenkovic, L., Šunić, L., Barać, S., Mastilović, J., Kevrešan, Ž., & Fallik, E. (2017). Effect of shading by coloured nets on yield and fruit quality of sweet pepper. *Zemdirbyste-Agriculture*, 104, 53-62. <https://doi.org/10.13080/z-a.2017.104.008>
- Islam, N., Patil, G., Torre, S., & Gislerod, H. (2004). Effects of relative air humidity, light and calcium fertilitation on tipburn and calcium content of the leaves of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. *European Journal of Horticultural Science*, 69(1), 29-36. <https://doi.org/10.17660/eJHS.2004/17706>
- Jiménez, J. T., Martínez, B. B., Antonio, V. V., Bello-Martínez, J., Alberto, P. F., Romero, R. Y., Orbe, D. D., & Toribio, J. J. (2020). Bacterias promotoras de crecimiento vegetal para incrementar la producción de *Lactuca sativa*

- L. en campo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(2), 449-452. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i2.1944>
- Kim, S. J., Eo, J. K., Lee, E.H., Park, H., & Eom, A.H. (2017). Efectos de los hongos micorrízicos arbusculares y las condiciones del suelo en el crecimiento de cultivos. *Mycobiology*, 45(1), 20–24. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2017.45.1.20>
- Kwon, H. S., Leporini, C., Kim, S., & Heo, S. (2024). Prolonged vase life by salicylic acid treatment and prediction of vase life using petal color senescence of cut lisianthus. *Postharvest Biology and Technology*. 209, Article 112726. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112726>.
- Liang, Y., Li, F., Gao, Q., Jin, C., Dong, L., Wang, Q., Xu, M., Sun, F., Bi, B., Zhao, P., Li, S., Ruan, J., Zhou, X., Zhang, L., & Wang, J. (2022). The genome of *Eustoma grandiflorum* reveals the whole-genome triplication event contributing to ornamental traits in cultivated lisianthus. *Plant Biotechnokogy Journal*, 10, 1856-1858. <https://doi.org/10.1111/pbi.13899>
- López-Guerrero, A. G., Rodríguez-Hernández, A. M., Mounzer O., Zenteno-Savin, T., Rivera-Cabrera, F., Izquierdo-Oviedo, H., & Soriano-Melgar L.D.A.A. (2020). Efecto de las oligosacarinas sobre la vida en florero de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* Raf.) cv 'Mariachi blue'. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 95(3), 316-324. <https://doi.org/10.1080/14620316.2019.1674698>
- López-Marin, J., Gálvez, A., Otálora, G., & Del Amor, F (2019). Photosensitive shade nets for pepper cultivation in southeastern Spain. *Acta Horticulturae*, 1252, 183-190. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1252.24>.
- Lugassi-Ben-Hamo, M., Kitron, M., Bustan, A., & Zaccari, M. (2010). Efecto del régimen de sombra sobre el desarrollo, rendimiento y calidad de la flor de lisianthus. *Scientia Horticulturae*, 124(2), 248-253. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.12.030>
- Maldonado, C. D., Pérez, R. S. R., & Domínguez, N. J. A. (2023) Producción de flor ornamental de Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) y Freesia (*Freesia x hybrida*) empleado aguas residuales como alternativa económica y ambiental en el valle de Mezquital. *XAHNI*, 6(1), 12-16. <https://orcid.org/0009-0005-5541-1880>
- Márquez-Quiroz, C., Robledo-Torres, V., Benavides-Mendoza, A., Vázquez-Badillo, M. E., Cruz-Lázaro, E., Estrada-Botello, M. A., & López-Espinosa, S. T. (2014). Uso de mallas sombra: una alternativa para la producción de tomate cherry. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 1(2), 175-180.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282014000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es

- Mena, E. A., Méndez, C. H., Ramírez, T. H. M., & Rojas, V. Á. N. (2021). Comparación de dos suelos para la producción de inoculantes micorrízicos en San Luis Potosí, México. *Scientia Fungorum*, 51, Article e1315. <https://doi.org/10.33885/sf.2021.51.1315>
- Miller, A. J. (2014). *Plant mineral nutrition*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0023717>
- Morales, R. H. J., Gómez, D. A. A., Juárez, L. P., Loya, O. J. L., & Ley de Coss, A. (2012). Forraje verde hidropónico de maíz amarillo (*Zea mays* L.) con diferente concentración de solución nutritiva. *Abanico Veterinario*, 2(3), 20-28. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7395296>
- Moreno, R. A., García, M. V., Reyes, C. J. L., Vásquez A. J., & Cano R. P. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 20(1), 68–83. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v20n1.73707>
- Mousavi, S. R. (2011). Zinc in crop production and interaction with phosphorus. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(9), 1503-1509. <https://www.researchgate.net/publication/216472620>
- Naing, A. H., & Kim, C. K. (2020). Application of nano-silver particles to control the postharvest biology of cut flowers: A review. *Scientia Horticulturae*, 270, Article 109463. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109463>
- Obianuju, C. E., & Olubukola, O. B. (2020). Productivity and quality of horticultural crops through co-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting bacteria. *Microbiological Research*, 239, Article 126569. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2020.126569>
- Pandey, G., Parks, S., & Thomas, R. G. (2023). Polymer and photo-selective covers on plant and fruit development: A review. *Agronomy Journal*, 115(6), 3074-3091. <https://doi.org/10.1002/agj2.21442>
- Peñuelas, M. F., Sánchez, P. J. F., Ruiz, M. F., & Fuentes, V. C. (2024). Morfología de la planta de arándano *Vaccinium corymbosum* L. cv. “Biloxi” bajo mallas fotoselectivas en Sinaloa, México. *Temas Agrarios*, 29(2), 151-170. <https://doi.org/10.21897/ynpsv266>
- Ramírez, C., Colinas-Leon, M., Castro-Brindis, R., Ramírez-Ramírez, S., & Martínez-Damián, M. (2022). Calidad poscosecha en *Eustoma grandiflorum* ‘Mariachi blue’, bajo diferentes concentraciones de solución

- Steiner. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 5, 2860-2869. <https://doi.org/10.34188/bjaerv5n3-020>
- Ramírez, H. J. J., & Avitia-Rodríguez, J. A. (2017). Floricultura mexicana en el siglo XXI: su desempeño en los mercados internacionales. *Revista de Economía*, 34(88), 99-122. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2395-87152017000100099&lng=es&tlng=es.
- Reid M. S., & Jiang C. (2012). Postharvest biology and technology of cut flowers and potted plants *Horticultural Reviews*, 40, 3-56. <https://doi.org/10.1002/9781118351871.ch1>.
- Rodríguez, B. M. M. & Morales, U. D. M. (2015). Efecto de las redes de sombreado en la producción y calidad del fruto de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Brigitta. *Scientia Agropecuaria*, 6(1), 41-50. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.01.04>
- Rodríguez-Hernández, M., Izquierdo-Oviedo, H., Soriano-Melgar, L. D. A. A., Calaña-Janeiro, V.M, Hernández-Escobar, I. D. L. C., Horta-Fernández, D., & Guillama-Alonso, R. (2021). Aclimatación de plántulas de *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinnars) cultivar 'Mariachi Blue' con un oligogalacturonido. *Cultivos Tropicales*, 42(1), 16. <https://doi.org/10.1234/ct.v42i1.1576>
- Rolli, E., Marasco, R., Saderi, S., Corretto, E., Mapelli, F., Cherif, A., Borin, S., Valenti, L., Sorlin C., & Daffonchio, D. (2017). Root-associated bacteria promote grapevine growth: from the laboratory to the field. *Plant Soil*, 410, 369-382. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-3019-6>
- Saha, S., Paul, D., Poudel, T., Basunia, N., Hasan, T., Hasan, M., Li, B., Reza, R., Haque, A., Hanif, A., Sarker, M., Roberts, N., Khoso, M., Wu, H., & Shen, H. (2023). Biofertilizer science and practice for agriculture and forestry: A review. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*, 11(6), 31-44. <https://doi.org/10.7324/JABB.2023.148741>
- Salazar-Orozco, G., Ruíz-Sánchez, M. C., Valdez-Aguilar, L. A., Pistelli, L., Ruíz, O. C., & Grassotti, A. (2013). Influencia de la fertilización nitrogenada y potásica en la calidad aromática de flores de *Lilium* "Starfighter". *Información Técnica Económica Agraria*, 109, 3-12. <https://www.researchgate.net/publication/254560456> Influencia de la fertilización nitrogenada y potásica en la calidad aromática de flores de *Lilium* Starfighter
- SAS Institute Inc. (2006). *Base SAS 9.1.3 Procedures Guide*. (2.^a ed.). SAS Institute Inc.

- Shahrajabian M. H., Chaski, C., Polyzos, N., Tzortzakis, N., & Petropoulos S. A. (2021). Sistemas agrícolas sostenibles en la producción de hortalizas utilizando quitina y quitosano como bioestimulantes vegetales. *Biomoléculas*, 11(6), Article 819. <https://doi.org/10.3390/biom11060819>
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2022). <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/las-flores-estan-en-el-campo-en-las-miradas-en-las-palabras>
- SIAP. (2021). Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON).
- SIAP. (2023). Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON).
- Smith, B.C. (2021). The infrared spectra of polymers II: polyethylene. *Spectroscopy*, 36(9), 24-29. <https://doi.org/10.56530/spectroscopy.xp7081p7>
- Steiner, A. A. (1984). The universal nutrient solution. In *Proceedings 6th International Congress on Soiless Culture* (pp. 633-650). International Society for Soiless Culture. Talamini, A. C. V., Steffens, C. & Argenta, L. (2011). Yield and fruit quality of 'Gala' and 'Fuji' apple trees protected by white anti-hail net. *Scientia Horticulturae*, 129(1), 79-85. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.03.010>
- Tejada-Sartorius, O., & Arévalo-Galarza, M. L. (2018). La floricultura, una opción económica rentable para el minifundio mexicano. *Agroproductividad*, 5(3), 11-19. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/404>
- Uc-Ku, A. G., Arreola-Enríquez, J., Carrillo-Avila, E., Osnaya-González, Ma. M., Alarcón, A., Ferrera-Cerrato, R., & Landeros-Sánchez, C. (2019). Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de *Heliconia stricta*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(5), 1057-1069. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i5.1608>
- Vera-Maldonado, P., Aquea, F., Reyes-Díaz, M., Cárcamo-Fincheira, P., Soto-Cerda, B., Nunes-Nesi, A., & Inostroza-Blancheteau, C. (2024). Role of boron and its interaction with other elements in plants. *Frontiers in Plant Science*, 5(15), Article 1425825. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1332459>.
- Wang, P., Abid, M. A., Qanmber, G., Askari, M., Zhou, I., Song Y., Liang, C., Meng, Z., Malik, W., Wei, Y., Wang, Y., Cheng, H., & Zhang R. (2022). Photomorphogenesis in plants: The central role of phytochrome interacting factors (PIFs). *Environmental and Experimental Botany*, 194, Article 10474. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104704>.

- Zhen, S., Van, L. M., & Bugbee B. (2021). Why far-red photons should be included in the definition of photosynthetic photons and the measurement of horticultural fixture efficacy. *Frontiers in Plant Science*, 12, Article 693445. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.693445>
- Zhou, J., Li, P., & Wang, J. (2022). Effects of light intensity and temperature on the photosynthesis characteristics and yield of lettuce. *Horticulturae*, 8 (2), Article 178. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8020178>.