

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Evaluación de la Aplicación de Diferentes Dosis de Elementos Benéficos y Levadura en el Cultivo de Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*)

Por:

JUANA ITZEL PÉREZ GARCÍA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Evaluación de la Aplicación de Diferentes Dosis de Elementos Benéficos y
Levadura en el Cultivo de Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*)

Por:

JUANA ITZEL PÉREZ GARCÍA


TESIS

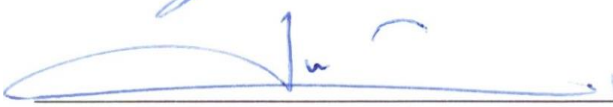
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:


INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. José Antonio González Fuentes
Asesor Principal


M.C. Carlos Alberto Gabriel Zunun
Asesor Principal Externo


Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar
Coasesor


Dra. Laura Raquel Luna García
Coasesor


Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2025



Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos: Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes. Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Juana Itzel Pérez García

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por concederme la fortaleza, la sabiduría y la guía necesarias para alcanzar esta meta tan importante en mi vida.

A mi "Alma Mater", UAAAN, por brindarme formación académica, disciplina y experiencias que marcaron mi crecimiento profesional y personal.

A mis asesores

Dr. José Antonio González Fuentes mi agradecimiento por haberme otorgado la oportunidad de trabajar en el desarrollo de este proyecto.

M.C. Carlos Alberto Gabriel Zunun por haber estado siempre para mí, por su paciencia incondicional y por no dejarme sola en ningún momento. Su apoyo constante fue esencial para culminar este trabajo.

Dra. Raquel, por su orientación, paciencia y acompañamiento constante durante la estancia en la universidad.

A mi familia por su apoyo incondicional, sus consejos y la confianza que siempre depositaron en mí.

A mis amigos, Adrián, Hanna, Isela y Nancy por conocerlos, por su compañía, motivación y por ser parte fundamental de este camino académico.

DEDICATORIAS

Dedicada con amor a mi madre Verónica García Barrera y a mi abuelo Manuel Pérez Pérez (†) por siempre estar presente en mi vida y ser mi inspiración para ser mejor cada día.

A mi hermana Mariela por brindarme la fortaleza y el respaldo que hicieron posible llegar hasta aquí.

Para Ashley y Magy, mis fieles compañeras, que siempre me recibieron con alegría. Su cariño y compañía fueron un descanso para mi alma.

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	xii
I.INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
Objetivo General	3
Objetivos específicos	3
HIPÓTESIS.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1.1 Importancia de las ornamentales	5
2.1.2 Producción de ornamentales.....	5
2.2 Lisianthus.....	6
2.2.1 Importancia económica del lisianthus	7
2.2.2 Producción nacional de lisianthus.....	7
2.3 Descripción de lisianthus	8
2.3.1 Descripción Taxonómica	8
2.3.2 Morfología de lisianthus.....	8
2.3.3 Origen y distribución geográfica.....	9
2.4 Condiciones edafoclimáticas ideales	9
2.4.1 Suelo	9
2.4.2 Luz.....	10
2.4.3 Temperatura	10
2.5 Manejo agronómico	11
2.5.1 Propagación	11
2.5.2 Riego y Fertirriego	12
2.5.3 Conductividad eléctrica (CE)	13
2.5.4 Requerimientos Nutricionales	13
2.5.5 Fertilización.....	14
2.5.6 Control de plagas y enfermedades	14
2.5.7 Cosecha y postcosecha	15
2.6 Nutrición vegetal y elementos esenciales	16
2.6.1 Nutrición vegetal.....	16

2.6.2 Elementos esenciales.....	16
2.7 Macronutrientes primarios.....	17
2.7.1 Carbono (C).....	17
2.7.2 Hidrogeno (H).....	18
2.7.3 Oxígeno (O).....	18
2.7.4 Nitrógeno (N).....	18
2.7.5 Potasio (K).....	18
2.8 Macronutrientes secundarios.....	19
2.8.1 Calcio (Ca).....	19
2.8.2 Magnesio (Mg).....	19
2.8.3 Azufre (S).....	19
2.9 Micronutrientes.....	19
2.9.1 Hierro (Fe).....	19
2.9.2 Manganeso (Mn).....	20
2.9.3 Zinc (Zn).....	20
2.9.4 Cobre (Cu).....	20
2.9.5 Boro (B).....	20
2.9.6 Molibdeno (Mo).....	21
2.9.7 Cloro (Cl).....	21
2.9.8 Níquel (Ni).....	21
2.10 Elementos benéficos.....	21
2.11 Elementos benéficos emergentes y su impacto en cultivos agrícolas.....	22
2.11.1 Selenio (Se).....	23
2.11.2 Cobalto (Co).....	24
2.11.3 Yodo (I).....	25
2.11.4 Silicio (Si).....	26
2.11.5 Extractos de levadura en la agricultura.....	26
III. MATERIALES Y METODOS.....	28
3.1.1 Ubicación del experimento.....	28
3.1.2 Establecimiento del experimento.....	28
3.1.3 Manejo agronómico del cultivo.....	29
3.1.4 Tratamientos.....	30

3.1.5 Frecuencia de aplicación	30
3.2. Variables evaluadas.....	31
3.2.1 Altura	31
3.2.2 Diámetro del tallo.....	31
3.2.3 Numero de hojas.....	32
3.2.4 Numero de botones florales	33
3.2.5 Peso fresco	33
3.2.6 Peso de la flor	34
3.2.7 Diámetro ecuatorial	35
3.2.8 Diámetro polar	36
3.2.9 Numero de pétalos por flor	36
3.3 El análisis estadístico de los datos.....	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1 Altura de planta.....	38
4.2 Diámetro de tallo.....	39
4.3 Numero de hojas.....	41
4.4 Numero de botones florales	43
4.5 Peso fresco	45
4.6 Peso de la flor	47
4.7 Diámetro ecuatorial	49
4.8 Diámetro polar de la flor.....	51
4.9 Numero de pétalos.....	52
V.CONCLUSIÓN	55
VI. LITERATURA CITADA.....	56

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos para los primeros estados de cultivo en plantas ornamentales al inicio del ciclo.....	13
Tabla 2. Manejo en el control de plagas para la mayoría de ornamentales de corte.	14
Tabla 3. Tratamientos evaluados en diferentes concentraciones en lisianthus. ...	30

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del ensayo dentro de las instalaciones de la universidad	28
Figura 2. Registro de la medición de altura de tallos de lisianthus utilizando un flexómetro de precisión.	31
Figura 3. Registro de la medición de diámetro de tallos de lisianthus utilizando un vernier digital.	32
.....	33
Figura 4. Registro del conteo manual de hojas de lisianthus	33
Figura 5. Registro del conteo manual de brotes florales de lisianthus.....	33
Figura 7. Registro de la medición de peso de la flor lisianthus utilizando una báscula digital.....	35
Figura 9. Registro de la medición de diámetro polar de lisianthus (utilizando un vernier digital.	36
Figura 10. Registro del conteo manual de los pétalos de lisianthus.	37
Figura 11. Efecto de los elementos benéficos y levadura como bioestimulantes en el diámetro del tallo de lisianthus.	39
Figura 12. Efecto de los elementos benéficos y levadura como bioestimulantes en el diámetro del tallo de lisianthus.	40
Figura 13. Efecto de los elementos benéficos y levadura como bioestimulantes en el número de hojas del lisianthus.	41
Figura 14. Efecto de los elementos benéficos y levadura como bioestimulantes en el número de botones florales de lisianthus.	43
Figura 15. Efecto de los elementos benéficos y levadura como bioestimulantes en el peso fresco de lisianthus.	45
Figura 16. Efecto de los elementos benéficos y levadura como bioestimulantes en el peso de la flor de lisianthus.	47
Figura 17. Efecto de los elementos benéficos y levadura como bioestimulantes en el diámetro ecuatorial de lisianthus.	49
Figura 18. Efecto de los elementos benéficos y levadura como bioestimulantes en el diámetro polar de la flor de lisianthus.	51
Figura 19. Efecto de los elementos benéficos y levadura como bioestimulante en el número de pétalos de la flor de lisianthus.	53

RESUMEN

El cambio climático exige sistemas agrícolas más eficientes y sostenibles. El lisianthus es un cultivo de alto valor, pero su producción nacional sigue limitada por el desconocimiento de su manejo. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de diferentes dosis de selenio, cobalto, yodo, silicio y extracto de levadura *Saccharomyces cerevisiae* (3, 6, 12 y 24 g L⁻¹) sobre el crecimiento y desarrollo floral de lisianthus, bajo un diseño de bloques completos al azar. Los bioestimulantes generaron diferencias significativas en los parámetros evaluados. El yodo a 20 ppm favoreció la altura de planta; el silicio a 1 g L⁻¹ incrementó el diámetro de tallo; y la levadura a 12 g L⁻¹ aumentó el número de hojas. Dosis elevadas de selenio, cobalto y silicio mostraron efectos tóxicos, reduciendo crecimiento y floración. El número de botones florales aumentó con levadura (3 y 12 g L⁻¹), yodo en concentraciones bajas y silicio a 1 g L⁻¹. El peso fresco de planta y flor mejoró con levadura, yodo y selenio a dosis intermedias. En las características florales, cobalto a 3 ppm y selenio a 4 ppm incrementaron tamaño y número de pétalos, mientras que concentraciones altas redujeron el desarrollo. En general, las dosis intermedias fueron las más favorables. La levadura destacó como promotora del crecimiento, y el cobalto en bajas concentraciones mejoró la calidad floral.

Palabras claves: Bioestimulación, Calidad de flor, Ornamental, Nutrición vegetal *Saccharomyces cerevisiae*

I.INTRODUCCIÓN

Las plantas ornamentales en México en los últimos años han sido de mucha importancia dentro del sector agrícola no solo por su valor estético, sino por el impacto económico que representan, especialmente las ornamentales de corte, siendo estas utilizadas principalmente para la comercialización tanto nacional como internacional, en la actualidad la floricultura mexicana se ha considerado como una de las principales actividades agrícolas con mayor relevancia económica y social en el país. Según SADER (2024), este sector es el que genera más empleos directos e indirectos con una mayor participación de mujeres además contribuye al fortalecimiento de las comunidades rurales y al posicionamiento de México como un importante productor y exportador de flores ornamentales en América latina.

El este panorama el estudio de esta ornamental es relevante debido a su alta demanda, lo que la posiciona como una de las especies más apreciadas dentro de la floricultura moderna, además de ser una especie nativa de América del norte su investigación contribuye al aprovechamiento sostenible de recursos genéticos locales y el fortalecimiento de la producción ornamental en México (Fernández & Trejo, 2018).

El desconocimiento del manejo de este cultivo ha sido causa de su escasa producción, dado que es susceptible a problemas de estrés por diferentes factores edafoclimáticos. Por lo tanto, encontrar nuevos productos o alternativas que ayuden a mitigar este problema es de vital importancia (Baez & Urbina, 2022). *Lisianthus* enfrenta diversos problemas durante el ciclo de cultivo, entre ellos la pudrición de raíz y tallo causada por *Fusarium solani*, el moho gris provocado por *Botrytis cinérea*, así como la senescencia prematura que reduce su vida poscosecha. Estos factores junto con las deficiencias nutricionales y estrés edafoclimático, afectan la productividad y calidad de esta flor ornamental (Xiao et al., 2018; Wegulo & Vilchez, 2007; Darvish., et al., 2021).

Se ha encontrado que algunos elementos minerales benéficos ayudan a un mejor crecimiento en los cultivos; también ejercen efecto sobre la producción en situaciones particulares o en la tolerancia a estrés, ya sea por condiciones abióticas y bióticas desfavorables, siendo de mayor importancia la característica distintiva de que la planta puede vivir sin su presencia (Ortega & Malavolta, 2012). Además, ciertos extractos de levaduras ya sea aplicadas en suelo o en cultivo sobresalen como una alternativa para mejorar el crecimiento de la planta, la absorción de los nutrientes, tolerancia a la salinidad y sequía y el control de ciertos patógenos, así como ciertos mecanismos de acción como producción de fitohormonas, solubilización del fósforo y mejorar la salud del suelo (Nimsi et al., 2023). Por lo cual estos elementos son considerados bioestimulantes, dado que provocan un estímulo en las plantas, lo cual genera una respuesta en las plantas. La actividad de estos elementos en la planta promueve muchas veces la disponibilidad de nutrientes e induce la elaboración de compuestos bioactivos, aminoácidos, etc., lo cual es necesario para poder comprender el comportamiento como una flor de corte dentro del manejo del cultivo. En este contexto, los elementos benéficos silicio, yodo, selenio y cobalto, junto con la aplicación de levaduras como bioestimulante han obtenido un cierto interés en la investigación agrícola debido a los efectos positivos sobre el crecimiento, la calidad y la resistencia de las plantas (Trejo et al., 2023).

Sin embargo, a pesar de los avances en las investigaciones sobre nutrición vegetal, aún existe escasa información sobre el efecto de estos elementos como bioestimulantes en ornamentales, principalmente en *Lisianthus*. Por lo anterior, el presente estudio busca aportar evidencias científicas que permitan comprender el comportamiento y cómo influyen estos elementos en la conducta y desarrollo de esta planta, con el propósito de mejorar el rendimiento de las flores y promover un sistema de producción eficiente.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el efecto de la aplicación de elementos benéficos selenio, cobalto, yodo y silicio y levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en el cultivo de *Lisianthus* en la floración y producción de *Lisianthus*.

Objetivos específicos

Evaluar el efecto de la aplicación de selenio, cobalto, yodo, silicio y levadura en el desarrollo vegetativo y floral de *Lisianthus*.

Comparar el impacto de las aplicaciones selenio, cobalto, yodo, silicio y levadura en la acumulación de biomasa y la floración de *Lisianthus*

Determinar las mejores dosis de elementos beneficios y levadura en función al efecto del crecimiento y desarrollo de *Lisianthus*.

HIPÓTESIS

Hipótesis Alterna:

La aplicación de selenio, cobalto, silicio y levadura en el drench mejoraran el rendimiento y calidad en plantas lisianthus

Hipótesis Nula:

La aplicación de selenio, cobalto, silicio y levadura, en el drench no impactaran en el rendimiento y calidad en plantas de lisianthus.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.1 Importancia de las ornamentales

Las plantas y flores ornamentales presentan un crecimiento sostenido principalmente impulsado por las mejoras genéticas de las especies y la creciente demanda de productos decorativos y estéticos. De acuerdo con Blue Consulting (2023) el valor del mercado alcanzó los 40,400 millones de dólares en 2022 y se prevé que llegue a 78.4810 millones para 2029 con una tasa de crecimiento anual m este asociado por la demanda y rentabilidad de los cultivos ornamentales. En comparación con un informe de Proficient Market Insights de (2024), el mercado global de flores y plantas ornamentales está valuado en aproximadamente \$51.92 mil millones en 2024 y se proyecta que alcance los \$91.90 mil millones para 2033. A partir de esta información, se evidencia la relevancia económica que tienen las ornamentales dentro del comercio mundial este sector no solo constituye una fuente de ingreso para la economía, si no que representa una oportunidad para los países tanto productores como exportadores

A nivel nacional en los últimos años las ornamentales en México ha incrementado cerca de 45%, posicionando a México en el tercer productor mundial, con un crecimiento anual aproximado de 3%, además en la actualidad existen más de 23 mil Ha destinadas a la producción de diferentes ornamentales, de las cuales gran parte del territorio se realiza en espacios controlados, aunque en su mayoría aun utilizan baja tecnología (Ontiveros, 2025). La producción ornamental en México cobra un valor estratégico y no solo por su función estética sino también por la capacidad en su desarrollo económico como innovación sustentabilidad y cultura y al mismo tiempo fomentan la conservación de flores nativas. (Torres-Montufar et al., 2025).

2.1.2 Producción de ornamentales

El principal país productor a nivel mundial en la producción de plantas ornamentales está definido por un pequeño grupo de países que combinan infraestructura

avanzada condiciones climáticas favorables en distintos, medios en superficie productiva. Actualmente, en Asia el primer lugar lo ocupa China e India destacando su posición como principal productor mundial de plantas ornamentales, flores cortadas, plantas en maceta, bulbos y tubérculos. tanto para su consumo local como para exportación (Wang, 2024). En Europa los países bajos destacan como el principal centro de producción y exportación especialmente en flores cortadas y plantas en maceta gracias a la logística eficiente y diversos mercados desarrollados por su parte América Latina, Colombia y Ecuador se han identificado como principales productores de flores de corte para abastecer mercados internacionales, mientras que Estados Unidos ha percibido una disminución en la producción, lo que ha permitido que otras regiones tomen su lugar en el comercio global de las ornamentales (Salachna, 2020).

A nivel nacional los principales estados productores de ornamentales en México son el Estado de México, Morelos, Puebla, Nuevo León y Ciudad de México, aunque la participación puede variar según el tipo de planta ornamental. Además, la industria mexicana representa un gran potencial de exportación especialmente hacia Estados Unidos y Canadá, aunque actualmente solo el 4% de su producción se destina a mercados internacionales (Ontiveros, 2025).

De acuerdo con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Gobierno de México, 2024), la producción Nacional de flores en México principalmente el Estado de México generó 6,177 millones de pesos (75.6%) siendo así el Estado de México el que facilitó la producción con 3,166 millones de flores, que representan 75.9% de la producción total y es el principal productor de: Rosa, Crisantemo, Gerbera, Liliun, Girasol y ave del paraíso.

2.2 Lisianthus

El lisianthus es una planta ornamental que aporta elegancia a jardines, es parecida a las rosas, sus flores se caracterizan por una amplia variedad de colores como azul, lila, rosa, verde pálido y blanco y se pueden representar en formas simples o

dobles, algunas variedades muestran bordes ondulados y contrastes de colores más intensos en los pétalos, además son apreciadas tanto en macetas, en flores cortadas y arreglos florales (Falcao, 2022).

2.2.1 Importancia económica del lisianthus

El lisianthus es un cultivo floral hasta cierto punto nuevo dentro del mercado internacional, sin embargo, se ha ubicado con rapidez entre las principales flores de corte a nivel global, especialmente debido al color de sus flores y a la larga vida después de la cosecha Harbaugh, 2007 citado en (García et al., 2023). Las flores se utilizan ampliamente para ramos de bodas pueden usarse tanto para flor de corte como una planta de maceta y otros arreglos especiales (Bhatia, et al., 2020)

Esta ornamental con alto potencial económico carece de información acerca de sus requerimientos nutrimentales, lo que restringe la elaboración de programas de fertilización adecuados, de bajo costo e impacto ambiental (Castillo-Gonzalez,2014). Sin embargo, tiene gran potencial y aceptación como planta ornamental por la variedad de colores entre ellos el azul de sus flores además de distintas formas y que puede alcanzar hasta 3 semanas, de vida, aunque en México es poco conocida y aun no se ha detonado su cultivo de manera significativa este podría representar una alternativa en el comercio de flores (Aburto-Chet al., 2020).

Esta flor sigue en crecimiento de manera significativa impulsando una demanda en diferentes regiones dentro del país lo que evidencia una ventana de oportunidad para los territorios de México que pueden aumentar la producción de esta flor y con esto promover la economía local y nacional y así contribuir al desarrollo del sector ornamental (Fernández Pavía, 2018).

2.2.2 Producción nacional de lisianthus

En México no se dispone de datos oficiales sobre la producción de lisianthus, aunque se identifican regiones productoras en los estados de Morelos, Estado de México, Puebla e Hidalgo, donde generalmente se cultiva bajo sistemas de agricultura protegida. A nivel nacional, las cosechas más importantes se concentran

en dos periodos: otoño-invierno y primavera-verano, coincidiendo con fechas de alta demanda como el 14 de febrero y el 10 de mayo. (Alvarado-Camarillo et al., 2018; Flores-Pérez et al., 2018; citado en Escudero-Cortés et al., 2021).

En la actualidad despierta mucho interés debido a la gran variedad de colores, esto tanto a nivel nacional como internacional se ha posicionado en las principales especies más vendidas y con mayor porcentaje de ventas (Motallebi, 2021).

En un comunicado oficial de Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) para 2022, se menciona que la producción nacional de flores de lisianthus alcanzó 1951 gruesas (unidad de medida usada en ornamentales).

2.3 Descripción de lisianthus

2.3.1 Descripción Taxonómica

Según (Cronquist 1984, citado en Rodriguez-Chavez,2015), la especie (*Eustoma grandiflorum*) se clasifica en:

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Gentianales

Familia: Gentianaceae

Género: Eustoma

Especie: (*Eustoma grandiflorum*)

2.3.2 Morfología de lisianthus

El lisianthus es una planta ornamental poca estudiada y cuya morfología es: un tallo herbáceo erguido y liso de sección cilíndrica redondeada. Las hojas son simples, sensibles y envueltas alrededor del tallo con forma ovada o lineal-lanceolada además de punta puntiaguda, la vena central es convexa y la venación es ligeramente arqueada (Olefirenko &Kyslychenko,2023). Las flores son en diversos colores, tamaños, simples o dobles depende la variedad miden 8,3 cm. Tienen un cáliz de 5 sépalos verdes y filiformes, el androceo consta de 5-6 estambres, el

gineceo con ovario unicelular y 2 estigmas, además de corola de 5-7 pétalos de textura muy suave. (Padrón-chan et al., 2021).

2.3.3 Origen y distribución geográfica

El *lisianthus* es una especie originaria de las praderas húmedas del sur de Estados Unidos y del norte de México. Pertenece a la familia *Gentianaceae* y se reproduce principalmente mediante semillas (ICAMEX, 2024)

El género *Eustoma* pertenece está conformado por tres especies silvestres, estas se distribuyen naturalmente desde el Sur de los Estados Unidos hasta las regiones de América Central, donde crece principalmente en ambientes templados y cálidos (Barba-Gonzales et al., 2017).

Su introducción dentro de Japón y Europa se hizo por los diferentes programas de mejora con las variedades híbridas F1 de flores blancas, rojas y albaricoque estas realizadas por la mayor parte por empresas japonesas; estas pueden presentar flores simples o dobles las cuales tienen de dos a tres hileras de pétalos (Ohkawa, & Sasaki, 1999)

2.4 Condiciones edafoclimáticas ideales

2.4.1 Suelo

El *lisianthus* requiere un suelo suelto, bien drenado y rico en materia orgánica. Lo recomendable es un suelo franco-arenoso o de textura ligera, si el suelo es demasiado alcalino o ácido, afectará fisiología de la planta, color de flores y dureza del tallo por eso es necesario corregir el suelo antes de plantar y realizar enmiendas con cal o materia orgánica para regular pH (Verma, 2025).

En estudios realizados en Ho Chi Minh se observó que una mezcla de 30% estiércol de vaca, 40% de turba de coco, 20% cascarilla de arroz y 10% de suelo empleados con dosis de fertilizante vía foliar 30-10-15 presentaron floración y un crecimiento óptimo, lo que demuestra que un sustrato en equilibrio y con buena nutrición da buena productividad al cultivo (Pham et al., 2022). Además la inoculación en suelo con *Glomus intraradices* y *G.mosseae* mejoran el crecimiento y la nutrición del

lisianthus aplicando fosforo intermedio y de esta forma ofrecer una estrategia sostenible para las flores de alta calidad (Sheikh-Assad., et al 2025).

2.4.2 Luz

El lisianthus es sensible a la luz y la temperatura sin embargo su crecimiento y floración mejoran con temperaturas más altas, mayor intensidad lumínica y fotoperiodos largos, favoreciendo la temperatura para obtener plantas de buena calidad en el ciclo del cultivo. (Oh et al., 2015). Además, un estudio realizado en Taiwán afirmo que la iluminación nocturna con lámparas de HID de mercurio mejora claramente el crecimiento y la calidad floral de lisianthus, incrementando altura, numero de flores y reduciendo el tiempo de cosecha en periodos de invierno. (Huan & Tsai, 2015). Así mismo, el uso de diferentes espectros LED influyen notoriamente en la germinación y el crecimiento del lisianthus, en el caso de la luz roja favoreció la germinación más rápida, mayor altura y supervivencia de plántulas en cambio la luz blanca promovió más hojas y raíces, destacando la importancia para la producción sostenible de plántulas de lisianthus (Sultana et al., 2021)

Además, los niveles óptimos de luz son de 40,000 a 60,000 pies candela o bien en (lux). En cuanto a los niveles altos estos favorecen la cantidad de botones y flores, pero la luz excesiva puede reducir la longitud del tallo; para el invierno es recomendable luz suplementaria (incandescentes o HID) cuando hay menos de 12 horas de luz al día. Los días largos aceleran la floración y la luz HID mejoran la calidad de flores de esta manera se reduce el tiempo de producción (PanAmerican Seed, 2012, citado en Mendoza, 2013).

2.4.3 Temperatura

Roni et al., (2017) señala que el crecimiento de (*Eustoma grandiflorum*) depende significativamente de la temperatura ambiental, siendo adecuadas las condiciones moderadas de temperatura lo que favorece un desarrollo vigoroso de las plantas.

El clima cálido, pero sin temperaturas excesivas que afecten negativamente al crecimiento o provoquen problemas fisiológicos como la roseta. En estudios se

menciona que temperaturas superiores a 25 °C pueden inducir formación de roseta en plántulas (Barba-González., et al, 2017).

El *lisianthus* puede cultivarse a campo abierto, Invernaderos o túneles preferentemente con control climático. Prefieren un clima templado que oscila entre 20-24°C durante el día y 16-18° durante la noche, con altitudes de 1000-18000 m.s.n.m. Se recomienda mantener una diferencia nocturna de 4° C respecto al día y evitar alta humedad relativa (Bhatia & Rajkumar, 2020).

Ohkawa y Sasak (1999) afirman que, en zonas frías, la siembra se realiza de marzo a abril, y la floración se produce de septiembre a octubre en invernaderos sin calefacción y mediante la calefacción e iluminación, el período de cosecha puede extenderse hasta noviembre. Por otro lado, en zonas cálidas, debido a las altas temperaturas estivales, las plántulas permanecen en rosetas sin espigar.

2.5 Manejo agronómico

2.5.1 Propagación

Su propagación se realiza principalmente por semilla, aunque también se puede hacer por esqueje o por cultivo *in vitro* (Torres, 2011 citado en Becerra, 2016). La duración de producción de la plántula dura entre 8 y 10 semanas bajo condiciones controladas, se traspasa cuando tiene de 2 a 4 pares de hojas verdaderas dependiendo del tamaño permitido por el volumen de sustrato en la charola de germinación(Sakata, 2012).

Cuando se compararon el cultivo de *lisianthus* criado a través de esquejes enraizados y métodos de plántula, se observó que el cultivo criado a través de esquejes enraizados tuvo un mejor rendimiento que el cultivo criado a plántula y que la propagación vegetativa a través de esquejes de tallo puede ser una alternativa más viable para la propagación de *lisianthus* (Bhatias & Shindhu,2019). También la propagación de esta ornamental además de realizarse por esquejes se hace por medio de cultivo *in vitro* , siendo esta la más apropiada para la obtención de brotes

y raíces de una manera más rápida, precisa y controlada (Kaviani-Livani et al., 2014.)

Además, puede reproducirse en bandejas utilizando sustrato bien drenado ya que las semillas son sensibles a la luz y no deben cubrirse al sembrarse. El proceso de germinación dura entre 10 y 12 días y las temperaturas adecuadas oscilan entre 20 y 27°C con una iluminación mínima de 1,000 lux, lo que favorece la emergencia uniforme. Posteriormente en etapa 2; 20 y 22° C con una iluminación de 26,900 lux, tercera etapa; entre 18 y 20° C con una iluminación de 26,900 lux y 4 etapa; en 17 y 18° C con iluminación de 53,800 lux (PanAmerican Seed, 2015).

2.5.2 Riego y Fertirriego

El *lisianthus* necesita de cuidados especiales en cuanto a la nutrición y el riego, ya que es una planta muy sensible a la salinidad, cuando existe un exceso de sales puede provocar quemaduras en las hojas y en las raíces, lo que reduce la calidad de la planta, evitar aplicar exceso de fertilizantes y controlar humedad. A lo largo del desarrollo del cultivo el sustrato debe permanecer lo suficiente húmedo, pero sin encharcamientos que provoquen asfixias en las raíces o aparición de hongos. Para un buen manejo en el riego es considerable emplear tensiómetros de 6 y 12 pulgadas a distintas profundidades y mantener lecturas de 15 y 20 centibares (Melgares de Aguilar, 1996). Sin embargo, un estudio afirma que *lisianthus* presenta tolerancia moderada a la salinidad pudiéndose cultivarse con aguas residuales salinas, ejemplo es la variedad (Pure White) que mostro mayor contenido de calcio aun con altos niveles de sodio y mayor adaptación que en comparación con la variedad Echo Blue (Valdez-Aguilar et al., 2014). Otro estudio con riego subterráneo moderado favorecieron el crecimiento y calidad floral y gracias a eso promovió el ajuste osmótico incremento fotosíntesis y la biomasa aérea radicular.(Xu, et al., 2023).

De acuerdo con Jiménez (2015) (Tabla 1) en los primeros estados del cultivo, la planta requiere especialmente nitrógeno y calcio, aumentando posteriormente las necesidades de Potasio. Para cubrir estos requerimientos se recomienda aportar en

el fertirriego la siguiente disolución nutritiva. Dichos nutrientes se complementarán de acuerdo con la etapa que presente.

Tabla 1. Requerimientos para los primeros estados de cultivo en plantas ornamentales al inicio del ciclo.

Iones	NH₄	K	Ca	Mg	NO₃	SO₄
Mmol/litro	0.9	3.1	1.8	1	7.6	1.5

Adaptado de Jiménez (2015).

2.5.3 Conductividad eléctrica (CE)

La Conductividad Eléctrica de la solución nutritiva al principio del cultivo debe de ser de 1.75 dS/m, pasando a 2.5 dS/m este cuando el cultivo se esté desarrollado. Sin embargo, esta conductividad solo se aplica si se usa riego por goteo, dado que las conductividades transmitidas al suelo serían: 1.3 dS/m y 1.9 dS/m esto, si las condiciones de riego son las apropiadas (Jiménez, 2015).

2.5.4 Requerimientos Nutricionales

(Favela et al., citado en Steiner,1973;Lara,1998) la preparación de la solución nutritiva depende de las condiciones climáticas, del estado fenológico del cultivo y de la parte que se va a cosechar por lo general, en la etapa vegetativa de la mayoría de los cultivos se requiere una mayor proporción de NO₃, (12-15 meq L-1) a costa principalmente de los SO₄ y del H₂PO₄, este se mantiene entre 1.0 y 1.5 meq L-1. En cambio, en la etapa reproductiva, el NO₃ se reduce de 10-13 meq L-1 y se eleva el H₂PO₄ 1.75- 2.0 meq L-1. La concentración de K, Ca y Mg debe mantenerse en una proporción de 30 a 40, 40 a 50 y 15 a 25 %, respectivamente.

Durante la etapa de formación y engrosamiento de los botones florales de *lisianthus* C v *Mariachi Pink* se presenta la mayor absorción nutrimental y buena producción de biomasa, dentro de esta etapa la planta demanda potasio, nitrógeno y magnesio junto con macronutrientes como Hierro y Zinc (Castillo González, et al., 2017).

2.5.5 Fertilización

El lisianthus es un cultivo que requiere de alto contenido nutrimental y progresa en suelos con altos niveles de fertilidad, para su buen crecimiento requiere altas tasas de fertilizantes ricos en potasio y en nitrógeno, se recomienda fertilizar con un 15:0:15 N:P:K para un mejor crecimiento de la planta en cuanto al Potasio debe mantener en equilibrio al igual que el nitrógeno, y el nitrógeno se aplica principalmente en forma de nitrato para poder ser asimilado. (Kumaresan et al., 2024).

2.5.6 Control de plagas y enfermedades

Debido a la vulnerabilidad y las densidades de plantación del lisianthus, además de otros factores que promueven el desarrollo de patógenos que disminuye la productividad y calidad de las flores, siempre ha sido indispensable un buen manejo de plagas y enfermedades a nivel mundial (Wegulo & Vilchez, 2007)

Los lisianthus son susceptibles a plagas comunes como pulgones *Aphididae*, trips *Frankliniella occidentalis*, mosca blanca, *Bemisia tabaci*, araña roja *Tetranychus urticae* y minadores de hoja *Liriomyza spp.* Entre las enfermedades comunes se incluyen el moho gris *Botrytis cinerea*, el mildiú polvoroso *Erysiphe cichoracearum* la pudrición radicular (*Pythium spp*), el marchitamiento por *Fusarium spp*(Kumaresan et al., 2024).

El MIP (Tabla 2) se basa en la utilización de diferentes recursos con el objetivo de disminuir plagas y enfermedades en cultivos y no solo utilizando un control químico. Para optimizar estas labores se requiere identificar o monitorear para identificar los problemas que afectan al cultivo y así se podrá tomar la decisión de alguna medida de control o si es necesario control químico (Fernández, 2013).

Tabla 1. Manejo en el control de plagas para la mayoría de ornamentales de corte.

Plaga	Control químico	Otro tipo de control
-------	-----------------	----------------------

Pulgones	Acetamiprid, Buprofezim, Imidacloprid, Tiametoxan.	Entomopatogenos
Moscas	De bajo impacto: Azadiractina. Acetamiprid, Buprofezim, Imidacloprid, Tiametoxan.	Trampas cromáticas adhesivas amarillas.
Trips	De bajo impacto: Jabones, aceite mineral y azufre. Abamectina, Formetanato, Clorhidrato, Metiocarb.	Trampas cromáticas adhesivas amarillas o azules.
Minadores	Insecticidas sistémicos preventivos. Abamectina, Acetamiprid, Imidacloprid, Spinosad.	Difícil de controlar de manera natural o cultural.
Orugas defoliadoras	Bajo impacto: <i>Bacillus thuringiensis</i> . Cipermetrina, Gamacialotrina, Lambdacialotrina.	Dezmalezada en el entorno de la planta
Ácaros	Abamectina, Azacictotín, Dicofol, Clofentezine.	Riego con manguera y desmalezado.

Nota. Elaboración propia adaptada de Fernández(2013).

2.5.7 Cosecha y postcosecha

El *lisianthus* demanda el corte de los tallos cuando tres flores comienzan a abrir, si este se realiza antes es posible que no abran muchos de los capullos terminales, además de que su capacidad atraer al consumidor es menor. No obstante, si cortamos los tallos con demasiados capullos abiertos se llegan a producir daños durante la manipulación y transporte además la vida en florero disminuirá significativamente (Melgares de Aguilar, 1996).

La cosecha del *lisianthus* debe realizarse durante las horas frescas del día cuando dos o tres de sus tallos empiecen a abrir, los tallos se colocan en agua para evitar que se marchiten, se eliminan las hojas inferiores y estos se guardan en agua con conservador floral, para el almacenamiento en debe alcanzar 4°C ya que ayuda a extender la vida de florero(Sakata,2012).

Además, debe evitarse la acumulación de gases de combustión (motores, calefacción) tanto en el invernadero como en las cámaras y durante el transporte, dado que estos generan etileno, provocando senescencia prematura de las flores, además, es necesario mantener el cultivo limpio de restos vegetales dañados y enfermos (Chachín et al., 2002).

2.6 Nutrición vegetal y elementos esenciales

2.6.1 Nutrición vegetal

La nutrición vegetal es un campo extenso en el estudio e importante, se enfoca en el análisis de los nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, adinámico y en constante evolución, y una comprensión adecuada de sus principios subyacentes es esencial para la producción de alimentos y para la sostenibilidad ambiental (Barriga, 2023).

2.6.2 Elementos esenciales

El término elemento mineral esencial fue propuesto por Arnon y Stout estos autores concluyeron que, para que un elemento se considere esencial, deben cumplirse tres criterios (Arnon & Stout,1939;citado en Marschner, 2012,).

- a) Una planta determinada debe ser incapaz de completar su ciclo de vida en ausencia del elemento.
- b) La función del elemento no debe ser reemplazable por otro elemento.
- c) El elemento debe estar directamente involucrado en el metabolismo de la planta.

Los nutrientes esenciales requeridos por las plantas superiores son exclusivamente de naturaleza inorgánica, este requerimiento exclusivo de nutrientes inorgánicos las distingue básicamente del hombre, de los animales y de un número de microorganismos que adicionalmente necesitan compuestos orgánicos (Mengel & Kirkby, 2000).

Los elementos esenciales para las plantas son 17 incluyendo O, H y C provenientes de H₂O, CO₂ y aire, los demás corresponden a los nutrientes minerales, los cuales, según la cantidad absorbida por la planta, se clasifican en macronutrientes y micronutrientes. (Rodríguez & Flores, 2004)

La baja fertilidad de los suelos y la limitada nutrición vegetal en los cultivos afectan la calidad, producción y la productividad de los cultivos. Los elementos esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y zinc, participan en los mecanismos que dan pie a la formación de carbohidratos, proteínas y vitaminas influyendo de manera inmediata en la calidad de los productos agrícolas y en el valor comercial de esto. (Njira & Nabwami, 2015)

Además, para el crecimiento de la planta depende principalmente de una cantidad considerable de elementos, algunos son necesarios en pequeñas cantidades y otros en grandes cantidades, para lo cual estos elementos se dividen en dos grupos: macroelemento y microelemento (Chesworth et al., 1998).

2.7 Macronutrientes primarios

2.7.1 Carbono (C)

El carbono es el elemento 6 de la tabla periódica y líder del grupo 14, posee 4 electrones de valencia que permiten formar múltiples tipos de enlaces. Se encuentran en numerosos compuestos y también en sus formas puras como grafito y diamante con propiedades físicas muy distintas debido a la disposición de sus átomos. Representa alrededor de 0,025 de la corteza terrestre y se concentra en minerales carbonados como antracita (Pellicer-Roig, 2024).

2.7.2 Hidrogeno (H)

Este bioelemento participa en la formación de enlaces covalentes y puentes de Hidrogeno, regula el pH modula reacciones redox y forma grupos funcionales-, que definen la identidad de las biomoléculas. Su papel clave en el metabolismo de plantas y microorganismos del suelo afectando la nutrición, la resistencia al estrés y la calidad de productos agrícolas (Yang et al., 2020).

2.7.3 Oxígeno (O)

El oxígeno es indispensable para la respiración y metabolismo de las plantas. Su disponibilidad en el suelo influye en la absorción de los nutrientes, el crecimiento radical y el rendimiento, mientras que la hipoxia provoca alteraciones morfo-anatómicas y metabólicas que afectan la productividad. (Moreno-Róblelo et al., 2020).

2.7.4 Nitrógeno (N)

El nitrógeno es uno de los macronutrientes más importantes fundamental para el crecimiento vegetativo por ser parte de aminoácidos, proteínas enzimas y ácidos nucleicos (Saynes-Santillán et al., 2021). Las plantas absorben nitrógeno como nitrato amonio y aminoácidos que son transportados y asimilados mediante glutamina sintetasa y glutamato sintasa, participa en tolerancia al estrés mientras que su uso inadecuado puede generar impactos ambientales (Zayed et al., 2025).

2.7.5 Potasio (K)

El potasio es un macronutriente esencial que no forma parte de estructuras orgánicas, pero regula procesos vitales en plantas, participa en apertura y cierre estomáticos, controla equilibrio hídrico y osmótico y favorece la síntesis y el transporte de azúcares Su disponibilidad mejora el crecimiento tolerancia al estrés y rendimiento del cultivo (El-Azizy et al., 2021).

2.8 Macronutrientes secundarios

2.8.1 Calcio (Ca)

El calcio es un nutriente mineral secundario esencial presente en todos los tejidos de las plantas y necesario para su crecimiento. Su movilidad es limitada y depende de la transpiración. Participa en la formación y estabilidad de paredes y membranas celulares, además actúa como mensajero en la señalización que regula el desarrollo y la respuesta al estrés. (Wang-Yu et al., 2024). El calcio se encuentra en las diversas formas de fosfatos de calcio, como las apatitas, el fosfato octacálcico y el CaHPO_4 (Mengel et al., 2001).

2.8.2 Magnesio (Mg)

El magnesio es el tercer metal estructural más abundante en la corteza terrestre presente en el suelo como Mg_2 tanto en solución como en forma intercambiable, una vez absorbido se trasloca desde las raíces hacia la parte aérea, desempeña el crecimiento vegetal, forma parte central de la clorofila y activa numerosas enzimas metabólicas (Ferreira et al., 2023).

2.8.3 Azufre (S)

El azufre es un nutriente esencial presente en el suelo como SO_4^{2-} en forma disponible para las plantas, Una vez absorbido por las raíces se moviliza en tejidos jóvenes donde participa en procesos metabólicos. Es esencial para la síntesis de aminoácidos azufrados y proteínas, además contribuye al crecimiento vegetal y la eficacia fotosintética sin embargo su deficiencia reduce la calidad del cultivo y limita el rendimiento (Sadzawka, 2014)

2.9 Micronutrientes

2.9.1 Hierro (Fe)

El Hierro es un elemento esencial para la formación de clorofila, pero difícil de absorber porque en condiciones normales de pH no es asimilable ni disponible para la planta por eso suele encontrarse formando quelatos los cuales facilitan su transporte y participación en procesos redox (Juárez et al., 2007).

2.9.2 Manganeso (Mn)

El manganeso es un micronutriente clave, influye en la fotosíntesis II donde permite la fotólisis del agua, además actúa en la glucosilación y la neutralización de especies reactivas de oxígeno, funciones que dependen de su correcta distribución celular, sin embargo, su uso inadecuado provoca deficiencias y toxicidad. (Alejandro et al., 2020).

2.9.3 Zinc (Zn)

El zinc es un micronutriente esencial cuya baja disponibilidad en el suelo limita el crecimiento vegetal pues actúa en la síntesis de clorofila, proteínas y carbohidratos y participa en la formación de fitohormonas. Sus deficiencias provocan clorosis, reducción en el área foliar y bajo rendimiento, pero, su adecuada disponibilidad es esencial para la productividad (Dubey et al., 2024).

2.9.4 Cobre (Cu)

El cobre es un micronutriente esencial que cumple la función como cofactor enzimático en procesos como la respiración, y sistemas antioxidantes. Su disponibilidad puede disminuir en suelos alcalinos o ricos en MO generando deficiencias y puede causar estrés oxidativo y reducir productividad por ello es importante regular su absorción y transporte (Xu et al., 2024).

2.9.5 Boro (B)

El boro es un micronutriente esencial que forma parte de la formación de paredes celulares de las plantas, crecimiento radicular, desarrollo foliar y fertilidad de las plantas. Su deficiencia es de las más comunes en la agricultura y provoca deformaciones reduciendo el crecimiento y baja productividad pero su función fisiológica es indispensable para entender mejor su resiliencia en cultivos (Aftab et al., 2022).

2.9.6 Molibdeno (Mo)

El molibdeno es el micronutriente esencial menos abundante en las plantas, sin embargo, participa en enzimas que regulan la reducción de nitratos y otras actividades metabólicas, su disponibilidad varía según el pH del suelo ya que aumenta en condiciones alcalinas. La deficiencia y exceso afecta su crecimiento y productividad de las plantas por eso es importante mantener rangos óptimos y equilibrados. (Rana et al., 2025).

2.9.7 Cloro (Cl)

El cloro como micronutriente participa en la turgencia celular, osmorregulación y el equilibrio iónico de las plantas además de influenciar la fotosíntesis, la eficiencia del uso del agua y del nitrógeno y resistencia de ciertos patógenos. En su defecto, la deficiencia provoca marchitamiento, manchas foliares y clorosis (Schwarta et al., 2024).

2.9.8 Níquel (Ni)

El níquel es un micronutriente esencial para las plantas componente de la ureasa e indispensable para su crecimiento, pero en exceso resulta ser tóxico, afecta la fotosíntesis, altera la acumulación de micronutrientes y fitohormonas e induce estrés oxidativo, pero comprender sus mecanismos permite mejorar la regulación de Ni en cultivos y asegurar seguridad alimentaria (Yu et al., 2024).

2.10 Elementos benéficos

Los elementos benéficos estimulan el crecimiento y el desarrollo de las plantas sin embargo no son considerados esenciales porque no cumplen con los criterios de esencialidad. Se ha demostrado que ciertos minerales son esenciales para distintas especies de plantas, pero bajo condiciones específicas. Esta razón se emplea regularmente al Sodio, silicio y cobalto, que aunque el selenio y el Aluminio podrían ser beneficiosos para algunas plantas aún no se ha demostrado (Rodríguez & Flores 2004).

Un nutriente es clasificado como esencial cuando la planta no puede terminar su ciclo sin la presencia de este, mientras tanto se considera benéfico cuando cumple criterios que contribuye al crecimiento y desarrollo de la planta. Además, los elementos esenciales son aquellos que cumple con funciones metabólicas específicas tienen efectos comprobados sobre la productividad y la calidad de un cultivo, y eficiencia con la que da respuesta y la resistencia a ciertas enfermedades y factores de estrés (Brown et al., 2022).

La relevancia en el estudio de los elementos benéficos para las plantas, aunque no sean esenciales para todas las especies, pero pueden promover su crecimiento y ser esenciales para ciertas especies. Se ha informado que estos elementos beneficiosos como el aluminio (Al), cobalto (Co), sodio (Na), selenio (Se) y silicio (Si) mejoran el crecimiento vegetal la resistencia a estrés biótico, como los patógenos, y a estrese abiótico, como la sequía, la salinidad y la toxicidad o deficiencia de nutrientes, particularmente en condiciones de estrés. No obstante los efectos beneficiosos de dosis bajas de Al, Co, Na se han dejado explorados sus beneficios en comparación con los efectos tóxicos que suelen presentarse en concentraciones más altas. Una mejor comprensión de los efectos de los elementos beneficiosos es indispensable para mejorar la producción y productividad de los cultivos para la población mundial actual en crecimiento.(Pilon–Smits et al., 2009).

2.11 Elementos benéficos emergentes y su impacto en cultivos agrícolas

Las plantas se ven afectadas por diversos tipos de estrés principalmente abióticos como lo son temperaturas altas, sequias, salinidad presencia de metales pesados, que altera el crecimiento y desarrollo de las plantas. Algunos elementos como el cobalto, sodio, selenio y silicio han demostrado que son beneficiosos en la tolerancia al estrés vegetal, estos elementos participan mejorando la absorción de nutrientes, controlando la producción de especies reactivas de oxígeno además de promover la acumulación de compuestos que contienen Azufre. También regulan la producción de fitohormonas claves y fortalecen los mecanismos antioxidantes que son esenciales en la respuesta al estrés. Por otro lado, favorecen la interacción de las

plantas con microorganismos benéficos del suelo lo que potencia su resiliencia (Sarrat et al., 2023).

2.11.1 Selenio (Se)

El selenio (Se) es un micronutriente de escasa disponibilidad en la corteza terrestre, sin embargo, se recicla con facilidad dentro de la atmosfera y se encuentra distribuido en diversas partes de la tierra. Además, su disponibilidad concentración en el suelo depende en absoluto del pH, las condiciones de óxido-reducción, solubilidad de sales, interacciones biológicas y los procesos cinéticos (Trejo-Téllez et al., 2012).

La biofortificación con selenio busca mejorar el valor nutricional de diversos cultivos y con ello fortalecer el metabolismo antioxidante vegetal. En un experimento con híbrido toco la aplicación de selenito de sodio este aumento la concentración de Se en frutos y elevo los niveles de ácido ascórbico y licopeno además de aumentar enzimas antioxidantes como: catalasa, superóxido dismutasa y glutatión peroxidasa (Castillo & Godina 2015). La aplicación de selenio en distintos cultivos hortícolas como tomate y pimiento, mejora las características reproductivas de la planta, aumenta el rendimiento del cultivo y la calidad nutricional de los frutos. (Ramos et al., 2025). También se ha reportado que en gramíneas como el maíz (*Zea mays*) con bajas concentraciones de selenio favorecen el crecimiento mientras que altas concentraciones reducen biomasa y modifican el equilibrio de nutrientes (Hawrylk & Nokak, 2008). Además, en dosis bajas el selenio protege de estrés abiótico mientras que en exceso puede causas estrés oxidativo y toxicidad a las plantas (Gupta & Gupta 2017). En condiciones de estrés salino el selenio exógeno en plántulas de melón (*Cucumis melo*) mejoran el crecimiento y la actividad antioxidante (KeLing et al., 2013). El selenio si puede desempeñar un papel importante en los cultivos, aunque no se tenga literatura del rol de este elemento en ornamentales podría ser beneficiosa para ciertas especies.

2.11.2 Cobalto (Co)

La cantidad de Cobalto regularmente fluctúa entre 0.1 y 10 ppm de peso en peso seco, sin embargo, las plantas hiperacumuladoras de las familias *Lamiaceae*, *Scrophulariaceae*, *Asteraceae* y *Fabaceae* llegan a almacenar hasta 1000 ppm de Co. En plantas superiores, el Co se fija en raíces y es absorbido del suelo por medio del transporte pasivo. Dado que el Co es similar químicamente con el níquel (Ni), es posible que ambos elementos se incorporen a la célula a través de los mismos tipos de transportadores de membrana (Chen et al., 2009).

Un estudio demostró que el cloruro de cobalto puede retrasar la senescencia de tallos de *Lilium* híbrido oriental Star Gazer además de prolongar una vida poscosecha. Se evaluaron concentraciones cobalto a 0.8 mM sobre peso, consumo de solución, unidades SPAD, y contenido de nutrientes en hojas y flores y las concentraciones de 0.1 y 0.2 mM dieron mejores resultados, esto indica que el cobalto es efectivo para mantener preservar tallos florales (Mandujano-Piña et al., 2012). En plantas de Fresa la aspersion foliar de cobalto modifico el crecimiento de la planta reduciendo número de flores y peso de raíz sin embargo no afecto altura ni parte aérea de la planta esto bajo condiciones de estrés por sequía (Ortiz et al., 2022). También en tubérculos de papa criolla *Solanum phureja* la irradiación prolonga dormancia, germinación, resistencia a diferentes enfermedades incluso la productividad respecto a cambios moleculares en el gen EIN2 asociados con la ruta de etileno (Guzmán,2016). Un estudio evaluó el efecto de los rayos gamma de fuente Co60 en caracteres agronómicos y reproductivos para obtener posibles mutantes de papa (*Solanum tuberosum* L.) con cinco dosis de irradiación 10, 20, 30, 40, 50 Gy y un control sin irradiar (0 Gy) y se mostraron reducción de la emergencia de las plantas, a medida que se incrementó la dosis recomendándose no aplicar dosis superiores a 50 Gy, debido al efecto negativo, no obstante dosis aplicadas de 20Gy y 40Gy podrían inducir mutaciones, mientras que a 10Gy se observó una estimulación de la floración en el cultivo (Salomón et al., 2018).

2.11.3 Yodo (I)

El yodo es un elemento no esencial para las plantas, pero induce respuestas positivas en el crecimiento y metabolismo (Cortés-Flores et al., 2016). Además, se ha observado que el yodo funciona como antioxidante inorgánico beneficiando a las plantas a afrontar el estrés oxidativo (Zhang et al., 2023).

La aplicación de los complejos de nanoquitosan yodo (NPsCs-I) en un estudio tuvo un incremento en rendimiento y contenido de yodo en las plantas de lechuga, a una dosis 5 mg L^{-1} de KIO_3 , aumentando un 30.8% en comparación con un testigo, esto logra emplearse como una alternativa de biofortificación y de bioestimulación de plantas de lechuga (Treviño-Ruiz et al., 2024). Estudios han señalado que la aplicación de yodo en tomate (*Solanum lycopersicum*) como yoduro I^- o yodato IO_3^- , pueden optimar el crecimiento, biomasa, rendimiento del fruto y antioxidantes además de minerales esenciales y de esta manera contribuir a una biofortificación y mejora en el metabolismo del tomate (Medrado et al., 2017). Por otro lado, la aplicación de yodo en plántulas de tomate de árbol beneficia en la germinación de las plántulas y el desarrollo inicial, favoreciendo más en concentraciones medias y tiempos de inmersión en la solución, en cambio en concentraciones altas o muy bajas tienen menor crecimiento y clorofila (Torres-Guato et al., 2022). También en plántulas de pimiento morrón (*Capsicum annuum*) la aplicación vía foliar de yodo aumenta la altura, diámetro del tallo el peso seco, así como la actividad antioxidante siendo las dosis de yodo de 10 a $15 \mu\text{M}$ las más efectivas (Cortés-Flores et al., 2016). En especies de Higuera (*Ficus Carica*) la aplicación de yodo bajo estrés salino incremento el contenido de clorofila, capacidad antioxidante y compuestos fenólicos exponiendo el potencial para mitigar los efectos negativos que tiene el NaCl para su crecimiento y metabolismo (Rodríguez-Salinas et al., 2022).

2.11.4 Silicio (Si)

El silicio puede neutralizar los efectos tóxicos de ciertos elementos como Al y Mn, y proporcionar resistencia contra plagas y enfermedades, además de admitir la formación de nanoestructuras utilizando como catalizadores moléculas orgánicas, proteínas enzimáticas u organismos (Raya & Aguirre, 2009). La aplicación de silicio en plantas forrajeras de *Urochloa brizantha* y *Megathyrsus maximum* favorecen la disminución de los efectos negativos provocados por deficiencias de N, P, Ca al incrementar producción de materia seca, compuestos fenólicos además de eficiencia fotosintética, mejorando así el crecimiento bajo condiciones de estrés nutricional (Araujo et al., 2022). También por medio de fertilización foliar y edáfica la aplicación de silicio rosa (Rosa var. Brighton) contribuye a minimizar la pérdida de etileno, masa y severidad de botrytis, además de incrementar concentración de Mn y Zn en los tallos frescos y alargar vida poscosecha. (Machado-López, 2024). El silicio ha demostrado ser beneficioso en diversas especies vegetales. Bravo Sellan (2024) demostró que en arroz (*Oryza sativa L.*) aumenta la resistencia de las plantas frente a problemas fitosanitarios y forma barreras físicas en las células epidérmicas en las hojas de las plantas lo que da como resultado acumulación de compuestos fenólicos, lignina y fitoalexinas. De igual manera Villalón-Mendoza (2018) menciona que el dióxido de silicio ha ganado importancia actualmente por el impacto beneficioso en el arroz *Oryza sativa L.* y fresa *Fragaria L* en un estudio en el cual se evaluó el impacto como fertilizante en la calidad de plantas de chile piquín *Capsicum annum L. var glabriusculum* e indicaron que la aplicación de dióxido de silicio aumento el índice de calidad Dickson y la altura promedio de las plantas junto con la lombricomposta, sin embargo, el testigo y la mezcla de ambos no dieron los mismos resultados.

2.11.5 Extractos de levadura en la agricultura

Saccharomyces cerevisiae es una levadura la cual es una célula eucariota unicelular que se ha utilizado por miles de años en panadería, elaboración de cerveza y vinificación. Es producida por germinación sexual y reproducción asexual, esta

levadura es de origen natural no patógena, es de rápido crecimiento y tiene la capacidad de ser investigada para diversos procesos celulares fundamentales como; división celular, expresión génica e interacciones proteicas (Geiser & Carrico, 2025).

Las levaduras interactúan en el suelo y las raíces de las plantas pudiendo regular el desarrollo vegetal de las plantas en cuanto su germinación y floración, además de ser capaces de solubilizar el fosforo y hierro haciéndolos disponibles para las plantas. Por otro lado juegan un papel importante en la defensa de patógenos produciendo antimicrobianos que evita la entrada o crecimiento de patógenos en la planta (Reyes et al, 2024).

En 2023, el Centro Experimental Canaán, Cartagena Gamboa, (2025) evaluó el efecto de la aplicación foliar *Saccharomyces cerevisiae* a una concentración de 0 y 1% p/v y de un biosilice al 0,0.5 y 1% p/v en cebolla roja arequipeña. La combinación de 1% de biosilice y 1% de levadura incrementó el peso del bulbo y rendimiento total, en cambio la dosis de 1% biosilice benefició altura, hojas, diámetro y peso seco de los bulbos. Además *S. cerevisiae* ha demostrado que en tomate favorece el aumento del diámetro del tallo mejora la relación fruto/flor, además de mejorar la resistencia a condiciones de sequía por estrés hídrico, de forma similar en acelga *Beta vulgaris L.* aporta calidad fisiológica de las hojas aumentando el peso fresco de la planta al final del ciclo (Reyes et al., 2024).

III.MATERIALES Y METODOS

3.1.1 Ubicación del experimento

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones del departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Saltillo Coahuila México. El experimento se desarrolló bajo condiciones controladas de invernadero tipo túnel de tecnología media cubierto con polietileno durante el periodo comprendido entre Julio-diciembre de 2024 El sitio experimental se localiza en las coordenadas geográficas 25°21'20" latitud norte y 101°02'11" latitud Oeste con una altitud de 1758.5 metros sobre el nivel del mar (msnm) (Figura 1).



Figura. 1 Ubicación del ensayo dentro de las instalaciones de la universidad

3.1.2 Establecimiento del experimento

Se utilizaron plántulas de lisianthus de la variedad Advantaje 3 Pink (Ball Akiko®) las plántulas se establecieron en macetas con capacidad de 4 litros, utilizando como sustrato una mezcla compuesta por turba-perlita (1:1) con 25% de porosidad de

aire, 60% de capacidad de retención de agua y 85% de porosidad total. En cada maceta se colocaron dos plantas, buscando favorecer el crecimiento uniforme y facilitar las labores del manejo dentro del invernadero.

El experimento se organizó bajo un diseño experimental de bloques completos al azar lo cual constó de 21 tratamientos con cuatro repeticiones dando un total de 84 unidades experimentales. La distancia entre plantas fue de 20 cm entre planta y planta, mientras que la separación entre hileras fue de 50 cm, con el propósito de asegurar una buena ventilación y permitir el acceso a labores de mantenimiento, evaluación y toma de datos.

El trasplante de las plántulas al sustrato definitivo se realizó el día 2 de julio del 2024 procurando que las plantas tuvieran un tamaño y vigor similares para garantizar uniformidad en el desarrollo inicial. Previo al trasplante se realizó una aplicación preventiva de un bioestimulante orgánico-mineral de la marca *Landgrass Growth* (IntraKam, México). Este tratamiento se aplicó por inmersión de charolas con una dosificación de 2 ml por litro de agua.

3.1.3 Manejo agronómico del cultivo

Durante las primeras semanas después del establecimiento, se monitorearon las condiciones de luz, humedad, temperatura dentro del Invernadero con la finalidad de asegurar un ambiente favorable. Asimismo, se llevaron a cabo riegos, se aplicó la solución nutritiva según Steiner (1961) en cada riego, garantizando un drenaje del 30%.

Durante la fase de crecimiento y desarrollo se utilizó el 80 % de la concentración, aumentando al 100 % en el período de formación de botones y floración.

La conductividad eléctrica(CE) se mantuvo entre 1.6 y 2.0 mS cm⁻¹ y el pH se mantuvo entre 5.8 y 6.0.

La temperatura dentro del invernadero registró un máximo de 32 °C, un mínimo de 12 °C y un promedio de 22 °C.

3.1.4 Tratamientos

Cada tratamiento se aplicó mediante drench y se formuló con los siguientes compuestos: Na_2SeO_3 como fuente de selenio (reactivos GOLDEN BELL), CoSO_4 como fuente de cobalto (Jalmek), KIO_3 como fuente de yodo (Jalmek), dióxido de silicio al 92% (Diatomix®) y extracto de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) (Nevada®) (Tabla 3).

Tabla 3. Tratamientos evaluados en diferentes concentraciones en lisianthus.

Descripción	Tratamiento	Dosis
Testigo	T0	Sin aplicar
selenio	T1	1 ppm
selenio	T2	2 ppm
selenio	T3	4 ppm
selenio	T4	8 ppm
cobalto	T5	3 ppm
cobalto	T6	6 ppm
cobalto	T7	12 ppm
cobalto	T8	24 ppm
yodo	T9	5 ppm
yodo	T10	10 ppm
yodo	T11	20 ppm
yodo	T12	40 ppm
silicio	T13	0.5 g ⁻¹
silicio	T14	1 g L ⁻¹
silicio	T15	2 g/L ⁻¹
Silicio	T16	4 g/L ⁻¹
Levadura	T17	3 g/L ⁻¹
Levadura	T18	6 g/L ⁻¹
Levadura	T19	12 g/L ⁻¹
Levadura	T20	24 g/L ⁻¹

3.1.5 Frecuencia de aplicación

Se realizó con frecuencia semanal durante un periodo aproximado de doce semanas, este proceso inicio a partir del 6 de septiembre del 2024 fecha en que las plantas comenzaron a rebrotar tras la poda realizada y esta concluyo el 27 de

noviembre del mismo año momento en que la mayoría de los botones florales comenzaron a abrir

3.2. Variables evaluadas

3.2.1 Altura

En esta variable se determinó mediante la medición directa utilizando un flexómetro de precisión con una capacidad de 5 metros. Una vez que se dejaron de suministrar los tratamientos se seleccionaron los tallos florales más desarrollados conforme abriera el primer botón floral para proceder a su medición y se tomó como base partiendo desde el punto de inserción del tallo principal con el sustrato hasta el brote floral más largo considerando siempre la posición vertical natural de la planta (Figura 2). Esta variable se registró en unidades centímetros (cm) el largo anotando cada uno de los datos en la bitácora.



Figura 2. Registro de la medición de altura de tallos de lisianthus utilizando un flexómetro de precisión.

3.2.2 Diámetro del tallo

Se midió el diámetro del tallo mediante mediciones directas realizadas con un vernier digital de precisión marca asegurando la exactitud y repetitividad de los valores obtenidos La medición se efectuó como referencia la parte media de cada uno de los tallos evitando zonas próximas a los nudos o a la base de inserción con

el propósito de obtener una lectura representativa (Figura 3). Las mediciones se realizaron tallo por tallo en cada una de las unidades experimentales y los valores obtenidos se registraron en milímetros(mm) en la bitácora con la finalidad de llevar un control.



Figura 3. Registro de la medición de diámetro de tallos de lisianthus utilizando un vernier digital.

3.2.3 Numero de hojas

Al ser una variable cuantitativa se determinó mediante el conteo manual de todas las hojas presentes en cada planta, considerando únicamente aquellas que mostraban un tamaño promedio y desarrollo completo (Figura 4). Durante el conteo se excluyeron las hojas primarias o basales que sobresalían y representaban el crecimiento activo de la planta. El conteo se realizó de forma individual al ser cortado cada uno de los tallos de cada unidad experimental. Los valores obtenidos se registraron en unidades en la bitácora para llevar un control.



Figura 4. Registro del conteo manual de hojas de lisianthus

3.2.4 Numero de botones florales

Se determinó a través del conteo del total de los botones florales presentes en cada planta, el conteo individual se consideraron únicamente aquellos botones que presentaban un tamaño promedio uniforme y que se encontraban en condiciones óptimas para la cosecha, es decir con la corola formada y visibles signos de apertura (Figura 5). El conteo se llevó a cabo en cada tallo floral de cada unidad experimental registrado la cantidad observada de botones y anotado en unidades en la bitácora diaria.



Figura 5. Registro del conteo manual de brotes florales de lisianthus

3.2.5 Peso fresco

El peso fresco se determinó retirando cuidadosamente la flor abierta de cada tallo y manteniendo el resto del tallo, hojas y botones florales sin abrir con el fin de obtener

una estimación representativa de la biomasa aérea total posteriormente, el material vegetal fue pesado inmediatamente para evitar la pérdida de humedad durante el manejo. Las mediciones se realizaron utilizando una báscula gramera digital marca (Steren) y se registraron los datos en gramos(g) para cada tallo de cada unidad experimental (Figura 6).



Figura 6. Registro de la medición de peso fresco de tallos de lisianthus utilizando una báscula digital.

3.2.6 Peso de la flor

Esta variable se determinó cortando la flor desde la base del pedúnculo separándola del tallo principal con el propósito de obtener su peso individual una vez retirada la flor fue pesada de manera inmediata. Esta se pesó en una báscula digital gramera marca (Steren) la cual fue calibrada previamente antes de utilizarla (Figura 7). Los valores obtenidos en gramos(g) y correspondieron al peso fresco de cada flor evaluada y se registraron en la bitácora.



Figura 7. Registro de la medición de peso de la flor lisianthus utilizando una báscula digital.

3.2.7 Diámetro ecuatorial

Esta variable se determinó midiendo el diámetro ecuatorial de la flor abierta completamente con el propósito de evaluar el desarrollo y la uniformidad del tamaño floral. La medición consistió en registrar la distancia máxima perpendicular del eje floral es decir el punto más ancho de la corola cuando se encontraba en plena abertura. La medición se realizó, utilizando un vernier digital marca (PA66) previamente calibrado para garantizar la precisión de las lecturas. midiendo la distancia máxima perpendicular al eje floral (Figura 8). Los datos se registraron en milímetros(mm), considerando una lectura individual para cada flor de cada tallo en cada una de las unidades experimentales.



Figura 8. Registro de la medición de diámetro ecuatorial de lisianthus

3.2.8 Diámetro polar

Esta variable se determinó midiendo la distancia comprendida desde la base del cáliz hasta el ápice de cada flor valor correspondiente al diámetro polar o la longitud vertical del órgano floral. Durante el proceso, se cuidó que cada una de las flores abiertas se mantuviera en posición vertical y evitando la presión o deformación de los pétalos que pudieran alterar la lectura. La medición se realizó, utilizando un vernier digital marca (PA66) previamente calibrado para garantizar la precisión de las lecturas (Figura 9). Los resultados se registraron en milímetros (mm) y se anotaron en la bitácora correspondiente.



Figura 9. Registro de la medición de diámetro polar de lisianthus (utilizando un vernier digital).

3.2.9 Numero de pétalos por flor

Al ser una variable destructiva, el conteo se realizó posterior a la medición de todas las variables morfológicas anteriores, una vez que las flores fueron separadas cuidadosamente para evitar daños en la estructura de los pétalos.

Cada flor se le contó el número de pétalos individualmente con el fin de obtener el número de unidades por flor, en cada uno de los tallos de la unidad experimental (Figura 10). Los datos se registraron en unidades (u) y de esta manera permitiendo analizar el número de pétalos para posteriormente ser anotados manualmente en la bitácora.



Figura 10. Registro del conteo manual de los pétalos de lisianthus.

3.3 El análisis estadístico de los datos

El análisis estadístico incluyó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, ANOVA de una vía y cuando correspondió pruebas no paramétricas. La comparación de medias se efectuó mediante Duncan ($p < 0.05$), utilizando el software InfoStat (versión 2020).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de bioestimulantes generó respuestas diferenciales en el crecimiento vegetativo y el desarrollo floral del cultivo, evidenciando una alta sensibilidad del sistema a las dosis aplicadas.

4.1 Altura de planta

La aplicación de yodo a 20 ppm presentó la mayor altura de planta, no obstante, este tratamiento no mostró diferencias estadísticas con respecto al control. Es importante señalar que algunos tratamientos, como selenio a 8 ppm, cobalto a 3 ppm, silicio a 0.5 y 1 g L⁻¹, así como las levaduras (con excepción de 3 g L⁻¹), registraron alturas entre un 5 % y un 20 % inferiores al testigo. Entre ellos, la aplicación de selenio a 8 ppm fue la que evidenció el mayor impacto negativo en la altura de planta (Figura 11).

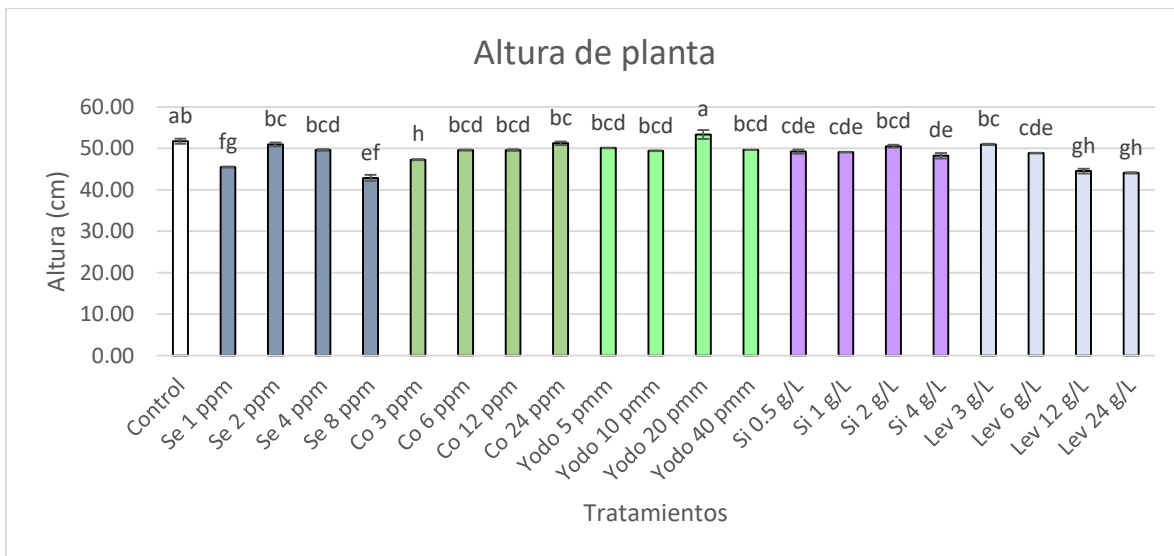


Figura 11. Efecto de los elementos benéficos y levadura como bioestimulantes en la altura de planta de lisianthus.

Aunque el tratamiento con yodo no promovió la altura de planta (Figura 11), investigadores han reportado que la aplicación foliar de yoduro de potasio (KI) en plántulas de pimienta morrón (*Capsicum annum*) incrementó la altura, así como la actividad antioxidante y concentración de yodo de manera proporcional a la dosis

aplicada de 10 y 15 μM (Cortés-Flores et al., 2016). El efecto se le podría atribuir que las aplicaciones de KI ayudaron a mitigar el estrés ambiental lo que permitió un mejor crecimiento de las plantas en comparación con el control.

Por otra parte el cobalto en pequeñas cantidades en trigo *Triticum aestivum* L. es beneficioso participando en diversos procesos metabólicos, promoviendo principalmente la asimilación de N, pero en exceso se vuelve tóxico reduciendo crecimiento y biomasa (Rabab et al., 2025).

En este experimento (Figura 11) se corroboró que dosis altas de selenio pueden afectar el crecimiento y desarrollo de las plantas. Estos resultados son parecidos a los encontrados en Batata *Discorea esculenta* donde concentraciones bajas (1-3 mg L^{-1}) de selenio pueden aumentar clorofila y ciertos procesos fisiológicos sin embargo a concentraciones más altas (3 mg L^{-1}) afecta negativamente el crecimiento, reduciendo altura número de hojas y entrenudos inhibiendo fotosíntesis (Chen et al., 2022). El desarrollo de la planta se ve perjudicado cuando el selenio sustituye al azufre en los aminoácidos cisteína y metionina, lo que provoca cambios en los enlaces disulfuro de las proteínas. Esta modificación altera su estructura y función, afectando de manera significativa el crecimiento vegetal (Bano et al., 2021).

4.2 Diámetro de tallo

El mayor diámetro de tallo se obtuvo con la aplicación de silicio a 1 g L^{-1} , alcanzando 6.12 mm, seguido de la levadura a 12 g L^{-1} con 6.01 mm. No obstante, estos y los demás tratamientos no fueron estadísticamente diferentes del control. Es importante señalar que las dosis altas de silicio mostraron un impacto desfavorable en esta variable, ya que dentro del experimento se observó que la dosis alta fue hasta 21.18 % inferior en comparación con la dosis media de este tratamiento (Figura 12).

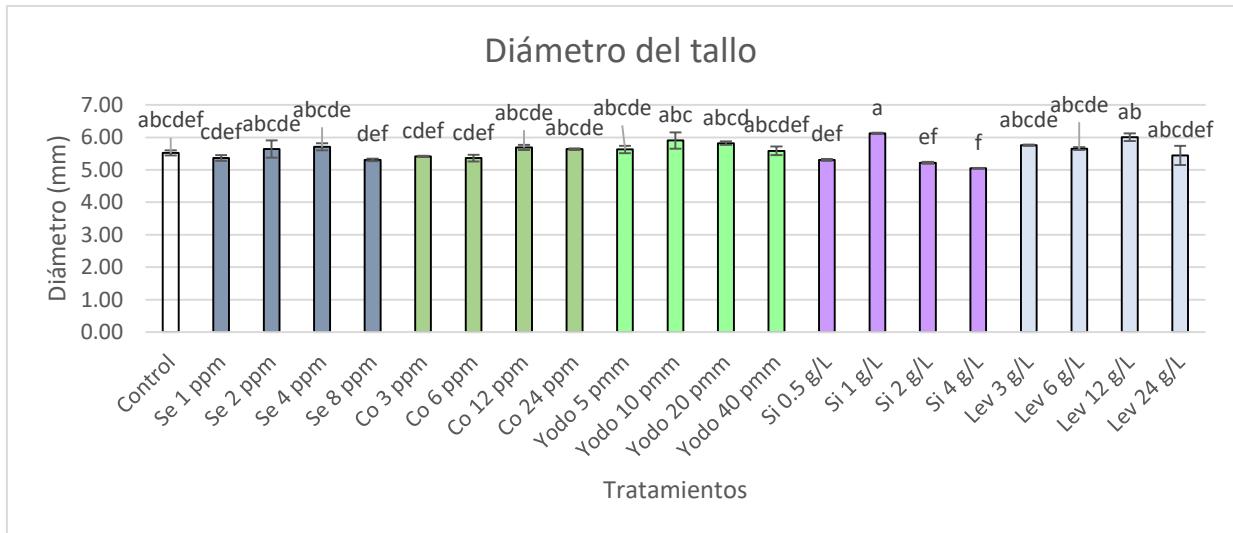


Figura 12. Efecto de los elementos benéficos y levadura como bioestimulantes en el diámetro del tallo de lisianthus.

Estos resultados son similares (Figura 12) a lo reportado por Kamenidou et al. (2008) donde mencionan que el silicio mejora el crecimiento de girasol *Helianthus annuus* a bajas concentraciones aumentando altura, grosor de tallos y el diámetro de flores sin embargo en dosis superiores a 100 mg L^{-1} pueden retrasar el crecimiento y causar flores deformadas. Esto podría deberse a que la aplicación de silicio en dosis elevadas puede provocar interacciones competitivas en la rizosfera que reducen la disponibilidad y la absorción de nutrientes esenciales como P, Fe, Mn, Mg y Zn, lo cual puede traducirse en limitaciones en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Greger et al., 2018).

Por otra Ibrahim & Tawfik (2021) mencionan que en gladiola (*Gladiolus grandiflorus*) demostró que la levadura seca vía foliar aumento la longitud de los tallos florales y producción de cormos con buen peso y diámetro del cormo, lo que sugiere que la levadura sirve como un estímulo vegetal para la estructura de las plantas .

4.3 Numero de hojas

La aplicación de levadura a 12 g L⁻¹ generó el mayor efecto sobre el número de hojas, con un incremento del 29.83%, lo que indica una alta capacidad bioestimulante a esta concentración. Le siguieron en importancia otros tratamientos incluyendo dosis adicionales de levadura, silicio a 1 y 4 g L⁻¹, cobalto a 6 y 12 ppm, yodo a 10, 20 y 40 ppm, y selenio a 4 ppm los cuales también promovieron esta variable, con incrementos de 4.82 % a 16.68 %. En contraste, selenio a 2 ppm y cobalto a 3 y 24 ppm ocasionaron reducciones significativas en el número de hojas, evidenciando un posible efecto fitotóxico o una respuesta inhibitoria asociada a dichas concentraciones (Figura 13).

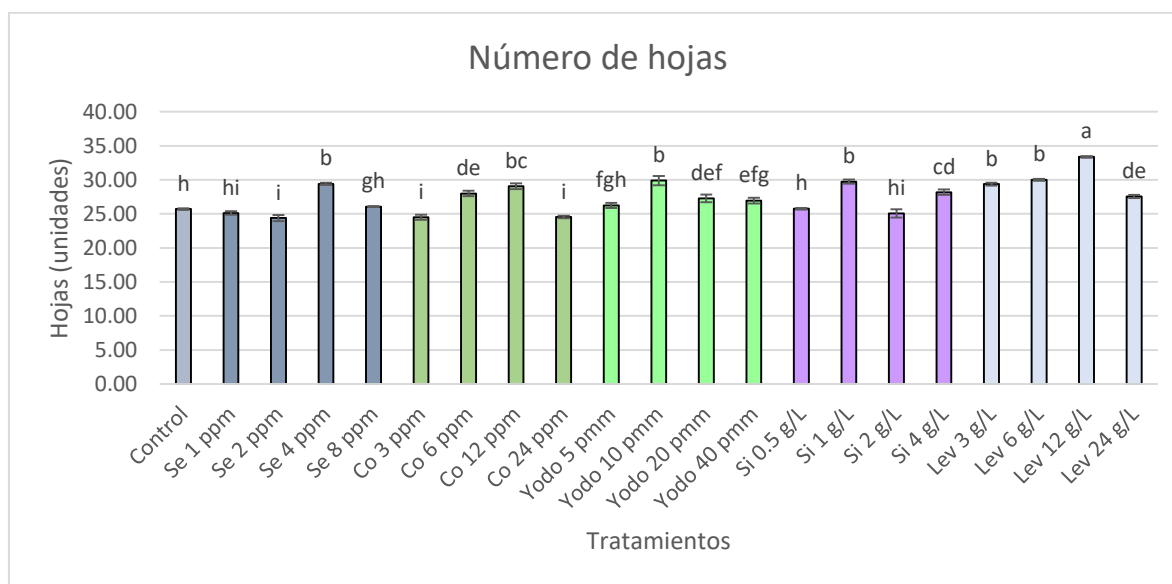


Figura 13. Efecto de los elementos benéficos y levadura como bioestimulantes en el número de hojas del lisianthus.

Estos resultados (Figura 13) coinciden con otro estudio en donde la aplicación foliar de levadura seca 4 g L⁻¹ estimulo el crecimiento en lechuga aumentando número de hojas y peso de la cabeza además de aumentar la longitud de raíz (Abd El Galil et al., 2021).

Los beneficios del yodo presentado en este estudio (Figura 13) son parecidos a otro experimento donde dosis moderadas de yodo aumentaron área foliar y crecimientos

de raíces mientras que Selenio y Cerio mejoraron peso seco de hojas, contribuyendo al desarrollo general de plántulas de *Calendula officinalis* L. (Hernández-Díaz et al., 2021). Estudios indican que el yodo influye en la regulación de genes asociados a mecanismos defensivos, lo que indica que su presencia podría fortalecer la capacidad de la planta para enfrentar distintos tipos de estrés, tanto biótico como abiótico, lo cual promueve el crecimiento y desarrollo de las plantas (Kiferle, 2021).

Se puede observar que las dosis aplicadas de selenio (Figura 13) influyen de manera relevante en *Lisianthus* dado que a dosis intermedia hubo una mejora en el número de hojas, sin embargo, el efecto es negativo a dosis altas. Esto coincide con lo reportado por Lara et al. (2025) los cuales aplicaron selenio en berenjena (*Solanum melongena* L.) y encontraron que en dosis bajas de 0.79 ppm mejora calidad nutracéutica sin embargo en dosis altas de 2,4 y 7 ppm redujeron área foliar, rendimiento y peso fresco afectando negativamente el crecimiento de la planta. Lo cual resalta que este elemento en dosis bajas es beneficioso, pero a concentraciones altas este suele ser tóxico dado que provoca alteraciones metabólicas y estrés oxidativo.

El cobalto a dosis intermedias tuvo efectos benéficos (Figura 13). El cobalto a dosis controladas (bajas o altas) podría generar efectos que abarcan el aumento de la actividad antioxidante, una mejora en la capacidad de las plantas para afrontar diversos estreses abióticos entre ellos la sequía y la salinidad y la inducción de respuestas herméticas, donde niveles bajos del metal funcionan como señales que activan ajustes fisiológicos beneficiosos. Sin embargo, a dosis altas se eleva la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS), lo que deriva en afectaciones celulares y un desequilibrio en el funcionamiento fisiológico de la planta (Hu et al., 2021).

4.4 Numero de botones florales

Los tratamientos mostraron efectos contrastantes sobre el número de botones florales. Los incrementos más notorios se observaron con la levadura a 12, 6 y 3 g L⁻¹ con aumentos significativos de 41.40 %, 29.26 % y 25.64 %, respectivamente, en comparación con el control. El yodo a 5 y 10 ppm también incrementó la floración en 14.42 %, 15.85 %, mientras que el silicio a 1 g L⁻¹ promovió la formación de botones florales en 11.29 %. En contraste el selenio (1, 4 y 8 ppm), el cobalto (12 y 24 ppm), el silicio (2 y 4 g L⁻¹) y la levadura a 24 g L⁻¹ redujeron significativamente el número de botones florales, con disminuciones entre 7.64 % y 39 % con respecto al control (Figura 14).

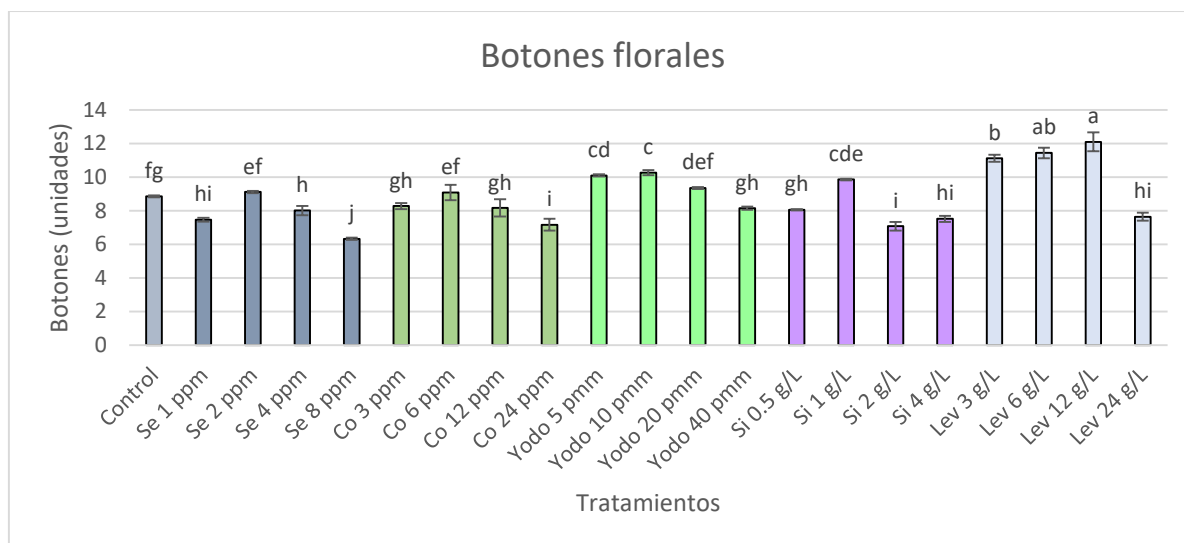


Figura 11. Efecto de los elementos benéficos y levadura como bioestimulantes en el número de botones florales de lisianthus.

Los resultados (Figura 14) evidencian que las respuestas fisiológicas a elementos beneficios y bioestimulantes dependen fuertemente de la dosis, mostrando efectos estimulantes a bajas concentraciones y efectos inhibitorios al exceder el umbral fisiológico de cada compuesto.

El notable incremento en floración promovido por la levadura (3, 6 y 12 g L⁻¹) concuerda con lo reportado por Mostafa & Rida, (2016), quienes observaron un estímulo en el crecimiento y floración de estrella egipcia *Pentas lanceolata* aumentando área foliar, así como el número y peso de las inflorescencias esto

debido al aporte de aminoácidos, vitaminas del complejo B y fitohormonas naturales que estimulan la división celular.

El efecto positivo del silicio en dosis bajas (Figura 14) coincide con el estudio donde las aplicaciones de silicio mejoró significativamente el crecimiento vegetativo y brotes florales de calabaza *Cucurbita pepo* mejorando cuajado y rendimiento de frutos al fortalecer paredes celulares, mejorar la fotosíntesis y modular rutas hormonales (Salim et al., 2021). Este comportamiento fue especialmente evidente a 1 g L^{-1} , mientras que a dosis superiores mostraron un efecto depresivo, probablemente por interferencia en el balance nutrimental o competencia iónica.

La respuesta positiva del yodo (5 y 10 ppm) (Figura 14) es consistente con lo señalado por Kiferle et al. (2021), quienes demostraron que a concentraciones bajas en oreja de ratón. (*Arabidopsis thaliana*) favoreció el crecimiento y la acumulación de biomasa además de adelantar la floración, actuando como micronutriente benéfico.

El selenio promovió efectos negativos en la floración bajo las dosis evaluadas (Figura 14). Aunque el selenio puede estimular el crecimiento a concentraciones traza aplicado como selenato o selenito incrementa peso fresco de brotes al estimular la biomasa y la actividad antioxidante sin afectar la producción de grano en trigo *Triticum aestivum*, dosis superiores pueden inducir estrés oxidativo y disrupciones metabólicas (Hasanuzzaman et al., 2020), lo cual coincide con los resultados obtenidos en este estudio.

En conjunto los resultados evidencian que la levadura ($3 \text{ a } 12 \text{ g L}^{-1}$) yodo (5 a 10 ppm), y silicio (1 g L^{-1}) son alternativas eficaces para promover floración en *lisianthus* bajo aplicación vía drench (Figura 14). La evidencia sugiere que los mecanismos involucrados incluyen aumento en el metabolismo antioxidante, mayor disponibilidad de nutrientes, estimulación de fitohormonas endógenas, y el fortalecimiento de la estructura celular y del aparato fotosintético.

4.5 Peso fresco

Las aplicaciones de levadura a 6 y 12 g L⁻¹ generaron los mayores incrementos en peso fresco, con aumentos de 37.80 % y 57 %, respectivamente. En menor magnitud, también se observaron efectos positivos con selenio a 4 ppm (11.81 %), yodo a 10 y 20 ppm (23.09 % y 12 %), así como silicio a 0.5, 1 y 4 g L⁻¹ (20.49 %, 18.33 % y 12.95 %). Por el contrario, selenio a 1 ppm, cobalto a 24 ppm, yodo a 40 ppm y silicio a 2 g L⁻¹ redujeron el peso fresco en 6.14 %, 17 %, 6.47 % y 4.06 %, respectivamente, en comparación con el control. El resto de los tratamientos no mostró diferencias con respecto al control (Figura 15).

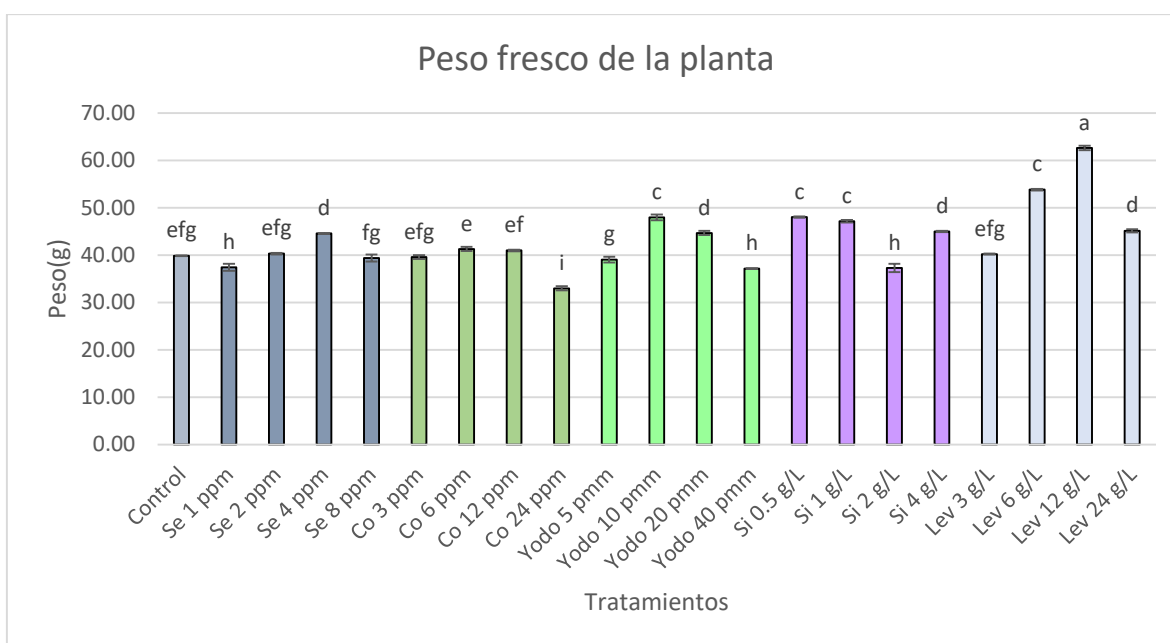


Figura 15. Efecto de los elementos benéficos y levadura como bioestimulantes en el peso fresco de *lisianthus*.

Los beneficios encontrados por la levadura (Figura 15) también se observaron en un estudio donde aplicaron extracto de levadura aplicado de 1 a 5 g L⁻¹ donde se determinó que este actuó como bioestimulante natural en zanahoria *Daucus carota* aumentando significativamente peso fresco y seco de brotes y raíces y las propiedades biológicas del suelo (Nazzal et al., 2025). Esto podría explicarse dado

que algunas especies de levadura fijan nitrógeno, producen sideróforos, benefician en la solubilidad de algunos nutrientes minerales principalmente fósforo y potasio, lo cual hace que la planta sea más eficiente en absorberlos lo cual beneficia en un mayor crecimiento radicular, lo cual indica mejor asimilación de agua y nutrientes, lo que al final se ve reflejado en mayor acumulación de biomasa (Bright et al., 2022).

En cuanto al selenio la biomasa se vio afectada en función a la dosis, concentraciones intermedias (4 ppm) se comportaron de manera beneficiosa (Figura 15). Esto coincide con lo reportado por Boldrin et al. (2016) quienes mencionan que el selenio aplicado en dosis moderadas como selenato o selenito incrementa peso fresco de brotes al estimular la biomasa y la actividad antioxidante sin afectar la producción de grano en trigo.

La respuesta en la acumulación de biomasa también varió con respecto a las dosis de yodo, en este tratamiento la tendencia estadística es más marcada, dado que conforme la dosis se iba aumentando también lo hacía la biomasa, sin embargo, a la máxima concentración la biomasa disminuyó de manera sorprendente (Figura 15). Estos resultados coinciden con lo reportado por Medrano-Macías et al. (2024) donde la aplicación de KIO_3 en bajas concentraciones incrementó la biomasa en plantas de tomate *Solanum lycopersicum* sin modificar el rendimiento del fruto. Este efecto podría atribuirse a que el yodo contribuye a optimizar la nutrición vegetal y a fortalecer los sistemas de defensa antioxidante, favoreciendo así un crecimiento más eficiente sin comprometer la productividad.

Siguiendo con el contexto las aplicaciones de silicio varió en función de la dosis, en la mayor acumulación de biomasa se observó en dosis bajas (Figura 15). En algodón *Gossypium spp* tras la aplicación de silicio aumentó biomasa fibra, semillas y absorción de nutrientes mejorando el crecimiento y rendimiento en concentraciones menores a 0.5 g L^{-1} (Kupdhoni et al., 2025). Esto podría explicarse dado que el silicio mejora la estructura de la pared celular, además de activar respuestas defensivas lo que protege a las plantas frente al estrés biótico y abiótico (Verma et al., 2024).

El tratamiento con cobalto afecto la biomasa. En cambio, en aplicaciones de cobalto en nuez de malabar (*Justicia adhatoda*) de 2.95 ppm aumentó peso fresco de la planta mientras que en concentraciones mayores a 6 ppm lo redujeron significativamente (Radi et al., 2025).

4.6 Peso de la flor

Los tratamientos con yodo a 10 y 20 ppm y cobalto a 3 y 6 ppm favorecieron significativamente el peso fresco de la flor, con incrementos precisos de 14.76%, 7%, 6.58% y 9.64%, respectivamente (Figura 16).

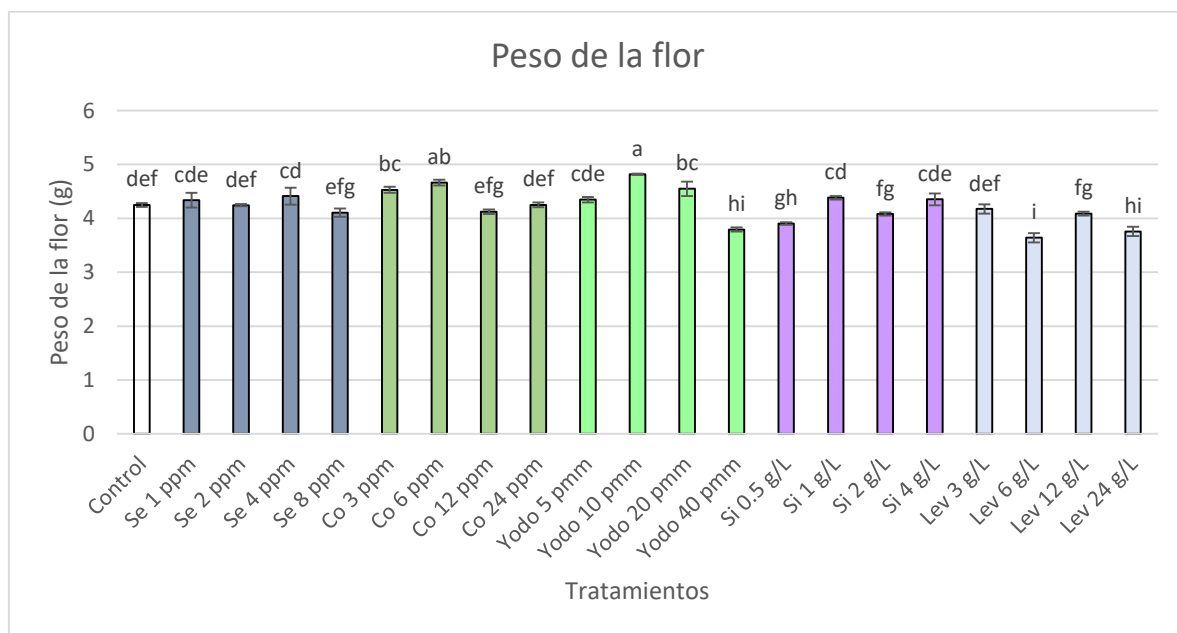


Figura 16. Efecto de los elementos benéficos y levadura como bioestimulantes en el peso de la flor de lisianthus.

Estos resultados sugieren que, en concentraciones moderadas, tanto el yodo pueden estimular procesos fisiológicos asociados a la acumulación de biomasa floral, posiblemente al mejorar la turgencia celular o la eficiencia metabólica (Figura 16). Esto incluiría una mejor absorción de nutrientes, así como el aumento de proteínas totales, carbohidratos, azúcares solubles, compuestos fenólicos, vitaminas y aceites esenciales, lo cual es beneficioso durante el desarrollo de la flor,

como se ha reportado en cultivos como tomate e hinojo dulce (Medrano et al. 2024; Gad et al., 2025).

En cuanto al cobalto significativamente el peso de la flor ((Figura 16). En un estudio similar aplicaron cobaltos en dosis bajas, y se encontró que este tratamiento incremento absorción de agua, favoreció de manera positiva el peso fresco de las varas florales de gladiola *Gladiolus spp* además de aumentar la concentración de clorofilas, peso seco de hojas y tallos (Trejo-Téllez et al., 2014).

En contraste, la aplicación de levadura a 6 y 24 g L⁻¹, yodo a 40 ppm y silicio a 0.5 g L⁻¹ produjo reducciones en el peso fresco del 14.35 %, 11.52 %, 10.82 % y 8 %, respectivamente (Figura 16). Estas disminuciones indican que dosis elevadas o menos adecuadas pueden generar respuestas inhibitorias, ya sea por inducir estrés fisiológico o por alterar el balance entre crecimiento vegetativo y reproductivo.

Estos resultados concuerdan (Figura 16). con lo mencionado por Abou El Ghiti (2020) quien reporta que las dosis altas de levadura superiores a 8 g L⁻¹, en tomate afecto negativamente retardando el crecimiento de las plantas y redujo la calidad de los frutos , mostrando valores inferiores respecto al control. En lechuga en altas concentraciones de yodo afecto de manera negativa el contenido de clorofila, el crecimiento, el número de hojas y la biomasa es adverso (Cerón Viana et al., 2025).

4.7 Diámetro ecuatorial

El cobalto a 3 ppm fue el único tratamiento que incrementó el diámetro ecuatorial de la flor, con un aumento del 7.03 % respecto al testigo, lo que sugiere que a bajas concentraciones este micronutriente puede favorecer la expansión floral (Figura 17).

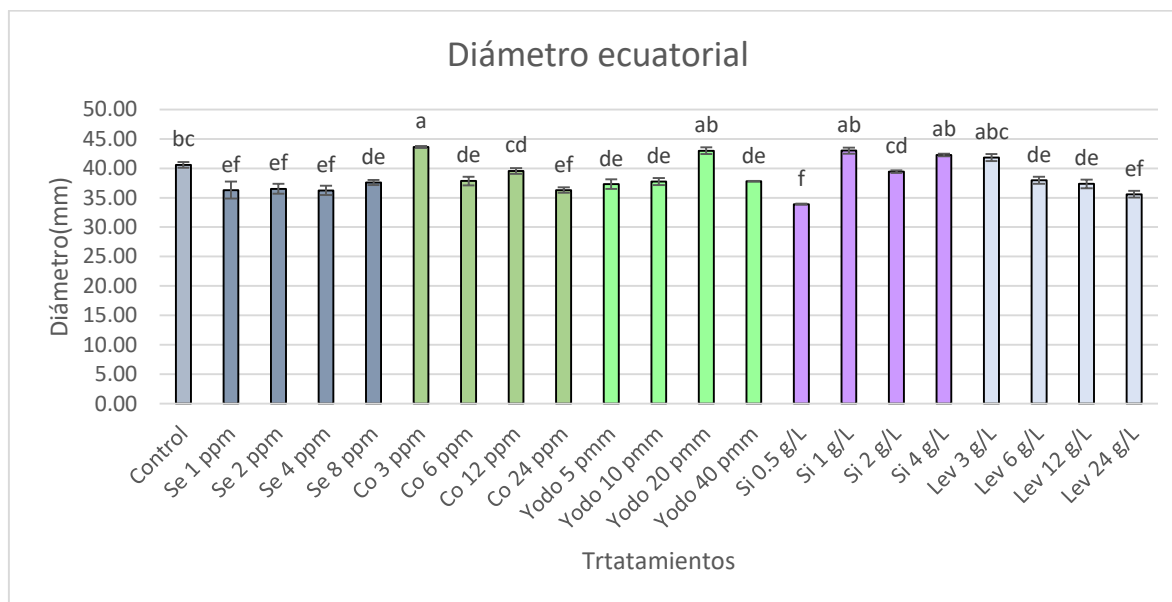


Figura 17. Efecto de los elementos benéficos y levadura como bioestimulantes en el diámetro ecuatorial de lisianthus.

Estos resultados (Figura 17) son similares Gad & El-Bassuny (2018) los cuales demostraron que dosis bajas de cobalto mejoraron el crecimiento de coliflor, (*Brassica oleracea L.*) tamaño y calidad de las cabezas, mientras que las dosis más altas superiores a 9 ppm las redujeron significativamente. Sin embargo dosis altas el cobalto puede causar estrés oxidativo, debido al aumento de especies reactivas de oxígeno (ROS), daño en la permeabilidad de las membranas, causando muerte celular, lo cual repercute en un mal desarrollo de los órganos reproductivos (Zahid et al., 2024).

Los tratamientos de selenio, cobalto (24ppm), Si (0.5 g L⁻¹) y las aplicaciones de levadura a excepción de 3 g L⁻¹ presentaron reducciones en el diámetro ecuatorial, las cuales oscilaron entre 6.79 % y 19.42 %, lo que evidencia posibles efectos inhibitorios sobre el crecimiento floral bajo dichas concentraciones o compuestos

(Figura 17). Estos resultados sugieren que, a las concentraciones evaluadas, el selenio puede afectar negativamente el desarrollo floral en *lisianthus*, lo cual resulta crítico dado que la flor es el producto de interés. Se ha documentado que, cuando se aplica en niveles elevados. El selenio puede generar efectos tóxicos que comprometen el crecimiento, el desarrollo y, de manera particular, los órganos reproductivos de las plantas (Liu et al., 2024).

Se observa que conforme se aumentó la dosis de levadura el diámetro polar disminuyó (Figura 17). Estudios han demostrado que las levaduras como (*Saccharomyces cerevisiae*) son capaces de producir compuestos con actividad auxínica y citoquinínica que estimulan el crecimiento y desarrollo vegetal. Sin embargo, a concentraciones elevadas estos fitorreguladores pueden alterar el equilibrio hormonal endógeno, lo que potencialmente afecta la diferenciación floral, el desarrollo de órganos reproductivos y puede inducir abortos florales (Kowalska et al., 2022).

En cuanto al silicio existe muy poca información donde dosis bajas afecte de manera significativa el desarrollo de las flores en los cultivos por lo que se sugiere seguir realizando estudios a esas concentraciones para poder determinar el efecto de este elemento.

4.8 Diámetro polar de la flor

Los tratamientos con cobalto a 3 ppm y silicio a 2 g L⁻¹ incrementaron significativamente el diámetro polar de la flor, con aumentos de 5.70 % y 3.90 %, respectivamente, lo que sugiere que estas concentraciones favorecen la elongación floral. En contraste, los tratamientos con selenio a 1, 2 y 8 ppm, cobalto a 12 ppm, yodo a 5 ppm, silicio a 1 g L⁻¹ y levadura a 12 y 24 g L⁻¹ redujeron esta variable en 18.29 %, 7.11 %, 19.17 %, 4.81 %, 16.09 %, 5.15 %, 14.06 % y 7.59 %, respectivamente. Estas disminuciones indican un efecto inhibitorio sobre la expansión longitudinal de la flor bajo dichas concentraciones. El resto de los tratamientos no presentó diferencias significativas respecto al control (Figura 18).

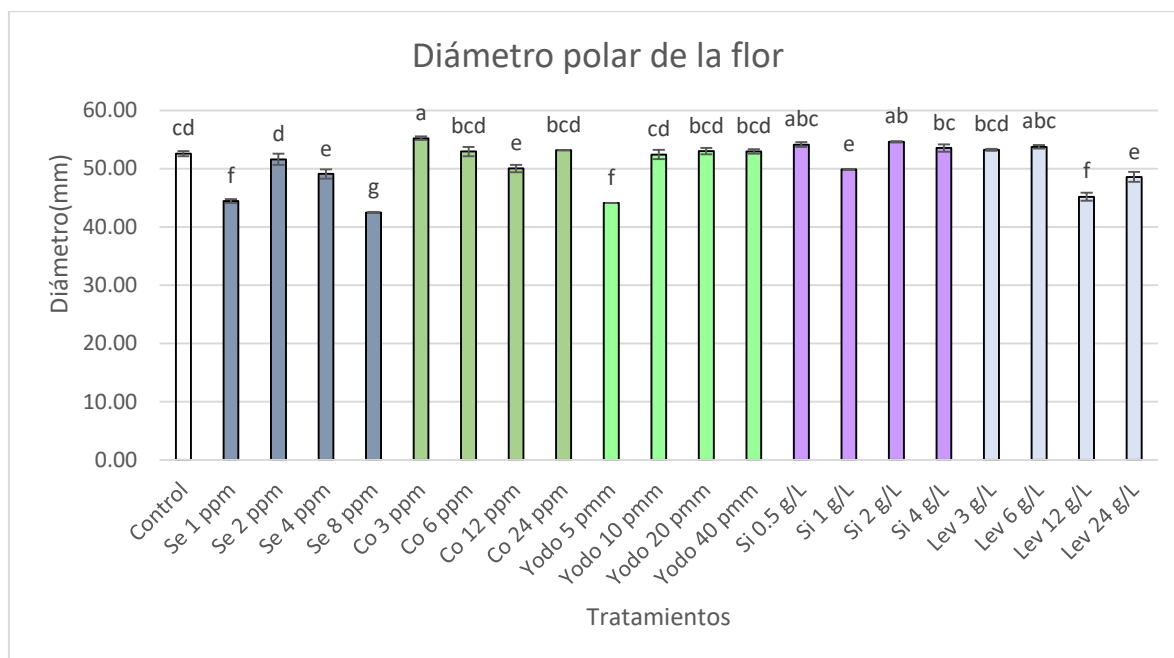


Figura 18. Efecto de los elementos benéficos y levadura como bioestimulantes en el diámetro polar de la flor de *lisianthus*.

El cobalto en concentraciones bajas en diversas variables de plantas leguminosas favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas contribuyendo al metabolismo vegetal, mientras que en dosis elevadas resulta tóxico causando deficiencias de

hierro (Hu et al.,2021). Esto sugiere que cobalto puede tener efectos promotores de crecimiento bajo ciertas condiciones.

El efecto del silicio a dosis media-baja se observó un efecto claramente positivo (Figura 18). El favorece la estabilidad de las células, disminuye la deshidratación y ayuda a conservar un funcionamiento fisiológico adecuado. En girasoles, la aplicación de niveles intermedios de silicio resultó en tallos visiblemente más robustos, flores con mayor apertura y una mejora general en sus características ornamentales. No obstante, cuando se aplicaron dosis elevadas, los efectos fueron negativos causando deformación en las flores (Kamenidou et al., 2008).

Dosis altas de levadura afectaron el diámetro polar de la flor (Figura 18), esto se lo podría atribuir por el desequilibrio hormonal y la competencia de nutrientes, lo cual afectaría en el desarrollo del órgano floral (Kowalska et al., 2022).

4.9 Numero de pétalos

El tratamiento con cobalto a 6 ppm registró el mayor número de pétalos, con un incremento del 32.93 %, lo que indica una fuerte capacidad promotora del desarrollo floral a esta concentración. También se observaron efectos positivos con cobalto a 3 ppm, selenio a 4 ppm, yodo a 20 ppm y silicio a 2 g L⁻¹, con incrementos de 21.33 %, 24.47 %, 22.43 % y 25 %, respectivamente, lo que sugiere que estos compuestos, en sus dosis óptimas, pueden favorecer la diferenciación y formación de estructuras florales. En contraste, la levadura a 24 g L⁻¹ redujo el número de pétalos en 13.97 %, evidenciando un efecto inhibitorio a altas concentraciones. El resto de los tratamientos no mostró diferencias significativas con respecto al control (Figura 19).

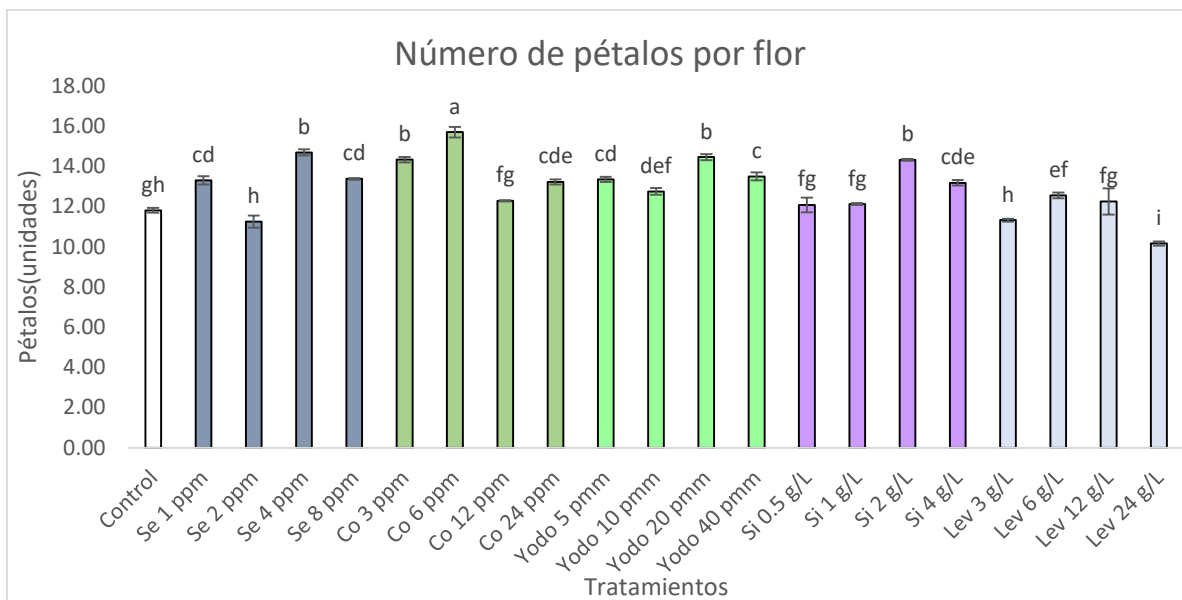


Figura 19. Efecto de los elementos benéficos y levadura como bioestimulante en el número de pétalos de la flor de lisianthus.

La información acerca de los impactos de cobalto en ornamentales es escasa, pese a ello estos hallazgos coinciden por lo reportado por Azarhoosh et al. (2021) quienes evidenciaron que en flores cortadas de ave de paraíso *Strelitzia reginae aiton* en aplicaciones de cobalto en CCl_2 contribuyo a retrasar vida poscosecha e incremento pigmentos y proteínas en los pétalos, además, actividad antioxidante en los tallos.

El selenio fue relevante en el número de pétalos (Figura 19). Se ha reportado que el selenio incrementa la síntesis de metabolitos secundarios y antioxidantes, mejorando la salud de la planta y favoreciendo de manera indirecta el desarrollo y la calidad floral (Zhou et al., 2024).

El yodo también fue importante en la producción de pétalos en lisianthus a dosis medias, sin embargo, a dosis altas este tiene un efecto negativo (Figura 19). Medrano et al. (2024) reportaron que en el cultivo de tomate dosis altas de yodo afectaron la floración y el rendimiento.

La aplicación de silicio en niveles moderados promovió un incremento en el número de pétalos (Figura 19). Asimismo, se ha demostrado que este elemento desempeña

un papel relevante en la protección de las plantas y en la atenuación de diversos tipos de estrés. La evidencia indica que la suplementación con silicio en cultivos ornamentales puede modificar patrones de crecimiento, mejorar atributos estéticos y prolongar la longevidad de las flores cortadas (Kumari et al., 2023).

Las levaduras a dosis media baja tuvieron un efecto positivo en comparación con el control, lo cual sugiere que en dosis de 6 g L^{-1} promueven el número de pétalos, mientras que a dosis baja estas no tienen ningún efecto, por otra parte a dosis media-altas disminuyen el número de tallos (Figura 19). Las levaduras tienen propiedades naturales de compuestos activos hormonas y enzimas que favorecen el crecimiento y desarrollo de diversas especies vegetales y flores estos extractos activan rutas hormonales relacionadas con giberelinas, citoquininas y auxinas, lo que promueve un desarrollo más vigoroso y una floración más uniforme, sin embargo en dosis altas afecta negativamente la fisiología de las plantas (Aizaz et al., 2025).

V.CONCLUSIÓN

La aplicación de elementos benéficos y levadura como bioestimulantes generó respuestas variables, determinadas principalmente por la dosis. Ningún compuesto fue universalmente benéfico; su eficacia dependió de rangos óptimos de aplicación, mientras que dosis altas o bajas tendieron a inhibir el crecimiento.

La levadura destacó como el mejor promotor vegetativo en dosis moderadas (6–12 g L⁻¹), pero concentraciones altas redujeron parámetros reproductivos. El cobalto a bajas dosis (3–6 ppm) favoreció variables florales como diámetro, número de pétalos y peso fresco, mostrando sensibilidad a la sobredosis. El yodo (10–20 ppm) mejoró el peso fresco floral, mientras que el silicio mostró efectos positivos solo en concentraciones medias (1–2 g L⁻¹). El selenio presentó el margen más estrecho de beneficio, con solo algunas respuestas favorables a 4 ppm y efectos negativos fuera de ese rango.

En conjunto, los resultados evidencian que el manejo de bioestimulantes debe basarse en una calibración precisa de dosis, priorizando concentraciones intermedias que potencien el crecimiento y eviten estrés fisiológico, optimizando así el rendimiento y la calidad floral del cultivo.

VI. LITERATURA CITADA

Abd El-Kafie, O., Hamza, A., El-Hindi, K. y Abd El-Baset, M. (2010). Influencia del fósforo, el potasio y la nutrición de la levadura en el crecimiento, la floración y la composición química del nardo. *Journal of Plant Production*, 1 (3), 431-449. doi: 10.21608/jpp.2010.86364

Abdalla, K. A., Youssef, S. M. S., Ibrahim, M. F. M., Salama, Y. A., & Metwally, A. M. (2024). Impacts of cobalt, selenium and silicon biofortification on the growth, productivity and nutritional value of lettuce. *Egyptian Journal of Horticulture*, 51(1), 71–86. <https://doi.org/10.21608/ejoh.2023.231176.1261>

Abou El Ghit, H. M. (2020). Effect of application of yeast extract on hydroponic tomato plants grown in a soilless culture system. *Plant Archives*, 20(2), 8220–8226. [https://www.plantarchives.org/20-2/8220-8226%20\(7112\).pdf](https://www.plantarchives.org/20-2/8220-8226%20(7112).pdf)

Abido, W. A. E., And Seadh, S. E. (2014). Rate of variations between field bean cultivars due to sowing dates and foliar spraying treatments. *Science International*, 2(1), 1-12 DOI: 10.17311/sciintl.2014.1.12

Aburto –Ch., A. de M., Villanueva, E., Noh-Chimal, H., Noh-Fernandez, M. A., & Aké-Lopez, C. A. (2019). Lisianthus: Una hermosa planta ornamental poco conocida y de gran potencial. Tecnológico Nacional de México/CONACYT. <https://www.researchgate.net/publication/349258307>

Aftab, T., Landi, M., Pilon-Smits, E. A. H., Asrar, M., & Brown, P. H. (Eds.). (2022). Boron in plants and agriculture: Exploring the physiology of boron and its impact on plant growth. Academic https://books.google.com/books/about/Boron_in_Plants_and_Agriculture.html?id=76RXEAAAQBAJ

Aizaz, M., Lubna, Hashmi, S. S., Khan, M. A., Jan, R., Bilal, S., Kim, K.-M., Al-Harrasi, A., And Asaf, S. (2025). Unraveling the Complexities of Flowering in Ornamental Plants: The Interplay of Genetics, Hormonal Networks, and Microbiome. *Plants*, 14(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/plants14071131>

Alejandro, S., Höfler, S., Meier, B., & Peiter, E. (2020). Manganese en las plantas: de la adquisición a la distribución subcelular. *Frontiers in Plant Science*, 11, 300.<https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00300>

Al-Fakhri, M. A., & Al-Jabouri, A. A. (2022). Effect planting distances and spraying with yeast extract (Fylloton) on growth traits and yield of two summer squash hybrids (*Cucurbita pepo* L.). *Euphrates Journal of Agriculture Science*, 13(4), 285–298.<https://iasj.rdd.edu.iq/journals/uploads/2025/04/22/6b9a99ed033b91e81e35ebc29cb39fc1.pdf>

Al-Huqail, A. A. (2023). Stimulating the efficiency of Cd-phytoremediation from contaminated soils by *Solanum nigrum* L.: Effect of foliar and soil application of yeast extract. *South African Journal of Botany*, 161, 512–518.<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.08.053>

Alshallash, K. S., Mohamed, M. F., Dahab, A. A., Abd El-Salam, H. S., & El-Serafy, R. S. (2022). Biostimulation of *Plectranthus amboinicus* (Lour.) spreng. with different yeast strains: Morphological performance, productivity, phenotypic plasticity, and antioxidant activity. *Horticulturae*, 8(10), 887.

Alshammari, W. B., Alshammery, K., Lotfi, S., Altamimi, H., Alshammari, A., Al-Harbi, N. A., Jakovljević, D., Alharbi, M. H., Moustapha, M. E., El-Moneim, D. A., & Abdelaal, K. (2024). Improvement of morphophysiological and anatomical attributes of plants under abiotic stress conditions using plant growth-promoting bacteria and safety treatments. *PeerJ*. <https://peerj.com/articles/17286/>

Araujo, W. B. S., Dantas, R. C. L., Cruz, F. J. R., Frazão, J. E. M., & de Olivera, G. M. (2022). Silicon mitigates nutritional stress of nitrogen, phosphorus, and calcium deficiency in two forages plants. *Scientific Reports*, 12(1)7149.<https://doi.org/10.1038/s41598-022-10615-z>

Azarhoosh, J., Hashembadi, D., Asadpour, L., & Kaviani, B. (2021). Prolongar la vida en flor de las flores cortadas de *Strelitzia reginae* Aiton mediante cloruro de cobalto, nitrato de cerio, nanopartículas de plata y Nanosil. *Acta Scientiarum*

Baez Montoya, M. del C., & Urbina Rivera, G. (2022). Alternativa de mercado para la comercialización de flor comestible *Viola x wittrockiana* en la Ciudad de México (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Aragón. https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/5a80cfc1-5962-4aa5-ad56-b8fbfbb9b275/content?utm_source=chatgpt.com

Bano, I., Skalickova, S., Sajjad, H., Skladanka, J., & Horky, P. (2021). Uses of selenium nanoparticles in the plant production. *Agronomy*, 11(11), 2229.

Barba-González, R., Tapia-Campos, E., Lara-Bañuelos, TY & Cepeda-Cornejo, V. (2017). Mejora de *Lisianthus* (*Eustoma*) mediante hibridación interespecífica. *Acta Hortic.* 1171, 241-244 <https://doi.org/10.17660/>

Becerra Garcia, J. (2016). Cultivo de *Lisianthus* (*Eustoma gradiflorum*) en sistema hidropónico y aplicaciones de ácido giberélico [Tesis de maestra, Colegio de Posgraduados]. Repositorio Institucional del Colegio de Postgraduados. <https://hdl.handle.net/10521/3392>

Becvort, A., Fuentes, L. O., Benavides, A., Ramírez, H., Robledo, V., And Rodríguez, M. De Las N. (2012). Aplicación De Selenio En Tomate: Crecimiento, Productividad Y Estado Antioxidante Del Fruto. *Terra Latinoamericana*, 30(4), 291-301 https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S018757792012000400291&script=sci_abstract

Bedolla-Torres, M. H., Espinosa, A. P., Palacios, O. A., Choix, F. J., Valle, F. D. J. A., Aguilar, D. R. L., ... & Pérez, R. O. (2015). La irrigación con levaduras incrementa el contenido nutricional del forraje verde hidropónico de maíz. *Revista argentina de microbiología*, 47(3), 236-244. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754115000516>

Bertoldo, C., Gilardi, G., Spadaro, D., Gullino, M.L., & Garibaldi, A. (2015). *Genetic diversity and virulence of italian strains of Fusarium oxysporum isolated from*

Eustoma grandiflorum.m *European Journal of Plant Pathology*, 141(1),83-97.<https://doi.org/10.1007/s10658-014-0526-2>

Bhatia, R., Dey, S. S., & Rajkumar. (2020). Lisianthus: New cut flower crop for mid Himalayan region. ICAR–Indian Agricultural Research Institute, Regional Station, Katrain, Kullu, Himachal Pradesh.<https://epubs.icar.org.in/index.php/IndHort/article/view/111201>

Bhatia,R., & Sindhu,S S.(2019). *Vegetative propagation of lisianthus genotypes throughstem cuttings: A viable alternative to seed propagatio. Indian Journal of Horticulture,, 76(4),714_720.*<https://doi.org/10.5958/0974-0112.2019.00112.9>

BlueWeave Consulting. (2023, septiembre 18). El mercado mundial de flores y plantas ornamentales está en auge y alcanzará los 74.800 millones de dólares en 2029. BlueWeave<https://www.bluweaveconsulting.com/report/flowers-and-ornamental-plants-market>.

Brabo Sellan,N.I.(20243).Efecto del silicio sobre la incidencia de enfermedades en el cultivo de arroz(*Oryza sativa L.*)[Tesis de pregrado ,Universidad TecnicaTécnica de Babahoyo].UTB.<https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/14897>

Bright, J. P., Karunanadham, K., Maheshwari, H. S., Karuppiah, E. A. A., Thankappan, S., Nataraj, R., ... & Sayyed, R. Z. (2022). Seed-borne probiotic yeasts foster plant growth and elicit health protection in black gram (*Vigna mungo L.*). *Sustainability*, 14(8), 4618.

Broadley, M., Brown, P.,Cakmak,I., Ma, J.F.,Rengel, Z., & Zhao,F(2012).Beneficial elements. In P Marschner(Ed.), *Marschner's mineral nutrition of higher plants* (3rd ed.,pp. 249_269). Academic Press.<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00008-X>

Brown, PH, Zhao, FJ. y Dobermann, A. (2022) ¿Qué es un nutriente vegetal? Cambiando las definiciones para avanzar en la ciencia y la innovación en nutrición vegetal. *Plant Soil* 476 , 11–23.<https://doi.org/10.1007/s11104-021-05171-w>

Cartagena Gamboa, Y. (2025). Biosílice foliar y levadura de panificación al suelo en el rendimiento de cebolla (*Allium cepa* L.), Canaán a 2750 msnm, Ayacucho 2023.<https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/20.500.14612/7617>

Castillo Godina, R. G. (2015). *Expresión génica diferencial y antioxidantes en la planta de tomate (*Solanum lycopersicon* L. Mill) enriquecida con selenio* (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).<http://eprints.uanl.mx/id/eprint/10984>

Castillo Gonzalez, A.M., Avitita-Garcia.E.,Valdez Aguilar,I.A.,& Velezquez-Maldonado, J.(2017).*Extracción de nutricional de lisisnthus (*Eustoma grandiflorum*)[Raf.] cv.Mariachi Pink.Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*,8(2),402-417.<https://doi.org/10.29312/remexca.v8i2.55>

Castillo-Gonzalez, A. M., Avilita-Garcia, E., Valdez-Aguilar,L. A & Velazquez-Maldonado, J.(2014).*Extraccion nutrimental de lisanthus(*Eustoma grandiflorum*)[Raf.] Shinn) cv. Mariachi Pink. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(3),447-459.<https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/55>

Chahín A.,M.G.,Verdugo R., & Montesinos V., A. (2002).*Manejo de poscosecha de flores*.Centro de investigación Carillanca.<https://biblioteca.inia.cl/bitstreams/058666f4-df10-4475-b0d4-ca0ef0673ab3/download>

Cerón Viana, A. D. (2023). Aplicación de yodo (I) como activador fisiológico en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistema Nutrient Film Technique (Tesis de licenciatura). Repositorio Institucional Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/38380>

Chen Yen Hua & Tsai Wao Yu (2015). El tratamiento de iluminación nocturna mejora la calidad del crecimiento del lisanthus (*Eustoma grandiflorum*) en Taiwán. *Acta Horti*.1104,205-210.<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1104.31>

Chen, Z., Watanabe, T., Shinano, T., Okazaki, K., & Osaki, M. (2009). Rapid characterization of plant mutants with an altered ion-profile: a case study using Lotus

japonicus. *The New phytologist*, 181(4), 795–801. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02730.x>

Chesworth, J. M., Stuchbury, T., Scaife, J. R. (1998). Nutrición vegetal. En: *Introducción a la bioquímica agrícola*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-009-1441-4_26

Cortés-Flores, C., Rodríguez-Mendoza, M. N., Benavides-Mendoza, A., García-Cué, J. L., Tornero-Campante, M., & Sánchez-García, P. (2016). El yodo aumenta el crecimiento y la concentración de minerales en plántulas de pimiento morrón. *Agrociencia*, 50(6), 747-758. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952016000600747&script=sci_arttext

Da Silva, E. N. N., Cidade, M., Heerdt, G., Ribessi, R. L., Morgon, N. H., & Cadore, S. (2018). Effect of selenite and selenate application on mineral composition of lettuce plants cultivated under hydroponic conditions: Nutritional balance overview using a multifaceted study. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 29(2), 371–379. <https://www.scielo.br/j/jbchs/a/jHvtnFJDxkvBgJwb7bsQbGz/>

Danés, S., Hareem, M., Imran, M., Gholizadeh, F., Datta, R., Alharbi, S. A., Ansari, M. J., & Alahmadi, T. A. (2024). Efecto del ácido cafeico y el sulfato de cobalto en plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) en presencia y ausencia de urea recubierta con nanopartículas. *Scientific Reports*, 14, 20663. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-70998-z>

Darvish, M., Shirzad, H., Asghari, M., Noruzi, P., Alirezalu, A., Pateiro, M., Takshe, A. y Lorenzo, JM (2021). El 24-epibrasinólido modula la vida en florero de las flores cortadas de *Lisianthus* mediante la modulación de la actividad de la enzima ACC oxidasa y las respuestas fisiológicas. *Plants*, 10 (5), 995. <https://doi.org/10.3390/plants10050995>

Domingues Salvador, E. and Minami, K. (2004). Evaluation of different substrates on *lisianthus* (*eustoma grandiflorum* SHINN) GROWTH. *Acta Hortic.* 644, 217-223. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.644.29>

Dubey, D., y Pathak, GC (2024). Zinc: Un micronutriente crítico para el crecimiento y desarrollo de las plantas. *Journal of Applied Bioscience*, 50 (2), 95–102. <https://9vom.in/journals/index.php/joab/article/view/460>

Ebaid, M., El-Temseh, M. E., Abd El-Hady, M. A., Alhamri, A. S., El-Kholy, A. S. M., Abd El-Moneim, D., & Saad, M. (2025). Impact of foliar application using amino acids, yeast extract, and algae extract in different concentrations on growth parameters, yield traits, grain quality, and nitrogen-related parameters of wheat in arid environments. *PeerJ*, 13 <https://peerj.com/articles/19802/>

El-Azizy, F. A., Habib, A. A. M., & Abd-El Basset, M. A. M. (2021). Effect of nano phosphorus and potassium fertilizers on productivity and mineral content of broad bean in North Sinai. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 12(2), 239–246. https://journals.ekb.eg/article_161844.html

El-Sayed, I.M., Othman, E.Z., & Hewidy, M.(2025). Modulación de los componentes bioquímicos, el estado nutricional, el crecimiento y la floración de *Brunfelsia grandiflora* mediante el suministro de diversas fuentes de silicio. *Sci Rep* 15 , 34293 <https://doi.org/10.1038/s41598-025-21117-z>

Escudero-Cortés, A., Pérez Arias, G. A., Valdez Aguilar, L. A., Alía Tejacal, I., Juárez-López, P., & Pelayo-Zaldívar, C. (2021). Effect of growth season in the growth and postharvest life of lisianthus (*Eustoma grandiflorum* L.) / Efecto de la estación de cultivo en el crecimiento y vida poscosecha de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* L.). *Revista Bio Ciencias*, 8. https://www.researchgate.net/publication/352894897_Efecto_de_la_estacion_de_cultivo_en_el_crecimiento_y_vida_poscosecha_de_lisianthus_Eustoma_grandiflorum_L

Faisal ledan, S., & Kadhim Alag, M. (2021). The effect of cobalt foliar nourishment on reducing water stress for the sweet corn *Zea mays* L. var. *Saccharata* and the characteristics of vegetative growth. *Plant Archives*, 21(Supplement 1), 1555–1561. [https://www.plantarchives.org/SPL%20ISSUE%2020-2/245%20\(1555-1561\).pdf](https://www.plantarchives.org/SPL%20ISSUE%2020-2/245%20(1555-1561).pdf)

Fakhraei, M. M., Motallebi Azar, A., Salehi, H., Mahna, N., & Motallebi, M. (2021). *Effect of the type of inoculation medium on chimeric chitinase gene transfer to lisianthus (Eustoma grandiflorum [Raf.] Shinn) for resistance to the fungal disease Fusarium solani. Flower and Ornamental Plants, 6(2), 147-164.* <http://flowerjournal.ir/article-1-215-en.html>

Fakhria A. Abdul Abbas and Thaer Yassin Khudair (2023). Effect of Spraying with Yeast Extract and BasfoliarAktiv Liquid Fertilizer on the Vegetative and Flowering Growth of Malva sp.. *International Journal of Agricultural and Statistical Sciences*.<https://doi.org/10.59467/IJASS.2023.19.1519>

Falcao, T. (2022). Guía completa para el cultivo de lisianthus: Una guía completa sobre cómo cultivar, cuidar, propagar y mucho más.. <https://boswellbooks.com/book/9798362482947>

Favela Chavez,E., Preciado Rangel,P.,& Benavidez Mendoza,A.(s.f).*Manual para la preparación de soluciones nutritivas*.Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro.https://www.nutricaodeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/Manual_Soln_Nutritivas.pdf

Fernández –Pavía ,Y.L. (2018). Biología, importancia económica y principales líneas de investigación en lisianthus: una especie ornamental nativa de México. *Agro Productividad,11(8),115*.<https://doi.org/10.32854/agrop.v11i8.1115>

Fernández, R., & Fernández, H. (2013). Principales problemas sanitarios en la producción de flores de corte en el AMBA. Prácticas de manejo que predisponen a su aparición. *Curso Sanidad en Cultivos Intensivos 2013. Módulo 4. Flores y ornamentales: el difícil arte de la belleza, 8-10*.https://www.researchgate.net/profile/Gustavo-Dourado-2/publication/369650511_Sanidad_en_cultivos_intensivos_2013_Modulo_4_Flores_y_ornamentales_el_dificil_arte_de_la_belleza/links/642621f692cfd54f843dd43c/Sanidad-en-cultivos-intensivos-2013-Modulo-4-Flores-y-ornamentales-el-dificil-arte-de-la-belleza.pdf#page=9

Ferreira, L. de S., Oliveira, V. G., Marchiori, J. J. de P., & Ferreira, T. (2023). El magnesio como nutriente en el suelo y las plantas: una revisión. *Revista Internacional de Ciencias de las Plantas y del Suelo*, 36(3), 136–144.https://www.researchgate.net/publication/369833218_The_Nutrient_Magnesium_in_Soil_and_Plant_A_Review

Gad, N., Ali, M. E. F., Abd Elrahman, E. A., Ismail, H. G., & Yousef, A. F. (2025). Optimizing sweet fennel growth and quality: The impact of cobalt supplement on vegetative growth, yield, and chemical composition. *BMC Plant Biology*, 25, 1205.<https://bmcpplantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12870-025-07314-1205>

Gad, N., Fekry Ali, M. E., Elrahman, E. A. A., Ismail, H. G., & Yousef, A. F. (2025). Optimizing sweet fennel growth and quality: the impact of cobalt supplement on vegetative growth, yield, and chemical composition. *BMC Plant Biology*, 25(1), 1205.

García Castro, M.P.(201818).*La interacción NH₄⁺ y SO₄²⁻ afecta al crecimiento y el estado nutrimental de las plantas de Lisianthus cv. ABC 1-2 Rosado Oscuro* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro] . Repositorio Institucional UAAAN.<http://repositorio.uaaan.mx:8080/handle/123456789/45746>

Geiser, J.R., & Carrico, P.M.(2025). Saccharomyces cerevisiae: Descripción general de Saccharomyces cerevisiae. EBSCO.<https://www.ebsco.com/research-starters/health-and-medicine/saccharomyces-cerevisiae>

Gobierno de México (2024). *Brochure ornamentales* [Archivo PDF]https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/891793/Brochure_Ornamentos_Feb_2024.pdf

González-López, L. A. (2023). Estudio in vitro del efecto de diferentes fuentes de selenio en la germinación de hortalizas en el CIATEJ, sede Zapopan. ITESO, Universidad Jesuita de Guadalajara <https://hdl.handle.net/11117/10806>

Gordillo Melgoza, F. A., Borrego Escalante, F., Lozano Cavazos, C. J., Robledo Torres, V., Camposceo Montiel, N., de las Nieves Rodríguez Mendoza, M., & Benavidez Mendoza, A. (2022). Impact of iodine biofortification on greenhouse melon (*Cucumis melo* L.) growth and production. *International Journal of Plant & Soil*

Science, 34(23), 1723–1741. <https://journalijpss.com/index.php/IJPSS/article/view/2597>

Greger, M., Landberg, T., & Vaculík, M. (2018). Silicon influences soil availability and accumulation of mineral nutrients in various plant species. *Plants*, 7(2), 41.

Gupta, M., & Gupta, S. (2017). An overview of selenium uptake, metabolism, and toxicity in plants. *Frontier in Plant Science*, 7, 2074. https://www.researchgate.net/publication/312204989_An_Overview_of_Selenium_Uptake_Metabolism_and_Toxicity_in_Plants

Guzmán Vásquez, J. D. (2016). *Caracterización fenotípica de un cultivo de papa criolla (Solanum tuberosum grupo phureja, variedad criolla Colombia) irradiada con cobalto 60 ubicado en el municipio El Rosal, Finca El Pino Km 16 vía Subachoque, Cundinamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas] Repositorio Institucional Universidad Distrital <http://hdl.handle.net/11349/23147>

Harbaugh, B. y Woltz, S. (1991). La calidad del eustoma se ve afectada negativamente por el bajo pH del sustrato radicular. *HortScience*, 26 (10), 1279–1280. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.26.10.1279>

Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M.H.M., Zulfiqar, F., Raza, A., Mohsin, S., Mahmud, J., et al. (2020) Reactive Oxygen Species and Antioxidant Defense in Plants under Abiotic Stress: Revisiting the Crucial Role of a Universal Defense Regulator. *Antioxidants*, 9, ArticleNo.681. <https://doi.org/10.3390/antiox9080681>

Hawrylk-Nokak, B. (2008) Effects of selenium on selected macronutrients in maize plants. *Journal of Elementogy*, 13(4), 513–519. https://www.researchgate.net/publication/279628547_Effect_of_Selenium_on_selected_macronutrients_in_maize_plants

Hefzy, M., Mostafa, H. A., & Zahran, M. A. A. (2020). Enhancement of onion (*Allium cepa* L.) drought tolerance in calcareous soils by using bio-stimulants. *Environment*,

Biodiversity & Soil Security, 4(4), 239-251. <https://doi.org/10.21608/jenvbs.2020.41196.110>

Hu, X., Wei, X., Ling, J., & Chen, J. (2021). Cobalt: an essential micronutrient for plant growth?. *Frontiers in plant science*, 12, 768523.. Cobalt: An Essential Micronutrient for Plant Growth?

Ibrahim, O., y Tawfik, O. (2021). Efectos estimulantes de extractos de algas marinas y levaduras activas aplicados foliarmente sobre el crecimiento y la productividad de *Gladiolus grandiflorus* Andrews 'White Prosperity'. *Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants* , 8 (4), 471-481. doi: 10.21608/sjpop.2021.231018

Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal. (2024). Cultivo de Lisianthus. <http://icamex.edomex.gob.mx/lisianthus>

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI] & Colegio de Postgraduados.(1998).*La floricultura ornamental en México* [Publicación única]https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/380/702825117788/702825117788.pdf

IntraKam. (2021). Landgrass Growth® [Fertilizante líquido orgánico-mineral]. México: IntraKam.

Jiménez, F. M. (2015). Aspectos relativos al cultivo de lisianthus. Granja. *Revista agropecuaria*.<https://revistas.grancanaria.com/index.php/GRANJA/article/download/9947/9456>

Juárez, M., Cerdán, M., & Sánchez-Sánchez, A. (2007s. f.). *Hierro en el sistema suelo-planta*. Departamento de Agroquímica y Bioquímica, Facultad de Ciencias, Universidad de Alicante. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/HIERRO.pdf> ex

Kamenidou, S., Cavins, T. J., & Marek, S. (2008). Silicon supplements affect horticultural traits of greenhouse-produced ornamental sunflowers. *HortScience*, 43(1), 236-239.

Kaviani Livani, B., Zamiraei, F., Zanjani, S., Tarang, A., & Mohammadi Torkashvand, A. (2014). *In vitro* flowering and propagation of *lisianthus* (*Eustoma grandiflorum*) in response to plant growth regulators (NAA and BA). *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 1, 145-155. https://www.researchgate.net/publication/279114150_In_vitro_flowering_and_micropropagation_of_lisianthus_Eustoma_grandiflorum_in_response_to_plant_growth_regulators_NAA_and_BA

KeLing, H., Z., JiTao, W., & Yang, Y. (2013). Influence of selenium on growth, lipid peroxidation and antioxidative enzyme activity in melon (*Cucumis melo* L.) seedling under salt stress. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 82(3), 207-213. <https://pbsociety.org.pl/journals/index.php/asbp/article/view/asbp.2013.023/0>

Kiferle, C., Martinelli, M., Salzano, A. M., Gonzali, S., Beltrami, S., Salvadori, P. A., & Perata, P. (2021). Evidences for a nutritional role of iodine in plants. *Frontiers in plant science*, 12, 616868.

Kowalska, J., Krzysińska, J., & Tyburski, J. (2022). Yeasts as a potential biological agent in plant disease protection and yield improvement A short review. *Agriculture*, 12(9), 1404.

Kowalska, J., Krzysińska, J., & Tyburski, J. (2022). Yeasts as a potential biological agent in plant disease protection and yield improvement—A short review. *Agriculture*, 12(9), 1404.

Krzemińska, J., Smoleń, S., Kowalska, I., Pitala, J., Sularz, O., & Koronowicz, A. (2023). Effect of Biofortification with Iodine by 8-Hydroxy-7-iodo-5-quinolinesulfonic Acid and 5-Chloro-7-iodo-8-quinolinol on the Chemical Composition and Antioxidant Properties of Potato Tubers (*Solanum tuberosum* L.) in a Pot Experiment. *Applied Sciences*, 13(8), 4659. <https://doi.org/10.3390/app13084659>

Kumaresan, M., Rajeselvam, M., Nadhiya Devi, K., & Vasanthkumart, S. S. (2024). A newly emergin potencial cut flowers of *Lisianthus* (*Eustoma Grandiflorum*) in Tamil Nadu: A review. *Eco. Env. & Cons.*, 30(2), 790-

795.<https://www.envirobiotechjournals.com/issues/EEC/Vol.30Issue22024/EEC-61.pdf>

Kumari, P., Sharma, R., Panwar, S., Paul, S., & Banyal, N. (2023). Silicon as vital element in flower crop production. *Journal of Plant Nutrition*, 46(11), 2747-2762.

Lin, Y., Cao, S., Wang, X., Liu, Y., Sun, Z., Zhang, Y., Li, M., Wang, Y., He, W., Zhang, Y., Chen, Q., Wang, X., Luo, Y., & Tang, H. (2024). Foliar application of sodium selenite affects the growth, antioxidant system, and fruit quality of strawberry. *Frontiers in plant science*, 15, 1449157.<https://doi.org/10.3389/fpls.2024.144915>

Liu, H., Xiao, C., Qiu, T., Deng, J., Cheng, H., Cong, ... & Zhang, Y. (2022). Selenium regulates antioxidant, photosynthesis, and cell permeability in plants under various abiotic stresses: A review. *Plants*, 12(1), 44.

Liu, Y., Ma, J., Li, F., Zeng, X., Wu, Z., Huang, Y., Xue, Y. y Wang, Y. (2024). Altas concentraciones de selenio inhibieron el crecimiento de plántulas de arroz. *Plants*, 13 (11), 1580. <https://doi.org/10.3390/plants13111580>

Machado, E. (2024). Efecto de la aplicación foliar y edáfica de silicio sobre el estatus nutricional del tallo floral y la poscosecha en rosa (*Rosa x hybrida* L.) cv. 'Brighton'. *Repositorio Universidad Nacional de Colombia*<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/87694>

Mandujano-Piña, M., Colinas-Leon, M.T., Castillo-Gonzalez, A.M., Alía-Tejagal, I., & Valdez Aguilar, L.A. (2012). Cobalto como retardante en la senescencia de *Lilium* híbrido oriental en poscosecha. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 18(2), 157-167. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v18n2/v18n2a5.pdf>

Marschner (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants* (3ª. ed.). Academic Press. https://home.czu.cz/storage/737/65060_Mineral-Nutrition-of-higher-plants-Marschner-2012.pdf

Medrano Macías, J. R. (2017). *Efecto de la aplicación de yodo sobre el metabolismo redox y expresión génica en tomate (Solanum lycopersicum L.)*(Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).<http://eprints.uanl.mx/17011/>

Medrano Macías, J., Narváez Ortiz, W., Quistián Martínez, D., Benavides Mendoza, A., & Leija Martínez, P. (2024). Respuesta de la aplicación del yodo sobre antioxidantes, contenido mineral y crecimiento en frutos de tomate. *Revista Politécnica de Aguascalientes*, 3(3), 1–10.<https://revistapolitecnicaags.upa.edu.mx/wp-content/uploads/2024/08/V3134.pdf>

Melgares de Aguilar, Cormenzana, J.(1996).El cultivo del lisianthus(/ parte).*Horticultura :Revista de industria, distribución y socio economía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, arboles ornamentales y viveros*,(113), 13-16.https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_hort/hort_1996_114_47_50.pdf

Mendoza Flores,L.G.(2013) *Fertilización silíceo en lisisnthus (Eustoma grandiflorum L) cv.Mariachi* (Tesis de maestría,Universidad Autonoma Chapingo].Universidad Autonoma Chapingo. mch_mflg-13.pdf

Mengel, K., Kirkby, EA, Kosegarten, H., Appel, T. (2001). Calcio. En: Mengel, K., Kirkby, EA, Kosegarten, H., Appel, T. (eds) *Principios de nutrición vegetal*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-010-1009-2_11

Merino Pacheco, M.(2009). Informe sobre las estructuras y las perspectivas del comercia mundial de la planta ornamental y de la flor cortada. *Horticultura Revista Distribución y Socioeconomia*, 211, 20-29.https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Hort%2FHort_2009_211_20_29.pdf

Michael, Grusak,M.A.,Broadley,M.R.,&White,P.J.(2016).*Minerales macro y micronutrientes de las plantas*.En *Enciclopedia de Ciencias de la Vida*.Wiley.<https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=334618>

Moreno Roblero, M. de J., Pineda Pineda, J., Colinas León, M. T., & Sabaghín Castellanos, J. (2020). El oxígeno en la zona radical y su efecto en las plantas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(4).http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342020000400931

Nimsi, K. A., Manjusha, K., Kathiresan, K., & Arya, H. (2023). Levaduras promotoras del crecimiento vegetal (PGPY), la última incorporación para su uso en la agricultura sostenible: una revisión, *Journal of Applied Microbiology*, Volumen 134, (2).<https://doi.org/10.1093/jambio/lxac088>

Njira, K., Nabwami, J. (2015). A review of effects of nutrient elements on crop quality. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 15(1), 9772-9796. <https://www.ajfand.net/Volume15/No1/Njira13750.pdf>

Oh, W., Kang, J. G., Lee, J. H., & Kim, K. S. (2015). Growth and flowering responses of lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) to temperature, photoperiod, and light intensity during the post-seedling stage. *Scientia Horticulturae*, 335, 112053. <https://www.hst-j.org/articles/article/mPrg/>

Ohkawa, K. and Sasaki, E. (1999). *Eustoma* (lisianthus) - its past, present, and future. *Acta Hortic.* 482, 423-428 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1999.482.61>

Ohkawa, K., Korenaga, M., & Yoshizumi, T. (1993). Influence of temperature prior to seed ripening and at germination on rosette formation and bolting of *Eustoma grandiflorum*. *Scientia Horticulturae*, 53 (3) 225-230. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(93\)90070-7](https://doi.org/10.1016/0304-4238(93)90070-7)

Olefrenko, A., y Kyslychenko, V. (2023). Estudio morfológico y anatómico del lisianthus de Russell. *Anales del Instituto Mechnikov*, (4), 50–56. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10257140>

Ontiveros, H. (2025). Retos y oportunidades de la producción ornamental en México. <https://agtechamerica.com/retos-y-oportunidades-de-la-produccion-ornamental-en-mexico/>

Ortega, A. E., & Mallavolta, E. (2012). *Silicio, un elemento beneficioso para cultivos*. Fertilab https://www.fertilab.com.mx/AdminFertilab/Notas_Tecnicas/pdf_not_a/Silicio,_Un_Elemento_Benefico_Para_Los_Cultivos_.pdf

Ortega, A.E., & Malavolta, E. (2012). *Los más recientes micronutrientes vegetales*. (Informe técnico, INTA EEA Salta) INTA. <https://fertilizar.otg.ar/wp->

Ortiz Díaz, L., Ramírez Olvera, S.M., Moreno Guerrero, D.E., Zaragoza Espiridión, C.A., Vargas Perea, M. del P., & Muñoz Roman, B. (2022). Cobalto incrementa la longitud de raíz de plantas de fresa, en condiciones de estrés por sequía. ECTI, *Experiencias Científicas, Tecnológicas y de Innovación*, 2(1). <https://ojs.valladolid.tecnm.mx/index.php/CongresoNacional/article/view/100>

Padrón-Chan, A., Villanueva-Couh, E., Cristóbal-Alejo, J., Garruña-Hernández, R., & Moo-Koh, F. A. (2021). Lisianthus, una hermosa planta ornamental, poco conocida y de gran potencial: *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. (Gentianaceae). Desde el Herbario CICY, 13, 29–35. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2021/2021-02-11-APadron-Chan-et-al._Lisianthus.pdf

PanAmerican Seed. (2015). New Varieties for 2015 Seed Product Information Guide [PDF]. https://www.panamseed.com/media/culture/PAS/13542_PAS_PIG.pdf

Pellicer Roing (2024). Propiedades del carbono (C) National Geographic España. https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/propiedades-carbono-c_226217

Pilon-Smits, E. A., Quinn, C. F., Tapken, W., Malagoli, M., & Schiavon, M. (2009). Physiological functions of beneficial elements. *Current opinion in plant biology*, 12(3), 267–274. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.04.009>.

Proficient Market Insights. (2024). Flower and ornamental plants market size, share, growth, and industry analysis: By type (potted plants and cut flowers), by application (home and commercial), and regional insight and forecast to 2033 (Report ID

PMI2559). Proficient Market Insights.
<https://www.marketgrowthreports.com/market-reports/flower>

Ragab, G. A., Nessem, A. A., Elshobary, M. E., Henjes, J., & Razzaky, E. O. (2025). Unraveling the physiological and ultrastructural responses of wheat to combat cobalt stress and the protective role of *Jania rubens* related to antioxidant defense and cellular integrity. *Frontiers in Plant Science*, 16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1621482>

Ramos, L. T. L., Chichande, V. L. S., Salvatierra, J. X. B., Uyaguari, J. L. P., & Gallirgos, V. J. G. (2025). Influencia del selenio en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del pimiento (*Capsicum annum* L.) en condiciones de invernadero. *Código Científico Revista de Investigación*, 6(E1), 1177-1193. <http://www.revistacodigocientifico.itslosandes.net/index.php/1/article/view/743>

Rana, M., Sankhyan, N.K., Thakur, P., Babal, B., Anjali, Sharma, S., Kumari, S., & Kumar, P. (2025). Molibdeno en el sistema suelo-planta: biodisponibilidad, dinámica e implicaciones para la producción sostenible de cultivos. *Discov. Soil*(2), [(89)] <https://doi.org/10.1007/s44378-025-00118-4>

Raya, J.C.P., & Aguirre, C.L.M., (2009). Composición elemental de algunas especies de plantas silvestres mexicanas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 15(2), 95-99. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182009000200002

Reyes, S., Fernández, N., & Mestre, M.C. (2024). Más allá del pan y la cerveza: El papel de las levaduras en la agricultura y silvicultura. Centro Regional Universitario Bariloche, Universidad Nacional del Comahue, IPATEC (CONICET-UNComahue). <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/264753>

Rodríguez Chávez, D.A. (2015). Evaluación de resistencia en plantas de *Lisianthus (Eustoma grandiflorum)* por la aplicación exógena de afinina contra la infección de *Fusarium oxysporum f.sp.* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio institucional

UAAAN.<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7762/K%2063805%20Rodr%C3%ADguez%20Ch%C3%A1vez%2C%20Daniel%20Alejandro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodríguez, M., & Floresz, V. (2004). Elementos esenciales y beneficiosos .<https://repositorio.ual.es/handle/10835/3133>

Rodríguez, M., & Flórez, V. J. (2004). *Elementos esenciales y beneficiosos para las plantas*. Universidad de Almería.<https://core.ac.uk/download/pdf/143458034.pdf>

Rodriguez-Salinas,P.A.,Carballo-Mendez,F.de J.,Rodriguez-Ortiz,J.C.,Niño-Medina,G.,Olivares –Saenz,E.,&Garza –Alonso, C.A.(2022). *Yodo incrementa la concentración de compuestos fenólicos y pigmentos fotosintéticos en tres cultivares de (Ficus carica L) sometida a estrés salino*.Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas,publicación especial (28),309-320.<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8624634.pdf>

Romero, O. J. C. (2023). La floricultura protegida como actividad de alto impacto para la región centro de México: Estimación de biomasa y perspectivas de valorización en el corredor florícola del Estado de México. Universidad Autónoma del Estado de Morelos<https://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/3100/CIROMSO4T.pdf>

Roni, M.Z.K., Shimasaki, K., Islam, M.S. & Uddin, A.F.M.J. (2017). Effects of temperature on seedling growth and development of eustoma (*Eustoma grandiflorum*). *Acta Hortic.* 1167, 381-386.<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1167.55>

Sadzawka, A. (2014). Manual de azufre en suelos y plantas. Centro Regional de Investigación La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).<https://www.scribd.com/document/856342389/MANUAL-DE-AZUFRE-EN-SUELOS-Y-PLANTAS>

Saerraf,M.,Janeeshma,E.,Arif, N.Farooqi, M.Q.U., Kumar, V., Ansari, NA., Ghani, M.I.,AHANGER,M.A.,& HAsnuzzaman,M.(2023). Understanding the role of

beneficial elements in developing plant stress resilience: Signalling and crosstalk with phytohormones and microbes. *Plant Stress*, 4, 100103. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100224>.

Sakata Seed America. (2012). Lisianthus culture guide. Sakata Seed Corporation. <https://sakataornamentals.com/wp-content/uploads/sites/13/2022/02/Lisianthus-Cut-Flower-Espanol-0125-SAKATA.pdf>

Salachna, P. (2020). Trends in ornamental plant production. MDPI. <https://www.mdpi.com/books/reprint/5757-trends-in-ornamental-plant-production>

Salomón, J. L., González, M. C., Castillo, J., & Varela, M. (2017). Comportamiento de Barna, cultivar de papa (*Solanum tuberosum* L.) ante diferentes dosis de rayos gamma de fuente cobalto 60. *Cultivos Tropicales*, 38(4), 127-130. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S025859362017000400001&script=sci_arttext&tlng=pt

Salim, B. B. M., Abou El-Yazied, A., Salama, N., Raza, A., & Osman, H. S. (2021). Impact of silicon foliar application in enhancing antioxidants, growth, flowering and yield of squash plants under deficit irrigation condition. *Annals of Agricultural Sciences*, 66(2), 176–183. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2021.12.003>

Saynes-Santillán, V., Fernández-Luqueño, F., & Ortiz-Monasterio Rosas, J. I. (Eds.). (2021). *Uso eficiente de nitrógeno en la agricultura (Versión web)*. Cinvestav. ISBN 978-607-9023-64-5. https://www.smcsmx.org/files/congresos/2020/Memoria_Simposio_del_N-ISBN.pdf

Schwarta, V. V., Mykhalska, L. M., Makoveychuk, T. I., & Tretiakov, V. O. (2024). El cloro en la vida de las plantas. *Ecology*, 32(4), 445–469. <https://doi.org/10.15421/012448>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2024). *Qué hay detrás de la floricultura: Más allá de la belleza floral*.

<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/que-hay-detras-de-la-floricultura-mas-alla-de-la-belleza-floral>

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. (2024, enero 26). *Lista la producción de flores ornamentales para atender la demanda por el 14 de febrero* [Comunicado de prensas] Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/lista-la-produccion-de-flores-ornamentales-para-atender-demanda-por-el-14-de-febrero>

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2018). *Ornamentales: una alternativa de producción sustentable* [Folleto informativo] https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/251839/Ornamentales_digital.pdf

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2018). *Cierre agrícola* [Base de datos]. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (SIAP) (2021). *Producción de flores ornamentales en México*. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural <https://www.gob.mx/siap>

Sheikh-Assad, M., Taheri, M., Khandan-Mirkohi, A., Babalar, M., Khansefid, M., Omid, M. & Gasparatos, D. (2025). Crecimiento y mejora nutricional de *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.) mediante inoculación dual de AMF en regímenes de fósforo. *Agronomía*, 15 (11), 2480. <https://doi.org/10.3390/agronomy15112480>

Steiner, A. A. (1961). A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil*, 15(2), 134-154. <https://doi.org/10.1007/BF01347224>

Sultana, M. N., Rakibuzzaman, M., & Uddin, A. J. (2021). Influence of light spectrums on seedling emergence and growth of *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum*) cultivars. *Journal of Bioscience and Agriculture Research*, 28(2), 2355–2362. https://www.researchgate.net/publication/356412503_Influence_of_light_spe

ctrums_on_seedling_emergence_and_growth_of_Lisianthus_Eustoma_grandifloru
m_cultivars

Taih, M. A., El-Emary, F. A., & El-Fawy, M. M. (2023). Response of pot marigold plant (*Calendula officinalis* L.) to spraying with some growth biostimulants. *Archives of Agriculture Sciences Journal*, 6(2), 26–43.<https://doi.org/10.21608/aasj.2023.306063>

Thaer Yassin Khudair & Aqeela jJmaah Hajam. (2021). Efecto del extracto de levadura y del fertilizante orgánico Algidex Spray en el crecimiento vegetativo, radicular y floral del clavel chino. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 22 (41-42), 165–173.<https://ikprress.org/index.php/PCBMB/article/view/6717>

Torres Guato, F. A. (2022). *Efecto de la aplicación de yodo en la germinación de semilla de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav).*[Tesis de pregrado, Universidad Tecnica de Ambato]Repositorio Institucional UTA.<https://repositorio.uta.edu.ec/items/d6813618-a332-44a7-9157-3a776c83ee07>

Torres-Montúfar, A., Jiménez-Noriega, M. S., & Quiñones-Molina, K. (2025). Rescuing the Forgotten Flora: Proposal of an Ornamental Native Plant Collection for a Botanical Garden in an Industrial Zone. *Journal of Zoological and Botanical Gardens*, 6(4), 54<https://www.mdpi.com/2673-5636/6/4/54>

Trejo –Tellez, L.I., & Merino, F.C. (2023). *Editorial: Beneficial elements : novel players in plant biology for innovative crop production, volumen II. Frontiers in Plant Science*, 14, Article 1303462. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2023.1303462/>

Trejo-Téllez LI, Gómez-Merino FC, Alcántar-González G (2012). Elementos benéficos. En: Nutrición de cultivos pp. 49-91. México. Colegio de Post graduados https://www.researchgate.net/publication/240606377_ELEMENTOS_BENEFICOS

Trejo-Téllez, L. I., García-Morales, S., Rangel, O. A., & Gómez-Merino, F. C. (2023). Beneficial elements in plants: Recent advances and future perspectives. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1303462. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1303462>

Trejo-Téllez, L. I., Gómez-Merino, F. C., Gómez-Pérez, V., & Castro-García, F. A. (2014). Cobalto en poscosecha de varas florales de gladiola (*Gladiolus grandiflorus* Hort.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Núm. 9, 1575-1587. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i9.1049>

Treviño-Ruiz, K. S., Ortega-Ortiz, H., Benavides-Mendoza, A., & González-Morales, S. (2024). Aplicación de nanoquitosán-yodo en lechuga y su efecto en la biofortificación, crecimiento y rendimiento. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 11(2). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-90282024000200022&script=sci_arttext

Valdez-Aguilar, L. A., Grieve, C. M., & Poss, J. A. (2014). Response of lisianthus to irrigation with saline water: Ion relations. *Journal of Plant Nutrition*, 37(4), 546–561. <https://doi.org/10.1080/01904167.2013.867982>

Verma, K. K., Song, X. P., Liang, Q., Huang, H. R., Bhatt, R., Xu, L., ... & Li, Y. R. (2024). Unlocking the role of silicon against biotic stress in plants. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1430804.

Verma,R.(2025).Lisianthus:A high-value flower crop for profitable farming. *Krishi Jagran*.<https://krishijagran.com/agripedia/lisianthus-a-high-value-flower-crop-for-profitable-farming>

Villalón-Mendoza, H., Castillo-Villarreal, M. A., Garza-Ocañas, F., Guevara-González, J. A., & Sánchez-Castillo, L. (2018). Dióxido de silicio como estimulante del índice de calidad de plantas de chile piquín (*Capsicum annum* L. var. *glabriusculum*) producidas en vivero. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(50), 294-303. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322018000600294&script=sci_arttext

Wang, X. (2024). China, número uno mundial en producción de flores y plantas: encuesta. *China Economic Net*.https://es-en.ce.cn/insight/202405/29/20240529_390120178.shtml

Wang, Y. Q., Liu, Y. H., Wang, S., Du, H. M., & Shen, W. B. (2020). Hydrogen agronomy: research progress and prospects. *Journal of Zhejiang University. Science. B*, 21(11), 841–855.<https://doi.org/10.1631/jzus.B2000386>

Wang, Y., Gao, G.-D., Ge, M.-M., Chang, Y., Tan, J., Ge, X.-H., Wang, J., Wang, B., Zhou, G.-S., & Fu, T.-D. (2024). Función y aplicación del calcio en el crecimiento y desarrollo de las plantas. *Acta Agronomica Sinica*, 50(4), 793–807.<https://zwxb.chinacrops.org/EN/Y2024/V50/I4/793>

Wegulo SN, & Vilchez M. (2007) Evaluation of lisianthus cultivars for resistance to *Botrytis cinerea*. *Plant Disease*, 91(8):997–1001.<https://doi.org/10.1094/pdis-91-8-0997>

Xiao, R.-F., Wang, J.-P., Ruan, C.-Q., Pan, Z.-Z., Zhu, Y.-J., & Liu, B. (2018). Root and stem rot on lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) in China caused by *Fusarium solani*.

AGRIS.<https://agris.fao.org/search/en/providers/122535/records/65de48f70f3e94b9e5ccf9a2>

Xu, E., Liu, Y., Gu, D., Zhan, X., Li, J., Zhou, K., Zhang, P., & Zou, Y. (2024). Molecular Mechanisms of Plant Responses to Copper: From Deficiency to Excess. *International journal of molecular sciences*, 25(13), 6993.<https://doi.org/10.3390/ijms25136993>

Xu, H.-L., Bai, J., Kawabata, S. y Chang, T. (2023). Aplicaciones de la xerofitofisiología y la transducción de señales en la producción vegetal: la calidad de las flores de *Eustoma grandiflorum* mejoró con el riego subterráneo. *Sustainability*, 15 (2), 1578. <https://doi.org/10.3390/su15021578>

Youssef, SM, Abdella, EMM, Al-Elwany, OA, Alshallash, KS, Alharbi, K., Ibrahim, MTS, Tawfik, MM, Abu-Elsaoud, AM y Elkelish, A. (2022). La aplicación integrada de extracto de levadura foliar y ácido giberélico mejora las respuestas

morfofisiológicas y la absorción de nutrientes de la *planta Solidago virgaurea* en suelo alcalino. *Life*, 12 (9), 1405. <https://doi.org/10.3390/life12091405>

Yu, H., Li, W., Liu, X., Song, Q., Li, J., & Xu, J. (2024). Physiological and molecular bases of the nickel toxicity responses in tomato. *Stress biology*, 4(1), 25. <https://doi.org/10.1007/s44154-024-00162-0>

Zafeiriou, I., Gasparatos, D., Ioannou, D., Kalderis, D. y Massas, I. (2022). Biofortificación con selenio de plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en función de la especie de Se, la dosis de Se y la aplicación conjunta de biocarbón en un suelo calcáreo. *Agronomía*, 12(1), 131. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010131>

Zahid, A., Ul Din, K., Ahmad, M., Hayat, U., Zulfiqar, U., Askri, S. M. H., ... & Ali, H. M. (2024). Exogenous application of sulfur-rich thiourea (STU) to alleviate the adverse effects of cobalt stress in wheat. *BMC Plant Biology*, 24(1), 126.

Zahid, A., Ul Din, K., Ahmad, M., Hayat, U., Zulfiqar, U., Askri, S. M. H., ... & Ali, H. M. (2024). Exogenous application of sulfur-rich thiourea (STU) to alleviate the adverse effects of cobalt stress in wheat. *BMC Plant Biology*, 24(1), 126.

Zayed, O., Hewedy, O. A., Abdelmoteleb, A., Ali, M., Youssef, M. S., Roumia, A. F., Seymour, D., & Yuan, Z. C. (2023). Nitrogen Journey in Plants: From Uptake to Metabolism, Stress Response, and Microbe Interaction. *Biomolecules*, 13(10), 1443. <https://doi.org/10.3390/biom13101443>

Zhang, Y., Cao, H., Wang, M., Zou, Z., Zhou, P., Wang, X., & Jin, J. (2023). A review of iodine in plants with biofortification: Uptake, accumulation, transportation, function, and toxicity. *Science of The Total Environment*, Volume 878, 163203. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163203>

Zhou, Y., Nie, K., Geng, L., Wang, Y., Li, L., & Cheng, H. (2024). Selenium's role in plant secondary metabolism: regulation and mechanistic insights. *Agronomy*, 15(1), 54.