

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Comportamiento del Cultivo de Liliis (*Lilium* sp.) a las Aplicaciones de Ozono en
Dos Soluciones Nutritivas

Por:

ARELI JAZMIN ROJAS SILVESTRE

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Comportamiento del Cultivo de Lilis (*Lilium* sp.) a las Aplicaciones de Ozono en
Dos Soluciones Nutritivas

Por:

ARELI JAZMIN ROJAS SILVESTRE

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez

Asesor Principal

Dr. Víctor Manuel Reyes Salas

Coasesor

Dr. Armando Hernández Pérez

Coasesor

Dr. Alberto Sandoval Bangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2023

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de 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



Areli Jazmín Rojas Silvestre

Firma y Nombre

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Martina Silvestre y Federico Rojas que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. También, son los que me han brindado el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y nunca abandonarlos.

A la Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez por su asesoramiento profesional y personal, por la dedicación y paciencia brindada a lo largo del presente trabajo, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada.

Asimismo, quisiera expresar mi gratitud a todas las personas que contribuyeron con el desarrollo de mi investigación. Que me ayudaron a recopilar datos y a aquellos que dedicaron su tiempo a revisar mi trabajo.

Le agradezco a todos mis docentes que han sido parte de mi camino universitario, y a todos ellos les quiero agradecer por transmitirme los conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí. Gracias por su guía y todos sus consejos los llevare grabados para siempre en la memoria en mi futuro profesional.

Por ultimo agradecer a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de avanzar en mi carrera profesional. Agradezco especialmente al departamento de Horticultura por su constante apoyo.

DEDICATORIAS

A mis padres Martina Silvestre y Federico Rojas, quienes con su eterna paciencia, amor y esfuerzo me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades. Por enseñarme el ejemplo de perseverancia y valentía, de no tenerle miedo a las dificultades porque sé que Dios siempre está conmigo.

A mis hermanos Eduardo, Diego y Mariana por su apoyo y cariño incondicional, durante todo este camino por estar a mi lado en todo momento, por ser mi fuente de fortaleza e inspiración en cada paso del camino.

A toda mi familia porque sus consejos, oraciones y palabras me hicieron una mejor persona y de una forma u otra me acompañaron en todas mis metas y sueños.

A Yoselin Lima, Ana Patricia López, Saraí Ortiz, Vianey De Jesús, Lezly Piedra, Marco Ortiz, Jesús Pacheco, Alejandro Aco, Lizbeth Trinidad, que estuvieron conmigo en los momentos de estrés y alegría durante este largo camino. Su apoyo, confianza, soporte y cariño han sido invaluable. Gracias por ser mi punto de apoyo, mi equipo de aliento y, lo más importante la familia que yo elegí.

A Rafael Martínez, por su gran ayuda en el proyecto y apoyo personal. Por estar siempre a mi lado, en los días buenos y en los no tan buenos que han acompañado este camino.

A Miriam Juárez, Isabel Robles, Marisol Gonzales, María Guadalupe Isidoro, Anayeli Rojas por haberme acompañado en este duro camino, dispuestas a ayudarme y animarme en los momentos más difíciles, brindándome la paz para superar cada reto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE CUADROS.....	IX
RESUMEN.....	XI
I.INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general	2
1.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Hipótesis	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.1 Origen.....	3
2.1.2 Clasificación taxonómica.....	3
2.1.3 Producción nacional.....	3
2.1.4 Híbridos asiáticos.....	4
2.2 Características botánicas	4
2.3 Factores ambientales	5
2.3.1 La luz.....	5
2.3.2 La temperatura	5
2.3.3 Humedad relativa.....	6
2.3.4 Sustrato	6
2.3.5 pH.....	6
2.4. Ozono	6
2.4.1 ¿Qué es el ozono?.....	6
2.4.2 Clasificación del ozono	7
2.4.3 Agua Ozonificada.....	7
2.4.5 Comportamiento del ozono	8
2.4.6. Ventajas del agua con ozono	8

2.4.7 Desventajas de la aplicación de ozono en la solución nutritiva	8
2.5 Oxígeno	9
2.6 Oxigenación de la raíz.....	9
2.7 Rizosfera de la raíz	10
2.7.1 Métodos de aplicación de oxígeno en la rizosfera.....	10
2.8 Requerimiento de oxígeno en la solución nutritiva.....	11
2.9 Concentraciones del ozono	12
3. Solución nutritiva.....	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1 Localización de experimento	15
3.2 Material vegetal a utilizar.....	15
3.3 Descripción de los tratamientos.....	16
3.4 Procedimiento experimental	16
3.4.1 Establecimiento del cultivo.....	16
3.4.2 Riego	17
3.4.3 Aplicación de ozono.....	17
3.4.4 Nutrición del cultivo.....	17
3.4.5 Tutorio	19
3.5 Variables a evaluar.....	19
3.6 Diseño experimental.....	20
3.7 Análisis estadístico.....	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
V. CONCLUSIÓN.....	40
VI. LITERATURA CITADA.....	41
VII. APÉNDICE.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Comparación numérica de medias en la variable altura de la planta para los factores ozono (O_3) y solución nutritiva (SN) en el cultivo de lilis.	25
Figura 2. Comparación numérica de medias en la variable diámetro del tallo para los factores (O_3) y solución nutritiva (SN) en el cultivo de lilis.	26
Figura 3. Comparación numérica de medias en la variable número de hojas para los factores (O_3) y solución nutritiva (SN) en el cultivo de lilis.	27
Figura 4. Comparación numérica de medias en la variable longitud del botón floral para los factores (O_3) y solución nutritiva (SN) en el cultivo de lilis. ...	29
Figura 5. Comparación numérica de medias en la variable peso fresco de la flor para los factores (O_3) y solución nutritiva (SN) en el cultivo de lilis.	30
Figura 6. Comparación numérica de medias en la variable diámetro del bulbo para los factores (O_3) y solución nutritiva (SN) en el cultivo de lilis.	31
Figura 7. Comparación numérica de medias en la variable peso del bulbo para los factores ozono y solución nutritiva (O_3) y solución nutritiva (SN) en el cultivo de lilis.	33
Figura 8. Comparación numérica de medias en la variable peso fresco de la raíz adventicia para los factores (O_3) y solución nutritiva (SN) en el cultivo de lilis.	34
Figura 9. Comparación numérica de medias en la variable peso fresco de las raíces basales para los factores (O_3) y solución nutritiva (SN) en el cultivo de lilis.	35
Figura 10. Comparación numérica de medias en la variable peso seco de la raíz adventicia para los factores (O_3) y solución nutritiva (SN) en el cultivo de lilis.	36
Figura 11. Comparación numérica de medias en la variable peso seco de las raíces basales para los factores (O_3) y solución nutritiva (SN) en el cultivo de lilis.	37
Figura 12. Comparación numérica de medias en la variable vida en florero para los factores (O_3) y solución nutritiva (SN) en el cultivo de lilis.	38

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁG.
Cuadro 1. Materiales, insumos y equipos utilizados	15
Cuadro 2. Descripción de los tratamientos utilizados.....	16
Cuadro 3. Solución de steiner modificada, aportes del análisis de agua y la solución final aplicada.	18
Cuadro 4. Fertilizantes de macronutrientes utilizados para la solución nutritiva del cultivo de liliium.	18
Cuadro 5. Fertilizantes de micronutrientes utilizados para la solución nutritiva del cultivo de liliium.	19
Cuadro 6. Valores medios y significancia estadística en las variables altura de planta (APL), diámetro de tallo (DT) número de hojas (NH) en el cultivo de lilis.	28
Cuadro 7. Valores medios y significancia estadística en las variables diámetro de bulbo (DB), longitud del botón floral (LB) y peso fresco de la flor (PF) en el cultivo de lilis.	32
Cuadro 8. Valores medios y significancia estadística en las variables peso del bulbo (PB) peso fresco de la raíz adventicia (PFRA) peso fresco de la raíz del bulbo (PFRB) en el cultivo de lilis.	35
Cuadro 9. Valores medios y significancia estadística en las variables peso seco de la raíz del bulbo (PSRB) peso seco de la raíz adventicia (PSRA) y vida de florero (VF) en el cultivo de lilis.	39
Cuadro 10. A1. Prueba tukey (0.05) para el número de hojas en la interacción de entre el ozono y la concentración de solución nutritiva steiner.....	48
Cuadro 11. A2. Prueba tukey (0.05) para el diámetro del bulbo (mm) en la interacción de entre el ozono y la concentración de solución nutritiva steiner.	48

Cuadro 12. A3. Prueba tukey (0.05) para el peso fresco de las raíces basales (g) en la interacción de entre el ozono y la concentración de solución nutritiva steiner..... 49

Cuadro 13. A4. Prueba tukey (0.05) para el peso seco de las raíces baseles (g) en la interacción de entre el ozono y la concentración de solución nutritiva steiner..... 49

Cuadro 14. A5. Prueba tukey (0.05) para vida de florero (días) en la interacción de entre el ozono y la concentración de solución nutritiva steiner..... 49

RESUMEN

El cultivo de lilis (*Lilium* sp.) es la flor de bulbo más importantes del mundo, ocupa el 11° lugar en demanda y el 2° en plantas bulbosas en México por su gran gama de colores y por utilizarse como flor de corte, planta en maceta y en jardinería. Así mismo, la aplicación de ozono (O₃) en el agua de riego proporciona un mayor crecimiento de la planta por el aporte de oxígeno a la raíz y va libre de fitopatógenos. Por lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el comportamiento del cultivo de lilis a la aplicación de O₃ en dos soluciones nutritivas (SN). El experimento se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en Buenavista, Saltillo Coahuila, para ello, se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x2 donde el primer factor fue el ozono (Sin O₃ o Con O₃) y el segundo factor la SN (Steiner al 100% y Steiner al 75%). Las variables evaluadas fueron: Altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), número de hojas (NH), longitud de botones (LB), diámetro de botón (DB), diámetro del bulbo (DB), peso del bulbo (PB), peso fresco de la flor (PFF), peso fresco de la raíz adventicia (PFR), peso seco de la raíz adventicia (PSR), peso fresco de las raíces basales (PFRB), peso seco de las raíces basales (PSRB) y vida en florero (VF). Se obtuvo que la aplicación de O₃ en la solución nutritiva afectó significativamente las variables de PFRB y PSRB. La mejor concentración de SN para el cultivo de *lilium* fue la Steiner al 75%, ya que presentó los mejores resultados en la mayoría de las variables evaluadas. La interacción de los factores O₃ y SN afectaron positivamente las variables de NH, LB, PFF, PFRB y PFR y negativamente la variable de VF.

Palabras clave: Ornamentales, nutrición, cultivo sin suelo, hidroponía, sustratos.

I. INTRODUCCIÓN

El enorme potencial ornamental que tiene nuestro país no se ha sabido aprovechar en toda su magnitud, ya que presenta grandes retos para el sector florícola desde la producción de semillas, que no se producen en México, así como la caracterización del material vegetal (Gámez *et al.*, 2017).

El cultivo de lilis es uno de los géneros de bulbos de flor más importantes del mundo ocupa el décimo primer lugar en demanda y el segundo lugar en plantas bulbosas en México, lo anterior se debe a su gran diversidad de colores de las especies asiáticas como orientales y la disponibilidad de la flor durante todo el año mediante los sistemas intensivos de producción (García y Companioni, 2018).

A nivel internacional, Holanda produce cada año decenas de millones de bulbos de tamaño adecuado. Actualmente, posee el monopolio de la producción de bulbos de lilis para sus diferentes usos (flor cortada, planta en maceta o en jardinería). En México la superficie sembrada en particular al cultivo de lilis para el año 2022 fue de 280.60 ha para producción de corte, una producción de 883 261.93 Ton y un valor de 358 067.85 miles de pesos (SIAP, 2022).

Aunque México es un productor importante de lilis, su producción de bulbos para siembra es escasa o nula. Los productores se abastecen de bulbos importados, los cuales son mantenidos o almacenados en cadenas de frío hasta la siembra en campo. Esto favorece la aparición de enfermedades fungosas y bacterianas, lo cual a veces es un gran problema porque no son detectadas al momento de adquirirlas por el productor (García y Companioni, 2018).

Los fumigantes agrícolas son productos de amplio espectro de acción usados contra diversos fitopatógenos del suelo. No son selectivos, por lo que es necesario que su aplicación se realice previa al establecimiento del cultivo. El uso de ozono puede ser una alternativa, puesto que es un producto para el suelo, el agua o los productos agrícolas. Además, tienen un amplio espectro de acción, por lo que su aplicación puede servir para controlar hongos fitopatógenos, bacterias y nematodos, se puede aplicar sobre el cultivo ya establecido, con la ventaja de ser usado en el momento que sea necesario, contrastando con los productos fumigantes de acción más fuerte

ocasionando un efecto tóxico sobre las plantas, además que el ozono tiene la ventaja de no dejar residuos dado que es un producto de la propia naturaleza y no contamina (Villalobos *et al.*, 2016).

Al igual que el agua ozonizada provoca incrementos en el área foliar, la materia seca del brote y grosor del tallo, estimula el crecimiento, aumenta la productividad, incrementa el contenido de oxígeno disuelto en el agua, extiende la biodegradación de los macronutrientes vegetales y garantiza la calidad microbiana del agua (Graham *et al.*, 2011). Esto se debe a que el ozono favorece la oxigenación de las raíces, la mejor calidad del producto y previene las enfermedades de la planta (2004). Por el cual el presente trabajo tiene como objetivo.

1.1. Objetivo general

Evaluar el comportamiento de lilis (*Lilium* sp.) a la aplicación de ozono en dos Soluciones Nutritivas.

1.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la aplicación de O₃ en el cultivo de lilis.
- Determinar la mejor solución nutritiva para el cultivo de lilis.
- Evaluar el efecto combinado de dos soluciones nutritivas y O₃ en el medio de cultivo de lilis.

1.3. Hipótesis

La aplicación de soluciones nutritivas con O₃ favorecerá el cultivo sin suelo de lilis.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes del cultivo

2.1.1 Origen

El género *Lilium* comprende unas 100 especies distribuidas por las regiones templadas del hemisferio boreal; una docena de ellas son nativas de Europa y dos de América del Norte, mientras que 50-60 especies se encuentra en Asia. Con el paso de los años se le han atribuido diferentes usos y creencias entre los que se encuentran las medicinales, en las artes, en la religión y la cultura, ya que han sido populares a través de por lo menos 35 siglos entre las diferentes civilizaciones en el mundo (Bird, 1991).

2.1.2 Clasificación taxonómica

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Liliopsida
Orden: Liliales
Familia: Liliaceae
Género: *Lilium*

2.1.3 Producción nacional

En México la superficie sembrada en particular al cultivo de *Lilium* para el año 2022 fue de 280.60 ha para producción de corte, una producción de 883, 261.93 Ton y un valor de 358 067.85 miles de pesos (SIAP, 2022). La mayor producción se encuentra en el Estado de México donde el municipio de Villa Guerrero constituye el principal productor con 173.46 ha, una producción de 547 766.28 Ton y un valor en miles de pesos de 212, 388.57. En segundo lugar, Coatepec Harinas con 41.43 ha, una producción de 128,187.47 Ton y un valor en miles de pesos de 49, 544.71.

Mientras el municipio de Rafael Delgado con 34 ha, una producción de 106, 828 Ton y 43, 799.48 (SIAP, 2022).

2.1.4 Híbridos asiáticos

Tienen un ciclo de cultivo corto de 90 – 100 días. Pueden llegar a medir de 100 a 135 cm de altura, los calibres de bulbo pueden ser desde 9/10, 10/12, 12/14, 14/16 y 16/18 cm, el número de botones florales van desde 3 a 10 flores, estas flores son más pequeña que las orientales, pero tienen más botones florales, su orientación de la flor es vertical y no colgante, el tallo va a depender de la variedad (flojo, fuerte o vigoroso) los botones florales son de tamaño mediano, al igual que las hojas las cuales son de un verde oscuro, los colores de los pétalos van a depender de las variedades, pero van desde blanco, rosa, rojo, naranja, amarillo al igual que combinaciones de estos excepto el color azul (Vázquez, 2014).

2.2 Características botánicas

El sistema radical es abundante se divide en basales y adventicias, las primeras emergen por debajo de la placa basal del bulbo, son carnosas del color marrones su grosor va de los dos a tres mm y su longitud puede ser de 12 a 15 cm. Mientras las raíces adventicias salen del tallo en posición superior del bulbo, con un diámetro de un mm y su longitud puede ser de 1 a 3 cm de largo, teniendo las funciones de captación de agua y nutrientes (Bañon *et al.* 1993).

El bulbo es escamoso, formado por hojas modificadas que se agrupan en un disco basal, estas hojas son de color blanco y de forma triangular la función de estas son las de almacenar nutrientes y agua, el bulbo produce un solo vástago no ramificado. Estos se clasifican según su perímetro el mínimo es de 10 cm (Calderón, 2012).

El tallo floral o vástago sale sobre la placa basal dentro del bulbo, es recto simple y cilíndrico, con grosores entre 1 a 2 cm de diámetro. Las hojas son lanceoladas u ovalo-lanceoladas, teniendo dimensiones que van desde 10 a 15 cm de largo y ancho que van desde 1 a 3 cm, según la variedad. Algunas variedades sus hojas son verticilada, sésiles o poco pecioladas, el color comúnmente es verde oscuro (Bañon *et al.*, 1993).

Las flores se ubican en el extremo apical del tallo, teniendo una gran variedad de colores sea uno solo o combinados dependiendo de la variedad. La corola lo forman 3 pétalos y al cáliz 3 sépalos, mirándose en forma general como si tuviese 6 pétalos. Los sépalos son los más estrechos y son los que se encuentran visibles cuando la flor aún no abre y toma el mismo color que los pétalos. Sus órganos sexuales están compuestos por 6 estambres con antenas grandes de color variable, su ovario supero trilobular seguido de un largo estilo que termina en un estigma trilobulado. Siendo las flores lo más llamativo de las lilis (Bañon *et al.* 1993).

2.3 Factores ambientales

2.3.1 La luz

La luz es un factor determinante para la producción de lilis, ya que la falta de luz puede causar un porcentaje alto de botones florales secos o deformes, por el contrario, si este se excede de luz ocasiona tallos florales demasiados cortos y hacer palidecer los colores. Se requiere por lo menos de 6 a 8 horas luz para que la vara floral tenga buena calidad (Chachin, 2006). El momento en que mayor se necesita de la luminosidad es cuando se empiezan a formar los botones florales. Si esta no está presente puede ocasionar la perdida de la floración y en lilis de tipo asiático requiere una intensidad de luz mayor (mayor de 2500 pb) bajo invernadero (Miller, 1998).

2.3.2 La temperatura

Las temperaturas son importantes dado que un mal manejo de ellas puede provocar un mayor porcentaje de tallos sin botones, las lilis tienen una temperatura crítica de - 2°C con la cual llega a morir, se requiere de una temperatura diurna de 18 - 24°C y una temperatura nocturna de 13-15 °C. teniendo en cuenta que la temperatura del suelo no suba mucho, la óptima sería la de 15° C y la mínima a de 10° C, ya que a altas temperaturas en el suelo o sustrato pueden llevar a deformaciones de las flores, tallos cortos y quemaduras en las puntas de las hojas, aparte de aumentar los ataques de hongos aunque debemos considerar que la temperatura varía dependiendo los estados fisiológicos (Calderón, 2012).

2.3.3 Humedad relativa

El cultivo de lilis necesita una humedad relativa de 80 a 85%, si llega a subir la humedad relativa puede ocasionar la aparición de enfermedades, al igual que manteniendo el porcentaje adecuado podemos evitar estrés y quemaduras de las hojas en especial con los híbridos asiáticos (Rojas, 2000).

2.3.4 Sustrato

Para que se pueda cosechar lilis en contenedor se necesita un sustrato que sea liviano o suelto, que deje pasar el exceso de agua y a la vez debe ser un buen retenedor de humedad, se debe asegurar en el sustrato un pH de 6 y 7 dado que las lilis son sensibles al exceso de sales. La conductividad eléctrica del sustrato no debe ser más de 2 mmhos·cm (Rojas, 2000).

2.3.5 pH

Se necesita un pH adecuado para la producción de lilis, ya que garantiza el desarrollo de las raíces de las plantas de *Lilium*, al igual la asimilación correcta de nutrientes. Un pH demasiado bajo causa una asimilación en exceso, de Mn, Al, Fe, mientras que un pH demasiado alto causa una asimilación en exceso de P, Mg, entre otros. Se recomienda un pH entre 6 y 7 para los híbridos asiáticos (Soriano, 2004).

2.4. Ozono

2.4.1 ¿Qué es el ozono?

El ozono (O_3) es un gas que está formado por una molécula triatómica está conformada por 3 átomos de oxígeno, formada al disociarse los dos átomos que componen el gas oxígeno. Cada átomo de oxígeno, liberado se une a otra molécula de oxígeno (O_2), formando moléculas de ozono (O_3). Este es un compuesto mucho más reactivo que el oxígeno atmosférico o diatómico (O_2) debido a su poder oxidante que reacciona fácilmente con otros compuestos (Imarca, 2014).

Es un gas con densidad 1.5 veces mayor que la del oxígeno y 1.7 veces más pesado que el aire. Es el oxidante más potente después del flúor. A temperatura y presión ambiente es un gas inestable que se descompone rápidamente regenerando la

molécula de oxígeno (O_2) a partir de la cual se formó, este no se puede almacenar o envasar, por lo que se le debe generar en el mismo lugar donde se utilizara y emplearlo inmediatamente. El ozono es solo parcialmente soluble en agua, pero cerca de 10-20 veces más que el oxígeno. Su solubilidad en el agua es un fenómeno complejo que está gobernado por la ley de Henry (Cabildo, 2013).

El ozono tiene un poder oxigenante mayor que el del oxígeno normal, por ello mejora el proceso respiratorio a nivel celular. Es también conocida la acción germicida directa del ozono sobre todo tipo de microorganismos, tanto como hongos como bacterias y virus (Hidritec, 2016).

2.4.2 Clasificación del ozono

El ozono es un componente natural de la atmosfera, el cual se clasifica en dos según su origen: el ozono estratosférico cuando este está en la atmosfera a 11 a 48 km de latitud y el ozono troposférico cuando se encuentra en la parte inferior de la atmosfera.

La existencia de ozono en la estratosfera fue propuesta en 1880, pero tomo relevancia en 1913, es de este concepto que se deriva la capa de ozono, el mismo que se considera un gas de tipo invernadero. El ozono se forma por la interacción del oxígeno con descargas eléctricas, en la estratosfera se forma por acción de la radiación ultravioleta de origen solar la cual a su vez interactúan con otros compuestos químicos que actúan de forma catalítica para la formación del ozono (Cisneros, 2014 y Costa, 2015).

El ozono troposférico que se encuentra cerca de la superficie terrestre, este es perjudicial, tanto para la salud humana como para el medio ambiente, el ozono troposférico es uno de los componentes del smog y es un contaminante que se le considera sin umbral debido a que así sea en pocas cantidades puede generar efectos nocivos para los seres vivos (Cano *al et*, 2016).

2.4.3 Agua Ozonificada

El agua ozonificada consiste en purificar el agua haciendo diluciones de ozono sobre el agua. Destaca sobre todo por ser un buen antimicrobiano para poder

obtener el agua ozonificada primero debemos obtener ozono haciendo pasar aire seco u oxígeno a través de un campo eléctrico de alto voltaje, después el ozono se concentra en el aire, se dosifica directamente a través de un difusor o filtro poroso en el fondo del depósito de agua, en contacto con deflectores para obtener agua ozonizada (Valdivieso, 2022).

2.4.5 Comportamiento del ozono

Esta es la forma más activa del oxígeno, convirtiendo el agua en un desinfectante natural que elimina de forma fácil y eficaz a los virus y microorganismos, este no deja ningún tipo de residuo químico dado su naturaleza (Ecuticias, 2015). Este átomo reacciona con la membrana celular de las bacterias o virus, atacando los componentes celulares e interrumpiendo la actividad celular normal, lo que destruye rápidamente dichos microorganismos (Vitalmor, 2018).

2.4.6. Ventajas del agua con ozono

Las ventajas que nos ofrece el agua con ozono es que tenemos menos enfermedades, ya que la mayoría de las plantas se produce por contagios, el ozono destruye todos los microorganismos tanto por acción directa del agua, como por la cantidad de oxígeno que desprende. Esta a su vez nos da una cosecha más voluminosa por ende un cultivo más productivo esto en menor cantidad de días, este nos ayuda en un ahorro en cantidades de agua de riego, en fertilizantes u otros aditivos (Galindo, 2006).

Nos ofrece un mayor crecimiento dado que el agua con ozono aporta mayor oxígeno a la raíz, y esta va completamente libre de Fitopatógenos le da a la planta mejores condiciones posibles para lograr un crecimiento más rápido de lo habitual. No solo mejorará el aspecto de la planta (hojas, tallos, raíces y fuerza) sino también los frutos, están en menor tiempo maduros, estos presentaran un tamaño uniforme, compacto, fuerte y mayor tamaño, con todo lo anterior dicho la producción aumentara con el mismo esfuerzo (Galindo, 2006).

2.4.7 Desventajas de la aplicación de ozono en la solución nutritiva

Uno de los problemas de la aplicación de ozono a la solución nutritiva es que puede causar precipitados de quelatos de hierro y se requiere un pH ácido, en caso del

hierro, el contenido en Fe- DTPA puede llegar a disminuir un 34% a un pH de 4 tras una hora de tratamiento con Ozono. Esto puede variar en función del quelato empleado (Runia, 1994). Este inconveniente se produce con mayor intensidad cuando se exceden las dosis adecuadas perdiendo, además, eficiencia en el tratamiento (Khosla, 2003).

Con el manganeso pueden aparecer precipitados en la solución nutritiva, que puede llegar a ser del orden del 20 al 50 % (Montserrat, 2000)

2.5 Oxígeno

El oxígeno en el medio de crecimiento determina la orientación radicular y el estado metabólico de la raíz (Portefield y Musgrave, 1998). Las plantas que son cultivadas en hidroponía necesitan oxígeno molecular (oxígeno disuelto) en el agua para que estas puedan prosperar y dar mejores rendimientos, los sistemas de raíces de las plantas usan el oxígeno para realizar la respiración aeróbica puesto que este es el aceptador final de electrones, en un sistema hidropónico, la mayor parte de oxígeno se usa en la absorción de las raíces se encuentra en la solución nutritiva. Si las plantas no cuentan con oxígeno disponible se vuelven menos permeables, absorben menos agua y ya no pueden absorber los nutrientes adecuados (Reagan, 2016).

Esto hace que se empiezan a acumular toxinas, si dejamos las plantas sin oxígeno por mucho tiempo las plantas llegan a morir de hambre por falta de nutrición. Las raíces empiezan a morir y por ende el crecimiento se atrofia ocasionando que los patógenos pueden entrar más fácilmente y hacen que la planta muere. Por último, tener una alta salinidad en nuestras plantas puede hacer que el oxígeno no sea soluble, al igual que si en nuestro cultivo hay bacterias van a reducir la cantidad de oxígeno disponible para las raíces de las plantas (Reagan, 2016).

2.6 Oxigenación de la raíz

El oxígeno en la raíz es de suma importancia para el crecimiento óptimo de las plantas, ya que se necesitan de diferentes procesos metabólicos prioritarios como: el metabolismo de carbohidratos, la reducción de nitratos, la fijación simbiótica de nitrógeno, la renovación de proteínas, el mantenimiento del gradiente de protones y

la absorción de nutrientes por las raíces (Makita *et al.*, 2015). Esto trae el crecimiento radical y el vástago, lo que repercute en el desarrollo general de la planta (Eckhard *et al.*, 2013).

Utilizando agua ozonizada, las raíces absorberán un agua con mayores índices de oxígeno, con esto obtendremos mayor vigor en toda la estructura ayudará a enraizar y a desarrollarse más rápido. La alta calidad del agua ozonizada diluirá mejor los nutrientes solubles que luego las raíces absorberán, permitiendo a su vez reducir el consumo del agua y economizando el uso (Hidritec, 2016).

2.7 Rizosfera de la raíz

La rizosfera, considerada el ecosistema terrestre más grande, es la parte del suelo próxima a las raíces de la planta, que se extiende entre 1 y 3 mm desde la superficie de las raíces al interior del suelo (Márquez, 2021).

En esta zona existen frecuentes deficiencias de oxígeno debido a las altas tasas de respiración radical, ya sea por temperaturas elevadas, por deficiencia de aireación del medio de cultivo o por un manejo inadecuado del riego (Carazo *et al.*, 2015).

La respiración de las raíces depende de diversos factores como la temperatura, salinidad, metales pesados, estrés hídrico entre otros, pero el factor limitante es la disponibilidad de (O_2) ya sea en suelo como en sustratos (Faquerstedt *et al.*, 2013).

Cuando no se detecta oxígeno en la zona radicular, se dice que existe “anoxia” o condiciones “anaeróbicas”, aunque generalmente se usa el término “hipoxia”. Si la rizosfera no cuenta con el suficiente oxígeno las plantas empiezan a manifestar disminución de agua, marchitamiento y conductancia estomática reducida, crecimiento lento y disminución del rendimiento, o incluso la muerte de la planta (Maestre y Martínez, 2010).

2.7.1 Métodos de aplicación de oxígeno en la rizosfera

Actualmente se existen varios métodos para suministrar el O_2 a las raíces de los cultivos como la labranza en el suelo, la oxifertirrigación, inyección de aire presurizado, en el sistema de riego por goteo o gas oxígeno a la solución nutritiva, peróxido de hidrógeno (H_2O_2), peróxido de potasio (K_2O_2), peróxido de calcio (CaO_2)

o bien la aplicación de ozono (O_3) al agua de riego, estos compuestos se consideran como fertilizantes de oxígeno (Robledo *et al.*, 2020).

La mayoría de los métodos buscan mantener las concentraciones de oxígeno disuelto arriba de $3-4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, para evitar una disminución en el crecimiento radical y un pardeamiento de las raíces. Aunque en la práctica, la oxigenación del suelo o sustrato es compleja puesto que hay otros factores que afectan la demanda de O_2 y provoca su deficiencia (Urrestarazu *et al.*, 2006).

2.8 Requerimiento de oxígeno en la solución nutritiva

El requerimiento de oxígeno por la planta se conoce desde 1968, sin embargo, fue hasta el desarrollo de sistemas hidropónicos (NFT) que se hicieron observaciones detalladas sobre el efecto del oxígeno disuelto en la solución, la cual aporta a las plantas nutrientes y el agua (Clements, 1921).

La falta de oxígeno reduce la absorción de agua y minerales por parte de la planta, teniendo efectos negativos en el crecimiento aéreo y radicular por ende en el rendimiento final. Las raíces saludables, con buen suministro de oxígeno son capaces de absorber más selectivamente los iones de la solución, esto porque la energía metabólica es requerida para el proceso es obtenida a través de la respiración radicular (Tesi *et al.*, 2003).

El calcio a diferencia de los otros nutrientes, es absorbido por los ápices radiculares no suberizados. El ápice radicular tiene una gran demanda de energía para la producción y crecimiento celular y por lo tanto es vulnerable a la carencia de oxígeno (Fernández, 2013).

En los cultivos hidropónicos, las plantas pueden sufrir problemas de hipoxia, ya que las raíces consumen gradualmente el oxígeno disuelto en la solución nutritiva. La temperatura es el principal factor que afecta la cantidad de oxígeno disuelto, por lo que los principales problemas suelen aparecer cuando las temperaturas están altas, a su vez se ve un incremento de la respiración de las raíces (Morad y Silvestre, 1996).

2.9 Concentraciones del ozono

Algunos trabajos reportan que lograron disminuir cuatro veces la población de *Fusarium oxysporum* utilizando agua ozonizada en condiciones sin suelo empleando 1 ppm de ozono (Nicoue *et al.*, 2004). Otros estudios in vitro muestran que a concentraciones de ozono de 0.05 y 0.01 ppm después de 36 horas, el conteo de *Rhizopus Stolonifer* y *Botrytis cinera* disminuyeron en 99 % y 98 %.

Otros trabajos señalan la reducción en escala logarítmica de 3.8 veces el conteo de levaduras y la completa inhibición de hongos del género *Aspergillus* y *Penicillium* en granos de arroz tratados con ozono a una concentración de 5 mg·L⁻¹ y un flujo de 13.97 min (Santos *et al.* 2014).

Bataller *et al.* (2020) realizó un estudio con dosis de ozono de 20 mg kg⁻¹·h⁻¹ durante 45 min en conservación de las semillas de papa, logrando una mejor conservación de la semilla de papa, además un control sobre la producción blanda de la papa causada por *Erwinia* sp.

Empleando dosis de 10 g de ozono durante 1 hora son suficientes para conseguir la completa desinfección de 1 m³ de agua de riego (Runia, 1994). Otros autores señalan que un tiempo medio de 80 minutos de exposición es suficiente empleando una dosis de inyección de 6 g·h⁻¹·m³ (Montserrat, 2000).

(Pallares *et al.*, 2006). Mencionan que con un equipo de capacidad de 4 g·h⁻¹ y trabajando con volúmenes de agua de 150 L se consigue llegar a la máxima concentración de ozono entre 15 y 20 minutos. Si la capacidad del equipo es superior, 6-10 g·h⁻¹ puede llegarse a la desinfección completa de un m³ de agua en 80 o 60 minutos respectivamente.

2.10 Sustrato Peat moss y el oxígeno

EL peat moss es un fango, del género de entre 150-350 de especies de musgos comúnmente llamados musgos de turbera (en países anglosajones: peat moss). Los miembros de este género pueden retener grandes cantidades de agua dentro de

sus células. Algunas especies pueden retener más de 20 veces su peso seco en agua.

Las propiedades físicas de algún sustrato son obtenidas a través de una caracterización física, para realizar eso se utiliza a la granulometría como herramienta, es decir se analiza el tamaño de las partículas que componen al sustrato y sus distribuciones, y los espacios que se forman entre las estas partículas, lo cual lo confiere de la capacidad de oxigenación y retención de agua. También se analizan las características superficiales de los componentes más pequeños del sustrato, estas características ayudan a decidir por sustratos que tengan una mejor, moderada y baja retención de agua, buen drenaje, sin problemas oxigenación, y que ayude al correcto desarrollo radicular de los cultivos.

La relación C/N se usa tradicionalmente como un índice del origen de la materia orgánica, de su madurez y estabilidad. Los daños que aparecen sobre las plantas cultivadas en materiales orgánicos inmaduros, son debidos tanto a una inmovilización de nitrógeno como a una baja disponibilidad de oxígeno en la rizosfera. Esta situación está provocada por la actividad de los microorganismos, que descomponen los materiales orgánicos frescos y utilizan el nitrógeno para la síntesis de sus proteínas celulares; el oxígeno es consumido también por la población microbiana. Una relación C/N inferior a 20 es considerada como óptima para el cultivo en sustrato, y es un índice de un material orgánico maduro y estable. (Terés, 2001).

3. Solución nutritiva

Una solución nutritiva es una mezcla de elementos nutritivos en solución, a una concentración y relaciones elementales, de tal forma que favorecen la absorción nutrimental por el cultivo.

Los estudios de la fisiología vegetal determinaron que ciertos elementos esenciales afectan el desarrollo de la planta, partiendo de esto se inició la mezcla de compuestos los cuales fueron evaluados hasta llegar a una solución, que hasta hoy se siguen modificando para diferentes cultivos por la variabilidad tanto genética como el medio ambiente. Las soluciones nutritivas contienen los elementos

esenciales que le permitan sobrevivir a la planta como lo son los macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) que son los más demandados para su desarrollo, y los micronutrientes (Cl, B, Fe, Mn, Zn y Mo) que son elementos que requieren menor proporción (Cajo, 2016).

En 1961 Steiner propuso el concepto de la solución nutritiva universal, indicando que las plantas podían crecer bien, siguiendo los porcentajes equivalentes de aniones (NO_3^- de 50 a 70 %, H_2PO_4^- de 3 a 20 % y $\text{SO}_4^{=}$ de 25 a 40 %). Para el caso de los cationes dichos porcentajes equivalentes en ($\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$) fueron (K^+ de 30 a 40%, Ca^{++} de 35 a 55% y Mg^{++} de 15 a 30%). Tanto que, en 1980 Steiner, sugirió que existe una mínima concentración para cada uno de los 3 cationes y 3 aniones, por debajo de la cual la planta no se abastece correctamente de los nutrientes y por otro lado una concentración máxima por encima de la cual la planta realiza un consumo de lujo de los nutrientes (Castellanos, 2009).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización de experimento

La presente investigación se realizó en el invernadero número uno del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en Buenavista, Saltillo Coahuila con coordenadas geográficas 25°21'19" latitud norte y a 101°02'04" longitud oeste, a una altitud de 1767 msnm. (Figura 1).



Figura 1. Vista satelital de la ubicación del invernadero, (Google Earth,2023).

3.2 Material vegetal a utilizar

Se emplearon bulbos de lilis asiático de la variedad “*Tresor*” con un calibre de 16:18, adquiridos de la empresa FLORES DE BULBOS IMP. SA DE CV (Figura 2).



Varietal: Tresor

Calibre: 16/18

Numero de botones: 5-8

Longitud: 100 – 110 cm

Duración del cultivo: 80-90 Días

Color: Naranja

Figura 2. Descripción de la variedad Tresor.

Cuadro 1. Materiales, insumos y equipos utilizados.

Materiales de campo	Fertilizantes	Insumos	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> • Invernadero • Pala • Rastrillo • Tijeras de podas • Cinta métrica • 12 cajas de plástico • Floreros • Libreta de campo 	<ul style="list-style-type: none"> • Ac. Fosfórico • Ac. Nítrico • Nitrato de potasio • Nitrato de calcio • Sulfato de magnesio • Sulfato de potasio • Sulfato de manganeso • Sulfato de Zinc • Sulfato de cobre • Ácido bórico • Molibdato de amonio • Quelato de fierro EDDHA 	<ul style="list-style-type: none"> • Peat-moss • Perlita • Vermiculita 	<ul style="list-style-type: none"> • Ozonificador de la marca "AMERICA wáter treatment" • Peachimetro • Vernier • Báscula analítica • Estufa de secado

3.3 Descripción de los tratamientos

Se realizaron cuatro tratamientos cada uno formado por el tipo de agua (potable u ozonizada) y por la concentración de la solución nutritiva Steiner (75% o 100%).

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos utilizados.

Tratamiento	Ozono (O₃)	Solución nutritiva (% de sales Steiner)
1	Sin O ₃	100
2	Sin O ₃	75
3	Con O ₃	100
4	Con O ₃	75

3.4 Procedimiento experimental

3.4.1 Establecimiento del cultivo

La plantación de bulbos se realizó el día 02 de septiembre del 2022, utilizando como sustrato peat moss, perlita y vermiculita en una proporción 7:2:1 v/v el cual se depositó en una mezcla en los contenedores con capacidad de 40 litros, luego se

colocó 8 bulbos por contenedor (Fotografía 2). Se establecieron 24 plantas por tratamiento, las cuales fueron consideradas como repeticiones de los tratamientos.

3.4.2 Riego

El riego se realizó con la solución nutritiva Steiner con o sin O₃. La cantidad de solución y la frecuencia de aplicación varió dependiendo la etapa fenológica en que se encontró el cultivo y se realizó manualmente (Fotografía 6).

3.4.3 Aplicación de ozono

El ozono se aplicó con un generador de ozono, para ello la esfera porosa del equipo se sumergió por un periodo de 20 minutos en la solución nutritiva (Fotografía 7).

3.4.4 Nutrición del cultivo

La nutrición del cultivo se realizó con la solución Steiner modificada la cual fue elaborada en función de un análisis de agua efectuado previamente y luego se aplicaron los fertilizantes necesarios para completar la fórmula al 100% o 75% dependiendo del tratamiento (Cuadros 3, 4 y 5).

Cuadro 3. Solución de Steiner modificada, aportes del análisis de agua y la solución final aplicada.

Sales macronutrientes	Solución ideal (me·L ⁻¹)	Aporte del agua de riego	Solución nutritiva Steiner final al 100%	Solución nutritiva Steiner final al 75%
NO ₃ ⁻	12	0.46	11.54	8.54
H ₂ PO ₄ ⁻	1.5	0.01	1.49	1.115
SO ₄ ⁼	6.23	2.11	4.12	3.09
HCO ₃ ⁻	1	4.32	-3.32	-3.82
Cl	0	1.96	1.96	1.95
NH ₄ ⁺	0.521	0.2136	0.5688	0.19
K ⁺	7	0.07	6.93	5.18
Ca ⁺⁺	9	4.16	4.84	2.59
Mg ⁺⁺	4	1.88	2.12	1.12
Na	0	2.87	0	0
Sales micronutrientes	Solución ideal (ppm·L ⁻¹)	Aporte del agua de riego	Solución final al 100%	Solución final al 75%
Fe	1.33	0.004	1.326	0.9935
Mn	0.8	0.009	0.791	0.591
Zn	0.3	0.011	0.289	0.214
B	0.4	0.23	0.17	0.07
Cu	0.06	0.013	0.047	0.035
Mo	0.06	0.01	0.05	0.035

Para aplicar los macronutrientes a la solución nutritiva se utilizaron los siguientes fertilizantes:

Cuadro 4. Fertilizantes de Macronutrientes utilizados para la solución nutritiva del cultivo de liliun.

FERTILIZANTES	ml o g/100 L
Ácido Fosfórico	10.41
Ácido Nítrico	12.71
Nitrato De Potasio	49.79
Nitrato De Calcio	48.40
Sulfato De Magnesio	26.10
Sulfato De Potasio	17.44

Para aplicar los micronutrientes a la solución nutritiva se elaboró una solución madre y para ello se utilizaron los siguientes fertilizantes:

Cuadro 5. Fertilizantes de Micronutrientes utilizados para la solución nutritiva del cultivo de *lilium*.

FERTILIZANTES	g:1000 L
Sulfato De Manganeso	0.860
Sulfato De Zinc	1.257
Sulfato De Cobre	0.188
Ácido Bórico	1.000
Molibdato De Amonio	0.086
Quelato De Fierro EDDHA	22.100

3.4.5 Tutorio

El tutorio se realizó en la semana número 5, utilizando 16 varillas como columnas verticales al final de las cajas y rafia haciendo una red para que estas brindaran un soporte a la planta evitando él quiebre o deformación de tallos (Fotografía 8).

3.5 Variables a evaluar

- **Altura de planta (AP).** Se determinó en cm con una cinta métrica al inicio de la floración desde la base del tallo hasta el punto donde ramifica la flor, cuidando que fuera lo más pegado al tallo (fotografía 14).
- **Diámetro de tallo (DT).** Se obtuvo en mm con un vernier a la altura de 2 cm sobre el nivel del sustrato al inicio de la floración (fotografía 15).
- **Número de hojas (NH).** Se realizó el conteo del total de las hojas por cada planta de los tratamientos (fotografía 16).
- **Longitud de botones (LB).** Se midió con el vernier cuando el botón estaba a punto de cosecha con presencia de color, desde la base del botón hasta la parte apical del mismo (fotografía 17).
- **Diámetro del bulbo (DB).** Se midió en mm con un vernier a la mita del bulbo tomando en cuenta los cuatro puntos cardinales (diámetro ecuatorial) tomando diez repeticiones por tratamiento (fotografía 19).
- **Peso del bulbo (PB).** Se obtuvo el peso del bulbo en gramos con una balanza analítica una vez que fue lavado y se parado de las raíces (fotografía 20).

- **Peso fresco de la flor (PFF).** Se obtuvo el peso fresco de la flor en gramos con una balanza analítica una vez que se cortó a una longitud de 70 cm después de la cosecha y antes de colocarla en los floreros (fotografía 18).
- **Peso fresco de la raíz adventicia (PFR).** Esta variable se obtuvo al término del experimento utilizando 10 repeticiones de cada tratamiento, para ello se lavaron perfectamente las raíces con agua para dejarlas libres de sustrato y se prosiguió a dividir las raíces en dos partes, la parte adventicia y la parte inferior del bulbo, de cada parte se obtuvo y registro el peso fresco en gramos (fotografía 22).
- **Peso seco de la raíz adventicia (PSR).** En esta variable después de obtener el peso fresco se introdujeron en bolsas de papel y colocadas en una estufa de secado por 3 días a 60° C. Después de retirarlas de la estufa se obtuvo el peso seco con la ayuda de una balanza analítica (fotografía 24).
- **Peso fresco de las raíces basales (PFRB).** Esta variable se tomó al término del experimento utilizando 10 repeticiones de cada tratamiento, se lavaron perfectamente las raíces con agua para dejarlas libres de sustrato y se prosiguió a dividir las raíces en dos partes la parte adventicia y la parte inferior del bulbo, en cada parte fue tomado y registrado el peso fresco en gramos (fotografía 21).
- **Peso seco de las raíces basales (PSRB).** En esta variable después de obtener su peso fresco fueron introducidas en bolsas de papel y colocadas en la estufa de secado por 3 días a 60° C. Después de retirarlas de la estufa se obtuvo el peso seco con la ayuda de una balanza analítica (fotografía 22).
- **Vida en florero (VF).** Para obtener esta variable se contó el número de días de vida útil de la flor después de cosecha, para ello las flores serán colocadas en agua en floreros con agua potable y sin ningún preservador (fotografía 28).

3.6 Diseño experimental

El diseño del experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con 4 tratamientos, donde cada tratamiento estuvo conformado por 32 repeticiones.

3.7 Análisis estadístico

Con los datos obtenidos se obtuvo un ANOVA ($P \leq 0.05$ y 0.01) y la comparación de medias con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$, 0.01) en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2×2 donde el primer factor fue el ozono (sin O_3 o con O_3) en la solución nutritiva (SN) y el segundo factor la SN a una concentración del 100% o 75% de las sales Steiner.



Fotografía 1 siembra



Fotografía 2. Establecimiento del cultivo



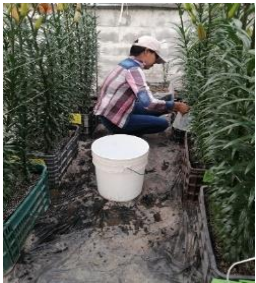
Fotografía 3. 8 Días Después de la Siembra



Fotografía 4. 16 Días después de la siembra



Fotografía 5. 24 Días después de la siembra



Fotografía 6. Aplicación de riego manual



Fotografía 7. Ozonificación de la solución nutritiva



Fotografía 8. 34 Días después de la siembra y tutoreo



Fotografía 9. 44 Días después de la siembra



Fotografía 10. 50 Días después de la siembra



Fotografía 11. 60 Días después de la siembra



Fotografía 12. 70 Días después de la siembra



Fotografía 13. 77 Días después de la siembra



Fotografía 14. Toma de altura de la planta



Fotografía 15. Toma del diámetro del tallo



Fotografía 16. Conteo del número de hojas



Fotografía 17. Medición de la longitud del botón



Fotografía 18. Toma del peso fresco de la flor



Fotografía 19. Medición del diámetro del bulbo



Fotografía 20. Toma del peso del bulbo fresco



Fotografía 21. Peso fresco de la raíz bulbosa



Fotografía 22. Peso fresco de la raíz adventicia



Fotografía 23. Peso seco de la raíz bulbosa



Fotografía 24. Peso fresco de la raíz adventicia



Fotografía 25. Cosecha de lilis



Fotografía 26. Etiquetación de los tallos florales



Fotografía 27. Colocación de los tallos en floreros



Fotografía 28. Vida en florero



Fotografía 29. Tallos florales abiertos de lilis



Fotografía 30. Tallo floral de lilis

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Altura de la planta (AP)

La AP es una variable importante dado que las normas de calidad para la comercialización de esta flor de corte, se basan en la longitud de tallos, un ejemplo es Coxflor® (empresa proveedora de bulbos para producción de flores) quien marca una clasificación de calidad para la comercialización de lilis variedad Tesor siguiente:

- Categoría plus altura 90-110 cm
- Exportación altura 70-80 cm
- Mediana 1-2 botones por tallo, altura 70 cm.

Al analizar los datos no se encontró diferencia estadística en el análisis de varianza ($P \leq 0.05$), ni con la comparación de medias en la evaluación realizada antes de la cosecha, como se muestra en el Cuadro 6. Los valores de altura oscilaron entre 99 a 104 cm luego entonces los cuatro tratamientos podrían servir para la exportación. Un comportamiento ligeramente diferente numéricamente presentó el T4 donde se aplicó ozono a la SN al 75% de las sales Steiner (Figura 1).

Carazo (2015) menciona que la oxifertirrigación (que consiste en la saturación de oxígeno en la solución nutritiva) mejora la calidad del cultivo de rosa para flor cortada ya que aumenta significativamente la longitud de la vara floral. Con base a la anterior podemos decir que los tratamientos con mayor altura del tallo fueron los que recibieron aplicaciones de O_3 en la SN, aunque estos no fueron significativos.

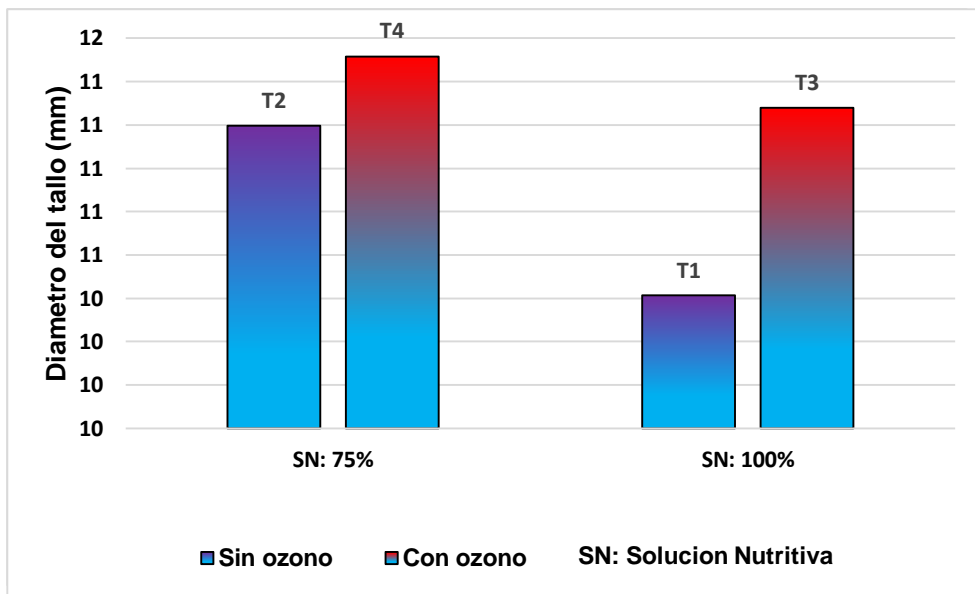


Figura 1. Comparación numérica de medias en la variable altura de la planta para los factores ozono (O₃) y solución nutritiva (SN) en el cultivo de lilis.

4.2 Diámetro de tallo (DT)

El DT es un parámetro de gran importancia, ya que además de contener los conductos que canalizan el transporte de agua y nutrientes a los diferentes órganos de la planta también influye en la firmeza del tallo (Lagunés *et al*, 2021).

Al analizar los datos no se encontró diferencia estadística en el análisis de varianza ($P \leq 0.05$), ni con la comparación de medias en la evaluación realizada antes de la cosecha, tampoco se observaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) como se muestra en el Cuadro 6. Los valores de diámetro de tallo oscilaron entre 11 a 11.6 mm, siendo el T4 el que presentó mayor diámetro con 11.52 mm, aunque este no fuera significativo (Figura 2).

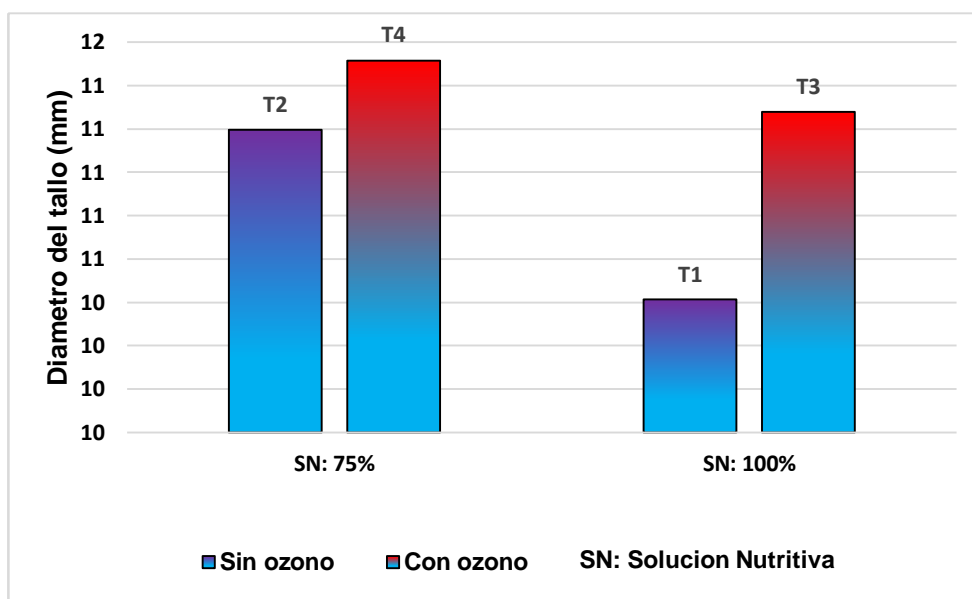


Figura 2. Comparación numérica de medias en la variable diámetro del tallo para los factores (O_3) y solución nutritiva (SN) en el cultivo de lilis.

Vázquez *et al*, (2015) reportó que la presencia de ozono no afecta negativamente el crecimiento transversal del tallo, sino que la presencia del O_3 promovió el incremento del crecimiento del tallo. En este experimento se observó que los tratamientos con ozono, aunque no mostraron una diferencia estadística significativa si fueron ligeramente superiores numéricamente a los que no fueron tratados con ozono.

4.3 Número de hojas (NH)

El NH es importante dado que la mayor captura de luz depende del área foliar y de la habilidad fotosintética (Loomis, 1997). En este experimento se observó que en la variable NH de lilis no se encontró diferencia estadística significativa ($P \leq 0.01$) entre los tratamientos, como se muestra en el Cuadro 3. Por lo cual, se realizó la comparación de medias por prueba de Tukey ($P \leq 0.5$) donde si hubo diferencia significativa, obteniendo que el T1 fue el que presento mayor número de hojas con 138, mientras los tratamientos T2 y T4 se comportaron igual estadísticamente

siendo superiores al T3, ya que este fue el que menor número de hojas presento con 128 como se muestra en el Cuadro 6 y Figura 3.

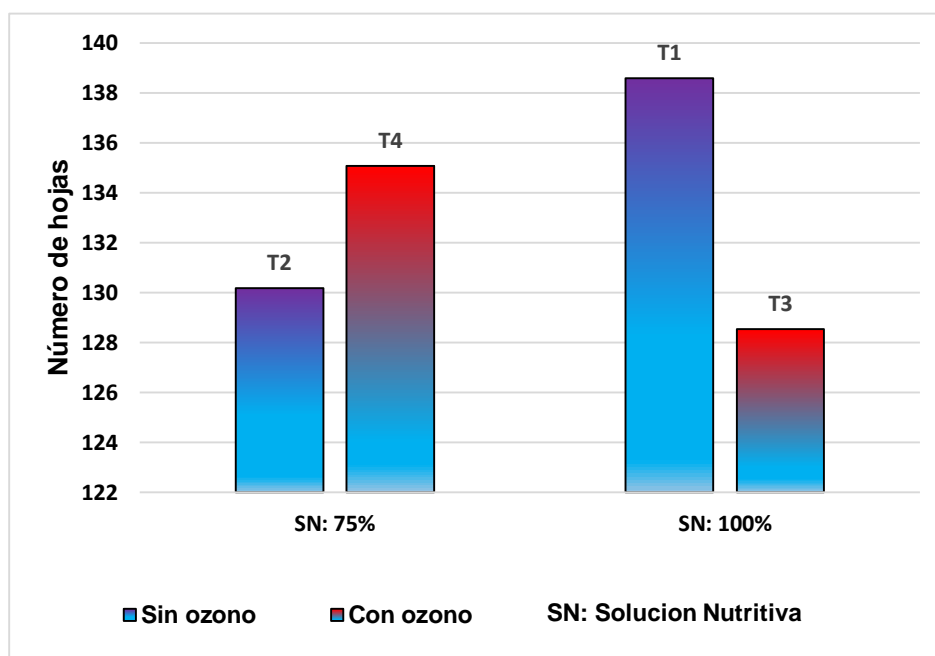


Figura 3. Comparación numérica de medias en la variable número de hojas para los factores (O_3) y solución nutritiva (SN) en el cultivo de lilis.

El T1 donde se utilizó la SN al 100 % de las sales Steiner y O_3 presento mayor número de hojas debido a que no había O_3 presente y la concentración de los micronutrientes no se vio afectada por esto. A diferencia del T3 donde había ozono y SN al 100 % de las sales Steiner y estos dos factores influyeron para la precipitación de quelatos de hierro afectando negativamente a la planta, como lo menciona Khosla (2003) uno de los problemas de la aplicación de O_3 a la SN es que puede causar precipitados de quelatos de hierro este inconveniente se produce con mayor intensidad cuando se exceden las dosis adecuadas perdiendo, además, eficiencia en el tratamiento (Khosla, 2003).

Cuadro 6. Valores medios y significancia estadística en las variables altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT) número de hojas (NH) en el cultivo de lilis.

Factor	AP	DT	NH
Ozono (O₃)			
Sin O ₃	99.885 a	11.039 a	134.354 a
Con O ₃	104.021 a	11.397 a	131.813 a
DMS	4.902	0.370	4.510
Solución Nutritiva Steiner (SN%)			
SN 75 %	101.813 a	11.3563 a	132.625 a
SN 100 %	102.094 a	11.0813 a	133.542 a
DMS	4.902	0.3703	4.5103
Significancia			
O ₃	ns [€]	ns	ns
SN	ns	ns	ns
O ₃ *SN	ns	ns	**
CV	11.860	8.142	8.359

€= ns, No significativo (P>0.05); * Significativo (P≤0.05); **Altamente significativo (P≤0.01) *

4.4 Longitud del botón floral (LB)

Esta variable es importante puesto que es un parámetro de calidad en las flores de lilis deben contar con una buena longitud de botón. Al analizar los datos no se encontró diferencia estadística en el análisis de varianza ($P \leq 0.05$), ni con la comparación de medias en la evaluación realizada antes de la cosecha, como se muestra en el Cuadro 7. Los valores de longitud de botón oscilan entre 78.8 y 79.3 mm. Un ligero comportamiento distinto lo presentó el tratamiento uno donde se usó no se aplicó ozono en la SN y SN al 100 % de las sales Steiner, aunque no haya sido estadísticamente significativo como se muestra en la Figura 4.

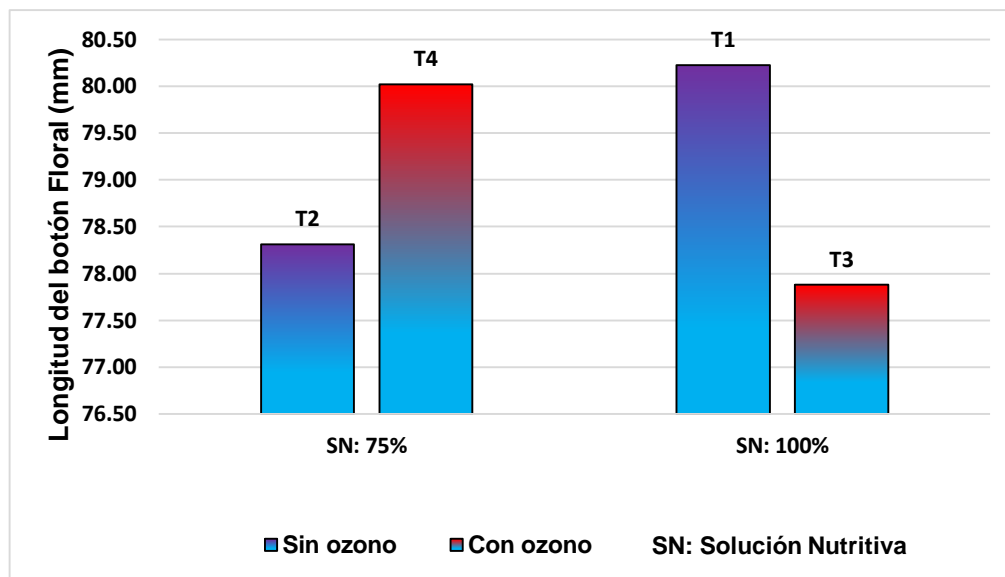


Figura 4. Comparación numérica de medias en la variable longitud del botón floral para los factores (O_3) y solución nutritiva (SN) en el cultivo de lilis.

Por lo cual nos quiere decir que la variable de longitud de botón no se encuentra condicionada por ninguno de los tratamientos de ozono o la SN y que la uniformidad se deba más a la expresión del genotipo de la variedad.

4.5 Peso fresco de la flor

Al analizar los datos no se encontró diferencia estadística en el análisis de varianza ($P \leq 0.05$), ni con la comparación de medias en la evaluación realizada después de la cosecha, como se muestra en el cuadro 7. Los valores del peso fresco de la flor oscilan entre 149 g y 152 g. Un ligero comportamiento distinto lo presentó el T1 donde se aplicó la SN al 100 % de las sales Steiner con ozono, aunque no haya sido estadísticamente significativo como se muestra en la Figura 5.

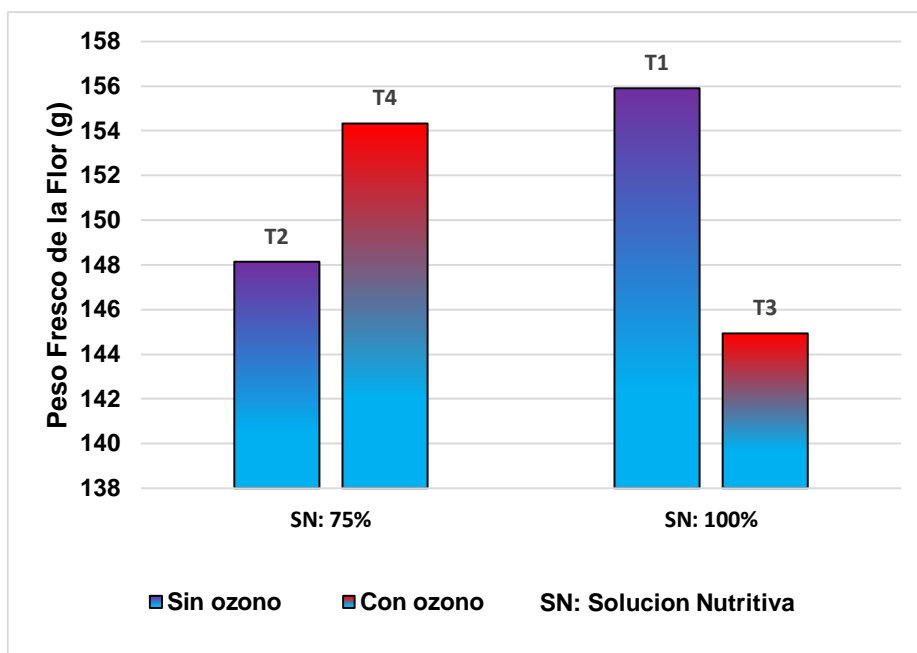


Figura 5. Comparación numérica de medias en la variable peso fresco de la flor para los factores (O₃) y solución nutritiva (SN) en el cultivo de lilis.

Estos resultados difieren con los de Carazo, (2015) donde dice que la aplicación de oxifertirrigación (que consiste en la saturación de oxígeno en la solución nutritiva) dio resultados de 5.6 % y 7.8% mayores en el peso fresco en el tratamiento con oxifertirrigación que en el no oxifertirrigado. Ambos casos, son métodos de aplicación de oxígeno en la SN para mejorar el crecimiento de las plantas. Aunque Vargas, (2001) reporta que aplicar o no aplicar oxigenación suplementaria, no se encontraron diferencias significativas en el cultivo de sandía.

4.6 Diámetro del bulbo (DB)

El DB es de suma importancia pues para su comercialización se necesitan calibres grandes y dependiendo del calibre del bulbo será la calidad de flores.

En la variable de diámetro del bulbo si se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) en los tratamientos de concentraciones de SN, como se muestra en el Cuadro 7. Por lo cual, se realizó la comparación de medias por prueba de Tukey ($\alpha = 0.5$) donde se muestra que, si hubo diferencias altamente significativas, obteniendo que el T3 donde se usó SN al 100 % de las sales Steiner

y O₃ fue el que obtuvo 13 % más de diámetro del bulbo que el T2 donde se aplicó la SN al 75% de las sales Steiner sin ozono y se obtuvo 6 % más de diámetro de bulbo que el T1 donde se aplicó la SN al 100 % de las sales Steiner sin ozono como se muestra en el Anexo 2 y Figura 6.

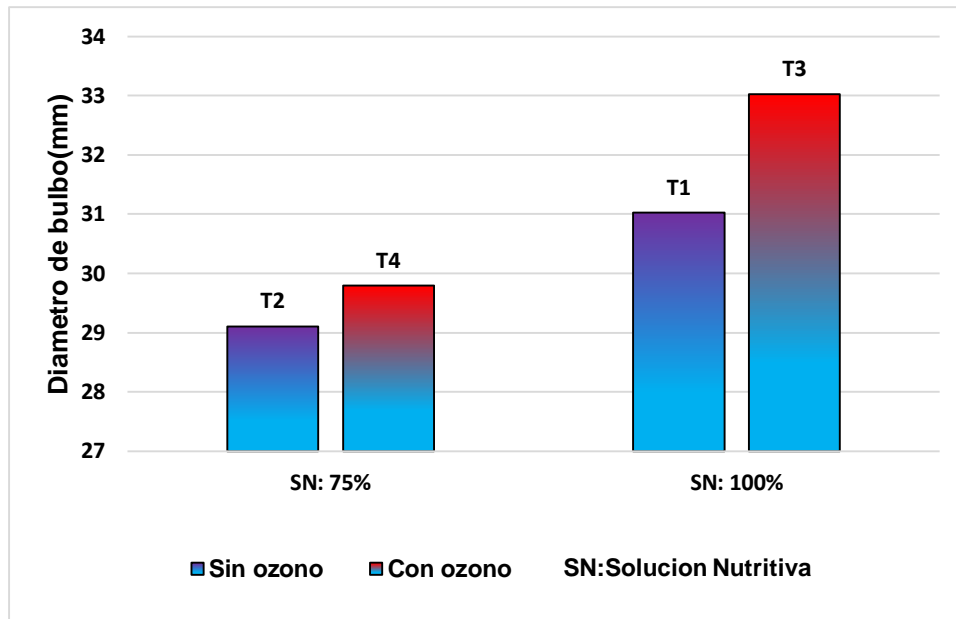


Figura 6. Comparación numérica de medias en la variable diámetro del bulbo para los factores (O₃) y solución nutritiva (SN) en el cultivo de lilis.

Algunos autores como Ortega *et al.* (2006) señala que dependiendo del tamaño del bulbo oferta un mayor o menor contenido de nutrientes, sin embargo, estos nutrientes no son suficientes para completar un ciclo de vida por eso se necesita de una solución nutritiva adecuada. Para lograr tener una buena calidad de bulbos recomendamos usar el T3 donde se aplicó ozono en la SN al 100 % de las sales Steiner.

Cuadro 7. Valores medios y significancia estadística en las variables diámetro de bulbo (DB), longitud del botón floral (LB) y peso fresco de la flor (PFF) en el cultivo de lilis.

Factor	DB	LB	PFF
Ozono (O ₃)			
Sin O ₃	30.065 a	79.2667 a	152.015 a
Con O ₃	31.407 a	78.9488 a	149.635 a
DMS	1.6784	1.857	6.464
Solución nutritiva Steiner (SN)			
SN 75 %	32.0250 a	79.1635 a	151.625 a
SN 100 %	29.4475 b	79.0519 a	150.415 a
DMS	1.6784	0.3703	6.4642
Significancia			
O ₃	ns [€]	ns	ns
SN	**	ns	ns
O ₃ *SN	ns	*	**
CV	8.5144	5.790	10.571

€= ns, No significativo (P>0.05); * Significativo (P≤0.05); **Altamente significativo (P≤0.01) *

4.7 Peso de bulbo

Al analizar los datos de esta variable no se encontró diferencia estadística en el análisis de varianza ($P \leq 0.05$), ni con la comparación de medias en la evaluación realizada después de la cosecha, como se muestra en el Cuadro 8. Los valores del peso de bulbo oscilan entre 11 g y 13.2 g. Un ligero comportamiento distinto lo presentó el tratamiento uno donde se aplicó SN al 100 % de las sales Steiner sin ozono, aunque no haya sido estadísticamente significativo como se muestra en la Figura 7.

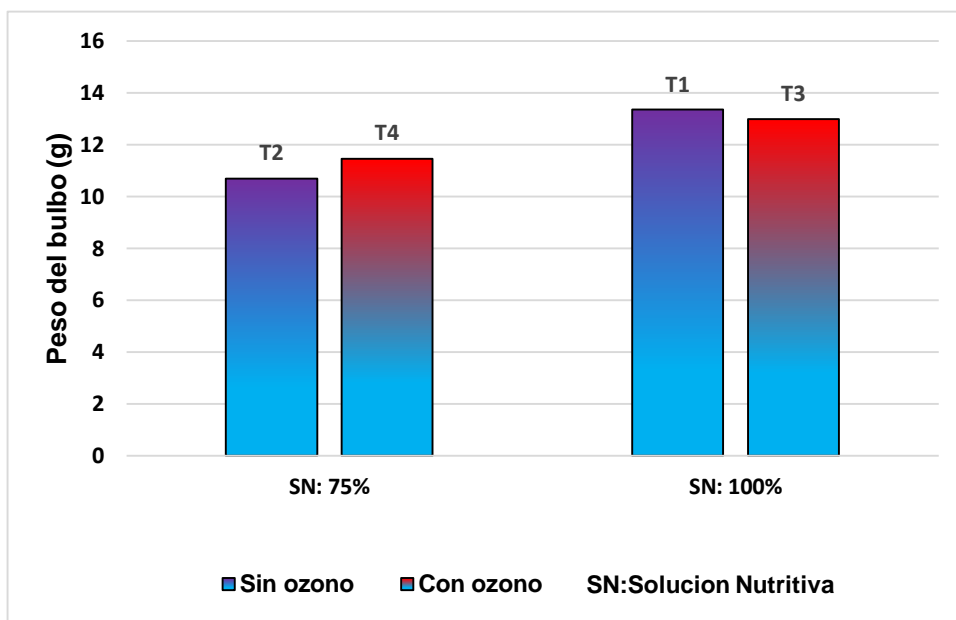


Figura 7. Comparación numérica de medias en la variable peso del bulbo para los factores ozono y solución nutritiva (O_3) y solución nutritiva (SN) en el cultivo de lilis.

Por lo cual nos quiere decir que el peso del bulbo no se encuentra condicionado por los tratamientos con ozono, sin ozono y por las distintas SN.

4.8 Peso fresco de la raíz adventicia

La raíz adventicia tiene una gran relevancia por su función captadora de nutrientes y absorción de agua, necesarias para cubrir las demandas nutritivas de la planta.

Al analizar los datos no se encontró diferencia estadística en el análisis de varianza ($P \leq 0.05$), ni con la comparación de medias en la evaluación realizada después de la cosecha, como se muestra en el Cuadro 8. Los valores del peso fresco de la raíz adventicia oscilan entre 13.6 g y 14.7 g. Un ligero comportamiento distinto lo presentó el T1 donde se aplicó la SN al 100 % de las sales Steiner con ozono, aunque no haya sido estadísticamente significativo como se muestra en la Figura 8.

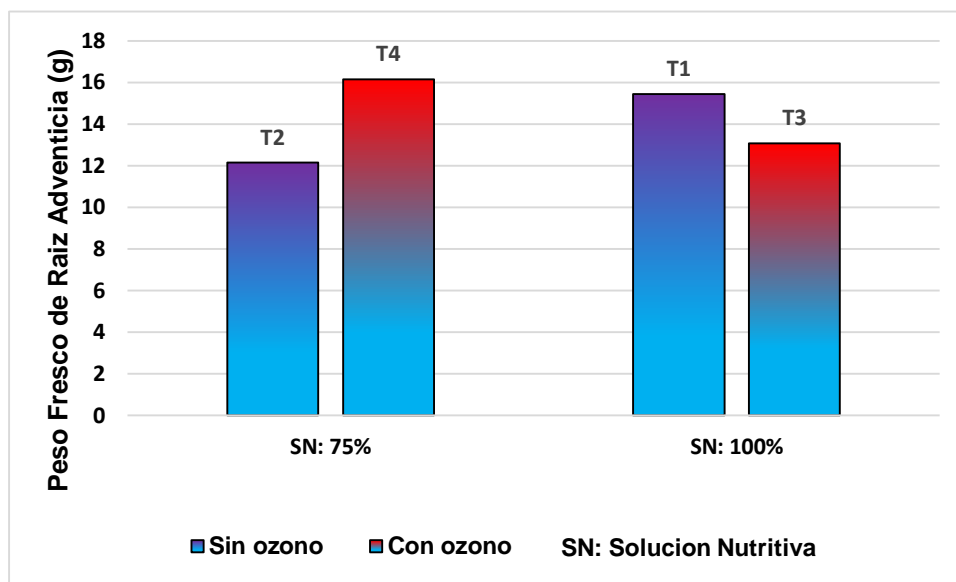


Figura 8. Comparación numérica de medias en la variable peso fresco de la raíz adventicia para los factores (O_3) y solución nutritiva (SN) en el cultivo de lilis.

Estos resultados difieren con los que dijo Vázquez *et al*, (2015) que, aunque el O_3 no promovió el crecimiento longitudinal de las raíces, respecto al testigo, sí pudo haber propiciado su crecimiento transversal, e incrementó las raíces adventicias o ambos.

4.9 Peso fresco de las raíces basales (PFRB)

Las raíces basales tienen una gran relevancia por su función de dar el soporte necesario para la planta. En el PFRB si se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) en el tratamiento con la SN al 100 % de las sales Steiner con ozono, como se muestra en el Cuadro 5. Por lo cual se realizó la comparación de medias por prueba de Tukey ($\alpha=0.5$) donde se muestra que, si hubo diferencias altamente significativas, obteniendo que el T4 donde se aplicó la SN al 75% de las sales Steiner con ozono y fue el que obtuvo 181 % más de peso fresco que el T3 donde se aplicó la SN al 100 % con ozono se obtuvo 239 % más de peso fresco que el T2 donde se aplicó la SN al 75% sin ozono como se muestra en el Anexo 3 y Figura 9.

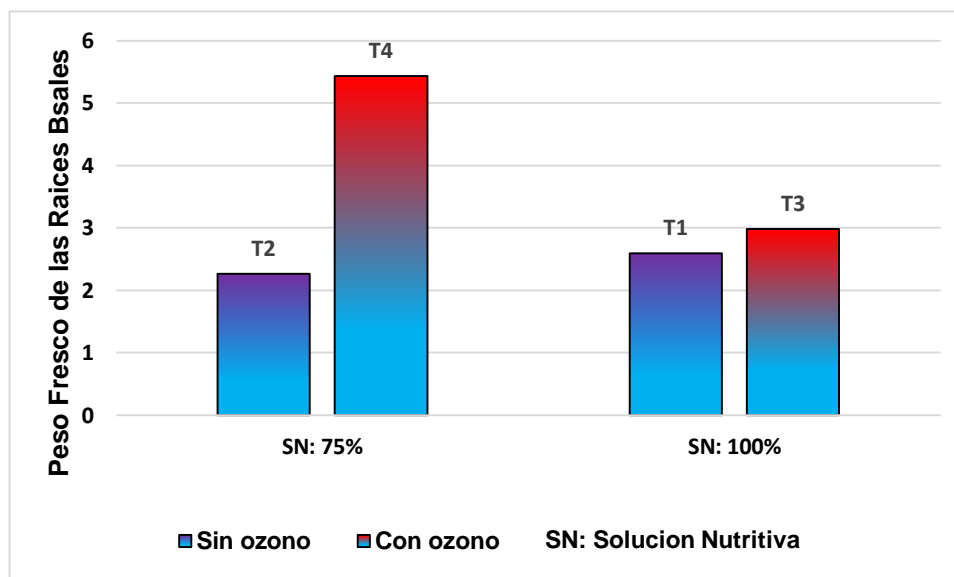


Figura 9. Comparación numérica de medias en la variable peso fresco de las raíces basales para los factores (O_3) y solución nutritiva (SN) en el cultivo de lilis.

Estos resultados coinciden con los que menciona Vázquez *et al*, (2015) que las plantas de lechuga con los tratamientos de con O_3 acumularon entre 21% y 24% más biomasa fresca en las raíces que el testigo.

Cuadro 8. Valores medios y significancia estadística en las variables peso del bulbo (PB) peso fresco de la raíz adventicia (PFRA) peso fresco de la raíz del bulbo (PFRB) en el cultivo de lilis.

Factor	PB	PFRA	PFRB
Ozono (O_3)			
Sin O_3	12.230 a	13.792 a	2.4315 b
Con O_3	12.026 a	14.606 a	4.2075 a
DMS	1.6736	2.266	0.7039
Solución nutritiva (SN)			
SN 100 %	13.1720 a	14.254 a	2.7920 b
SN 75 %	11.0845 b	14.144 a	3.8470 a
DMS	1.6736	2.2662	0.7039
Significancia			
O_3	ns [€]	ns	**
SN	*	ns	**
O_3 *SN	ns	**	**
CV	21.5161	24.8865	33.0634

€= ns, No significativo ($P > 0.05$); * Significativo ($P \leq 0.05$); **Altamente significativo ($P \leq 0.01$)

4.10 Peso seco de la raíz adventicia

Al analizar los datos no se encontró diferencia estadística en el análisis de varianza ($P \leq 0.05$), ni con la comparación de medias en la evaluación realizada después de la cosecha, como se muestra en el Cuadro 9. Los valores del peso fresco de la raíz adventicia oscilan entre 1.5 g y 1.7 g. Un ligero comportamiento distinto lo presentó el tratamiento uno donde se aplicó la SN al 100 % sin ozono, aunque no haya sido estadísticamente significativo como se muestra en la Figura 10.

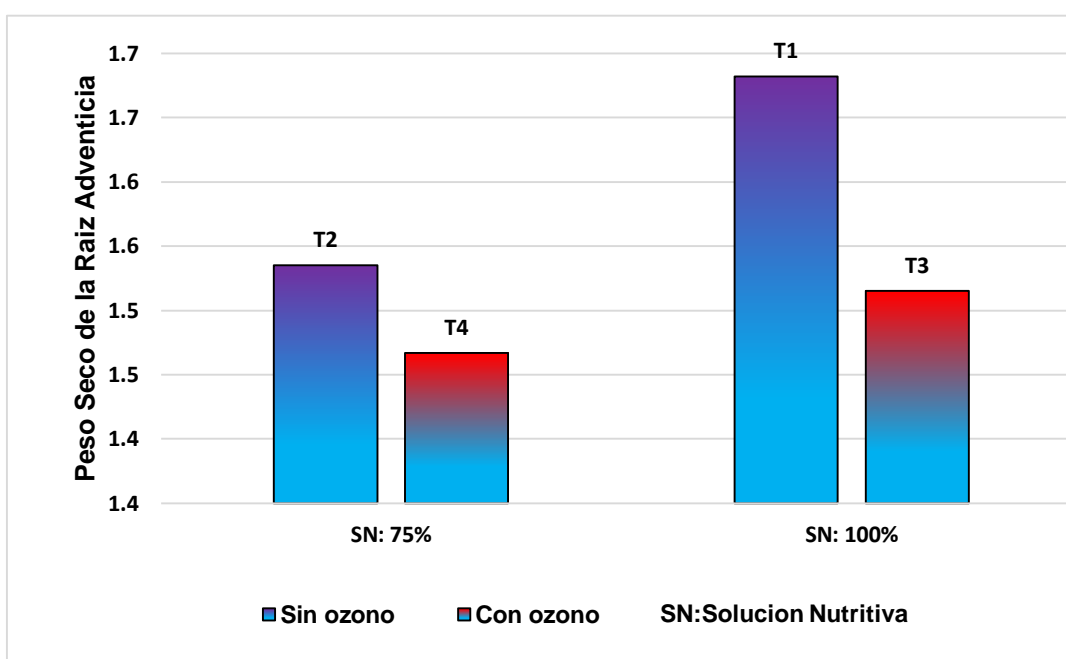


Figura 10. Comparación numérica de medias en la variable peso seco de la raíz adventicia para los factores (O_3) y solución nutritiva (SN) en el cultivo de lilis.

4.11 Peso seco de las raíces basales

En el peso seco de las raíces basales al igual que el peso fresco de las raíces basales, si se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) en el tratamiento de la solución nutritiva al 75% con ozono como se muestra en el Cuadro 9. Por lo cual se realizó la comparación de medias por prueba de Tukey ($\alpha = 0.5$) donde se muestra que, si hubo diferencias altamente significativas, obteniendo que el T4 donde se aplicó la SN al 75% con ozono fue el que obtuvo 31% más de peso

seco que el T3 donde se aplicó SN al 100% de las sales Steiner con ozono se obtuvo casi el 58% más de peso seco que el T2 donde se aplicó SN al 75% sin ozono como se muestra en el Anexo 4 y Figura 11.

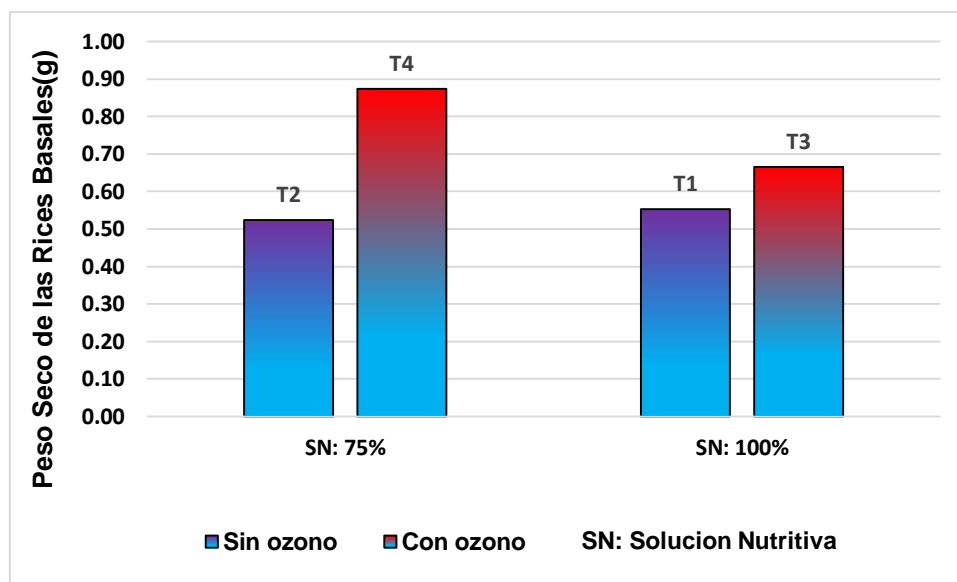


Figura 11. Comparación numérica de medias en la variable peso seco de las raíces basales para los factores (O₃) y solución nutritiva (SN) en el cultivo de lilis.

Estos resultados coinciden nuevamente con lo que reporta Vázquez *et al*, (2015) que la aplicación semanal de O₃ tuvo efecto positivo en la acumulación de biomasa seca en la raíz, pues incremento significativamente el 78% respecto al testigo. La mejor solución nutritiva que se puede utilizar es la del 75% dado que resulto con mayor peso de raíces basales y nos implica mejor eficiencia de los costos.

4.12 Vida en florero

La VF es una de las características de calidad más importante en las flores de corte dado que esta es una ventaja para transportar las flores a distancias más lejanas, dentro del mismo país, así como internacionalmente.

Para esta variable se encontró una diferencia altamente significativa en la interacción ozono y solución nutritiva. En la Figura 12 se observa la formación de dos grupos el primero compuesto por los tratamientos sin ozono T1 y T2 que

tuvieron una duración de vida en florero mayor respecto a las plantas cultivadas con aplicación de ozono T3 y T4 que conforman el segundo grupo.

En función a las medias alcanzadas, para obtener plantas con mayor duración de vida en florero se recomienda el T2 donde se utilizó la SN Steiner al 75 % sin ozono, ya que este tuvo un 33% mayor de vida de florero, que el T4 donde se aplicó la SN al 75% con ozono como se muestra en el Anexo 5 y Figura 12.

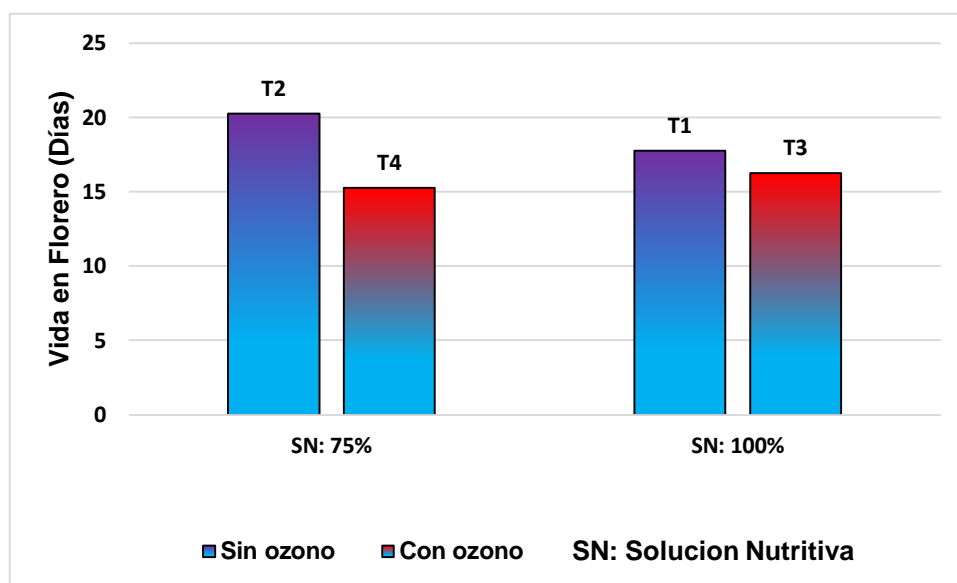


Figura 12. Comparación numérica de medias en la variable vida en florero para los factores (O_3) y solución nutritiva (SN) en el cultivo de lilis.

El aumento de días de duración de la flor cortada puede atribuirse a la formación de tejidos más lignificados y resistentes por su mayor contenido en calcio. La bibliografía refiere a otros estudios de ozono como el de Robinson donde dice que el almacenamiento de rosas cortadas en soluciones acuosas de ozono ($5.5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$; renovadas diariamente) puede prolongar la vida útil en el florero aproximadamente el triple, de 5 días a 13 días, con la correspondiente mejora en su aspecto estético a lo largo de la vida en florero del tallo de rosa cortado Robinson *et al*, (2009). Pero no estudios específicos sobre los efectos de la aplicación de ozono en el cultivo de lilis.

Cuadro 9. Valores medios y significancia estadística en las variables peso seco de la raíz del bulbo (PSRB) peso seco de la raíz adventicia (PSRA) y vida de florero (VF) en el cultivo de lilis.

Factor	PSRB	PSRA	VF
Ozono (O ₃)			
Sin O ₃	0.53850 b	1.608 a	19.00 a
Con O ₃	0.76950 a	1.491 a	15.75 b
DMS	0.1229	0.2455	0.614
Solución nutritiva (SN)			
SN 100 %	0.6090 a	1.5985 a	17.00 b
SN 75 %	0.6990 a	1.5010 a	17.75 a
DMS	0.1229	0.2455	0.614
Significancia			
O ₃	**	ns	**
SN	ns [€]	ns	*
O ₃ *SN	ns	ns	**
CV	29.2917	24.7007	5.5103

€= ns, No significativo (P>0.05); * Significativo (P≤0.05); **Altamente significativo (P≤0.01)

V. CONCLUSIÓN

De la investigación realizada se obtuvo que la aplicación de ozono (O_3) en la solución nutritiva en la producción de lilis afectó significativamente las variables de peso fresco de las raíces basales y peso seco de las raíces basales de forma favorable. Además, la solución nutritiva que proporcionó la mejor respuesta para la mayoría de las variables evaluadas fue la elaborada con el 75% de las sales Steiner y el efecto combinado de la solución nutritiva y O_3 afectaron positivamente las variables de número de hojas, longitud del botón floral, peso fresco de la flor, peso fresco de las raíces basales, peso fresco de la raíz adventicia.

VI. LITERATURA CITADA

1. **Bañon, A. S; Gonzales, G. A.; Fernández, H. J. y Sifuentes, R. D. (1993).** Gerbera, Liliium, Tulipán y Rosa. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España.
2. **Bataller M, Veliz E, Riverol Y, Fernández LA, Salomón JL, Camilo FA, Fernández I (2020).** Effect of ozone on sprouting of potato and sugarcane seeds: A sustainable alternative of disinfection. *Ozone: Science & Engineering*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01919512.2020.1848518>
3. **Bird R. (1991).** Lilies. An Illustrated identifier and guide and Cultivation. Chartwell, Books, INC. printed in Hong Kong. New Jersey. USA.
4. **Cabildo. M, C. R. (2013).** Reciclado y tratamiento de residuos. En M. E. Cornago, *Reciclado y tratamiento de residuos*. Madrid: UNED
5. **Calderón Tovar Sandra Fernanda (2012).** Respuesta de diez variedades de lilis (*lilium.spp*) al \ uso de mallas de color. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
6. **Cajo Curay Alba Magaly (2016).** “Producción hidropónica de tres variedades de lechuga (*Lactuca Sativa L*), bajo el sistema NFT, con tres soluciones nutritivas. “Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23421/1/Tesis-136%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20413.pdf>
7. **Cano, Y., Morales, J., Sánchez, L., Colina, M., & Torres, J. (2016).** Evaluation of ozone levels in the city of Maracaibo, Zulia State, Venezuela. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 32(1). Recuperado el 06 de junio de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992016000100025
8. **Carazo, G. N. (2015).** Oxifertirrigación en cultivo sin suelo de rosa para flor cortada (*Rosa sp.*) y pimiento (*Capsicum annum L.*): efectos en desarrollo y producción. Tesis Doctoral. Lleida. Lleida, España. 83 p.

9. **Chahín A., María Gabriela (2006).** Cultivo del liliun [en línea]. Temuco: Informativo INIA Carillanca. no. 15. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/4142> (Consultado: 4 junio 2023).
10. **Castellano Javier Z. (2009).** Cap. 6 Formulación de la solución nutritiva. Manual de producción de tomate en invernadero. P. 132.
11. **Cisneros, J. M. (2014).** El Ozono Atmosférico. Tiempo y Clima, 4(15). Recuperado el 06 de junio de 2023, de <http://pkp.ameweb.org/index.php/TyC/article/view/710/724>
12. **Clements, F. E. (1921).** Role of oxygen in root activity. Carnegie Inst. Pub 315
13. **Costa, I. (2015).** Estudio de la concentración de compuestos orgánicos volátiles, óxidos de nitrógeno y ozono en el núcleo urbano de la ciudad de Cartagena y evaluación de la exposición de la población. Recuperado el 06 de junio de 2023, de <https://digitum.um.es/xmlui/handle/10201/48341> de Ingeniería En Medio Ambiente., C. (s/f). Universidad Técnica De Cotopaxi. Edu.ec. Recuperado el 6 de junio de 2023, de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5245/6/PC-000606.pdf>
14. **Coxflor. (2023).** Coxflor.com. Recuperado el 20 de noviembre de 2023, de <https://www.coxflor.com/index.php?id=5&le=1>
15. **Díaz-Celaya M. (2004).** Identificación de especies de *Pythium* aisladas de plantas ornamentales. En F.-P. S.-G.-S. Rodríguez-Alvarado G., Identificación de especies de *Pythium* aisladas de plantas ornamentales. (págs. 3, 431). Revista Mexicana: Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp.
16. **Eckhard, G.; Horst, J. W. and Neumann, E. (2013).** Adaptation of Plants to Adverse Chemical Soil Conditions. 408-471 pp. In: Marschner P. (Ed). Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Third Edition. Elsevier. 649 p.
17. **Ecuticias. (2015).** El uso del ozono en la agricultura incrementa hasta un 40% la productividad. <https://www.ecoticias.com/alimentos-ecologicos/105262/ozonoagricultura-incrementa-productividad>

18. **Fagerstedt, V. K.; Blokhina, B. O.; Pucciariello, C. and Perata, P. (2013).** Flooding Tolerance Mechanisms in Roots. 498-529 pp. In: Eshel A. and Beeckman T. (Eds). Plant Roots. The hidden half. Fourth edition. CRC Press. 831 p.
19. **Fernández Navarro María Asunción (2013).** Efecto de diferentes niveles de aireación de la solución nutritiva sobre el crecimiento y la calidad de canónigos y berros cultivados en bandejas flotantes. Core.ac.uk. Recuperado el 20 de noviembre de 2023, de <https://core.ac.uk/download/pdf/60425674.pdf>
20. **Galindo, L. (2006).** Ozonoterapia, una opción para el sector agropecuario. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, VII (10), 1–16. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63617167005.pdf>
21. **Gámez-Montiel O., E. Villavicencio-Gutiérrez, M. A. Serrato-Cruz, J. M. Mejía-Muñoz, M. G. Treviño-de Castro, H. L. Martínez González, M. Rodríguez-Olvera, L. Granada-Carreto, M. Flores-Cruz, J. Reyes-Santiago, M. Á. Islas-Luna, E. Salomé-Castañeda, R. A. Menchaca-García, C. M. Espadas-Manrique, L. Hernández-Sandoval, L. M. Vázquez-García, M. T. B. Colinas-León, F. Martínez-Martínez, O. Vargas-Ponce & E. Ríos-Santos (2017).** Conservación y aprovechamiento sostenible de especies ornamentales nativas de México. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Universidad Autónoma Chapingo. México. 152 pp
22. **Google Earth, (2023).** INEGI, 2016. Recuperado de <https://earth.google.com/web/@25.35594136,101.03546472,1763.75888581a,167.20022346d,35y,0.00000001h,44.99506367t,0r/data=OgMKATA>
23. **García Velasco Rómulo y Companioni González Barbarita (2018).** “Lilium: situación actual en México”, Revista TECSISTECATL, n. 23 (diciembre 2018). En línea: <https://www.eumed.net/rev/tecsistecatln23/lilium.html>
24. **Graham, T., Zhang, P., Woyzbun, E., & Dixon, M. (2011).** Response of hydroponic tomato to daily applications of aqueous ozone via drip irrigation.

Scientia Horticulturae, 129(3), 464–471.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.04.019>

25. **Hidritec. (2016).** El ozono en la agricultura. Obtenido de El ozono en la agricultura: <http://www.hidritec.com/hidritec/el-ozono-en-la-agricultura>
26. **Imarca. (2014).** Proyectos Ambientales Phoenix. Obtenido de <http://imarca.com.ve/documents/OZONOIMARCA.pdf>
27. **Khosla, S. (2003).** Nutrient solution recycling in greenhouse crops. PrivalInfo. Junio. Volumen 12, capítulo 1.
28. **Lagunés Fortiz Edgar, Clemente Villanueva-Verduzco, Lagunés Fortiz Erika, Erika Janet Zamora-Macorra, Norma Ávila-Alistac. (2021).** La densidad de siembra en el crecimiento de la verdolaga. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas volumen 12 número 2. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/download/2848/3944?inline=1>
29. **Loomis, R. S. (1997).** On the utility of nitrogen in leaves. The national academy of sciences, v. 94, p. 13378–13379, 1997.
30. **Maestre, V. J. F. and Martínez, A. V. (2010).** Effects of drip irrigation systems on the recovery of dissolved oxygen from hypoxic water. Science Direct. Agricultural Water Management. 97:1806-1812
31. **Makita, N.; Hirano, Y.; Sugimoto, T.; Tanikawa, T. and Ishii, H. (2015).** Intraspecific variation in fine root respiration and morphology in response to in situ soil nitrogen fertility in a 100-year-old *Chamaecyparis obtusa* forest. Oecologia. 1-9 pp.
32. **Márquez, A. (2021).** RIZOSFERA: qué es, para qué sirve, composición e importancia - Resumen. [ecologiaverde.com. https://www.ecologiaverde.com/rizosfera-que-es-para-que-sirve-composicion-e-importancia-3266.html](https://www.ecologiaverde.com/rizosfera-que-es-para-que-sirve-composicion-e-importancia-3266.html)
33. **Miller, W.B., R. Miller, and R.O. Miller. 1998.** Lilium (Asiáticos y Orientales)
34. **Morard, P. and Silvestre, J. (1996).** Plant injury to oxygen deficiency in the root environment of soilless culture: A review. Plant and Soil 184: 243-254.

35. **Montserrat, J. (2000).** Desinfección de lixiviados por métodos físicos, químicos y biológicos. En Recirculación de cultivos sin suelo. Compendios de Horticultura 14. Ediciones de Horticultura. Reus (España) ISBN: 84-87729-32-0. pp 53-62.
36. **Roblero Moreno, Mario de Jesús, Pineda Pineda, Joel, Colinas León, María Teresa, & Sahagún Castellanos, Jaime. (2020).** El oxígeno en la zona radical y su efecto en las plantas. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 11(4), 931-943. E pub 13 de septiembre de 2021. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i4.2128>
37. **Rojas, D. A. (2000).** Identificación de algunas causas de absorción de flor y posible solución en el cultivo de lilis (*Lilium* spp). Tesis de Maestría, UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p.113.
38. **Nicoué, E. E., J. P. Emond, J. C. Vuilleumard, and M. C. do Nascimento Nunes. (2004).** Destruction de *Rhizopus stolonifer* et *Botrytis cinérea* par des traitements ozone/ions. Phytoprotection 85: 81-87.
39. **Ortega B. R., M. Correa, E. Olate. (2006).** Determinación de las curvas de acumulación de nutrientes en tres cultivares de *Lilium* spp. para flor de corte. Agrociencia 40: 77-88.
40. **Pallarés Correas, D., Durán, J. M., & Madrid, A. (2006).** Aplicación de ozono en disoluciones nutritivas recirculantes. Cosemarozono.com. Recuperado el 12 de junio de 2023, de <https://www.cosemarozono.com/descargas/informe-tratar-cultivos-hidroponicos-con-agua-ozonizada-v2017.pdf>
41. **Porterfield, D. M. and Musgrave, M. E. (1998).** The tropic response of plant root to oxygen: oxiotropism in *Pisum Sativum* L. Planta. 206:1-6.
42. **Reagan, K. (2016).** Oxígeno disuelto para un mejor crecimiento: Parte I: ¿Qué es y por qué las plantas lo necesitan? - Clima de la misión. Quest Climate. <https://www.questclimate.com/es/disuelto-ox%C3%ADgeno-mejor-crecimiento-parte-plantas-necesidad/>
43. **Robinson, S., Graham, T., Dixon, M. A., & Zheng, Y. (2009).** Aqueous ozone can extend vase-life in cut rose. The journal of horticultural science &

44. **Runia, W Th. (1994).** Disinfection of recirculation water from closed cultivation systems with ozone. *Acta Horticulturae*. 361: 388 – 396.
45. **Santos, R. R., L. R. D. Faroni, P. R. Cecon, A. P. S. Ferreira, and O. L. Pereira. (2014).** Ozônio como agente fungicida em grãos de arroz. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* 20: 230-235
46. **SIAP (2022).** Datos del cultivo de liliium. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
47. **Soriano García J. Miguel y Buschman J. C. (2004).** El cultivo de liliium de calidad. Artículo de horticultura internacional. Vol. 44 disponible en <https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/74792-El-cultivo-de-Lilium-de-calidad.html>
48. **Tesi, R. Lenzi, A. and Lombardi, P. (2003).** Effect of different O₂ levels on spinach (*Spinacia oleracea* L.) grown in a floating system. *Act. Hort.*, 614: 631-637.
49. **Urrestarazu, M.; Mazuela P.; Ventura, F. y Guillén, C. (2006).** Beneficios de la aplicación de oxígeno en cultivos sin suelo. *Agrícola Vergel: fruticultura, horticultura, floricultura Vida rural* 292:195-200
50. **Valdivielso, A. (2022).** ¿Qué es el agua ozonizada? | iAgua. <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua-ozonizada>
51. **Vargas, J.A. (2001).** Uso de la Oxifertirrigación en un cultivo de sandía en sustrato de perlita en un invernadero de el Ejido (Almería). TFC. E Politécnica Superior. Ing. Técn. Agríc. esp. Hortofruticultura y Jardinería. Universidad de Almería
52. **Vázquez-Ybarra, Jorge A., Peña-Valdivia, Cecilia B., Trejo, Carlos, Villegas-Bastida, Albino, Benedicto-Valdéz, Sergio, & Sánchez-García, Prometeo. (2015).** Promoción del crecimiento de plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) con dosis subletales de ozono aplicadas al medio de cultivo. *Revista fitotecnia mexicana*, 38(4), 405-413. Recuperado en 19 de

noviembre de 2023, de
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802015000400009&lng=es&tlng=es.

53. **Villalobos Bucio, C. M., F. R. Díaz Serrano, O. A. Martínez Jaime y J. J. Torres Morales (2016)**. Efecto del ozono sobre la población microbiana del suelo y el crecimiento de plantas de fresa. *Terra Latinoamericana* 34: 229-237
54. **Vitalmor. (2018)**. Aplicaciones Agricultura Ecológica con Ozono. Obtenido de *Aplicaciones Agricultura Ecológica con Ozono*: <https://www.moringa.es/index.php/cultivar-moringa-vitalmor/vitalozon-aplicacionesagricultura-ecologica-con-ozono>

VII. APÉNDICE

Cuadro 10A1. Prueba Tukey (0.05) para el número de hojas en la interacción de entre el ozono y la concentración de solución nutritiva Steiner.

Con o ozono	sin	Concentración de la Nutritiva	S. Medias	Significancia
Sin O ₃		100	138.542	A
Sin O ₃		75	130.167	BA
Con O ₃		100	128.54	B
Con O ₃		75	135.08	BA

Cuadro 11 A2. Prueba Tukey (0.05) para el diámetro del bulbo (mm) en la interacción de entre el ozono y la concentración de solución nutritiva Steiner.

Con o ozono	sin	Concentración de la Nutritiva	S. Medias	Significancia
Sin O ₃		100	31.025	BA
Sin O ₃		75	29.105	B
Con O ₃		100	33.025	A
Con O ₃		75	29.790	B

Cuadro 12 A3. Prueba Tukey (0.05) para el peso fresco de las raíces basales (g) en la interacción de entre el ozono y la concentración de solución nutritiva Steiner.

Con o sin ozono	Concentración de la S. Nutritiva	Medias	Significancia
Sin O ₃	100	2.5970	B
Sin O ₃	75	2.2660	B
Con O ₃	100	2.9870	B
Con O ₃	75	5.4280	A

Cuadro 13 A4. Prueba Tukey (0.05) para el peso seco de las raíces baseles (g) en la interacción de entre el ozono y la concentración de solución nutritiva Steiner.

Con o sin ozono	Concentración de la S. Nutritiva	Medias	Significancia
Sin O ₃	100	0.5530	B
Sin O ₃	75	0.5540	B
Con O ₃	100	0.6650	BA
Con O ₃	75	0.8740	A

Cuadro

Cuadro 14. A5. Prueba Tukey (0.05) para vida de florero (Días) en la interacción de entre el ozono y la concentración de solución nutritiva Steiner.

Con o sin ozono	Concentración de la S. Nutritiva	Medias	Significancia
Sin O ₃	100	17.7500	B
Sin O ₃	75	20.2500	A
Con O ₃	100	16.2500	C
Con O ₃	75	15.2500	C