

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Producción de Fresa con Ozono en Dos Soluciones Nutritivas

Por:

MAYNOR JORDI GONZÁLEZ VERDUGO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre del 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Producción de Fresa con Ozono en Dos Soluciones Nutritivas

Por:

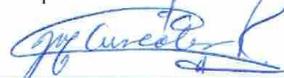
MAYNOR JORDI GONZÁLEZ VERDUGO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

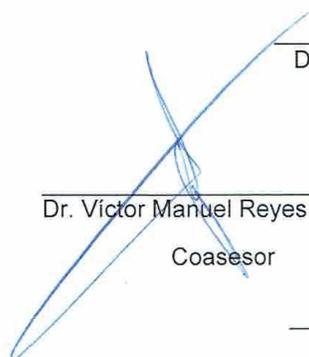
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



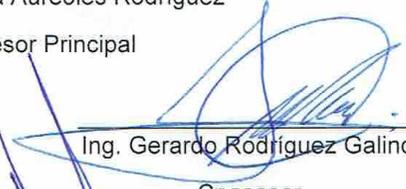
Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez

Asesor Principal



Dr. Víctor Manuel Reyes Salas

Coasesor



Ing. Gerardo Rodríguez Galindo

Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel

Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre del 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 (copia y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestado 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 como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, 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 auténtico.

Pasante



González Verdugo Maynor Jordi

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a la Virgen de Guadalupe por haberme dado la oportunidad de estudiar en la UAAAN para luchar y lograr una de mis metas y nunca verme desamparado.

A mis dos grandes pilares que son mis padres PEDRO GONZÁLEZ MORENO y FRANCISCA VERDUGO ROBLERO por siempre confiar en mí y nunca faltarme sus consejos.

A mis hermanos y hermanas por sus apoyo emocional y económico, además, de ser cada uno un ejemplo de vida para mí.

A mis tías, tíos y abuela por sus frases que en su momento me sacaban una sonrisa o una esperanza para perseverar en mi carrera y regalarme su bendición.

A mis hermanos de otras sangres que en su momento me recordaron la importancia y el valor de tener amigos de verdad.

A mi Alma Terra Mater por acogerme como uno de sus hijos buitres, practicar en su suelo, jugar en su campo, caminar por sus calles, darme de comer y llenarme de sabiduría.

A cada uno de mis maestros que me compartieron un poco de sus conocimientos en cada materia de mis semestres de la mejor maneja y paciencia.

Además, agradezco a las empresas de trabajo que me dieron la oportunidad de generar un ingreso económico para solventar algunos gastos durante mi carrera.

DEDICATORIAS

Dedico el logro de mi carrera a mi padre PEDRO GONZÁLEZ MORENO y a mi madre FRANCISCA VERDUGO ROBLERO por ser siempre mis motivos de luchar por mis sueños. Por siempre confiar en mí, por cada uno de sus consejos que se convierten en leyes de vida para mí y por procurar que nunca me faltara un pan en la mesa y vestimenta para la escuela.

A mis hermanos Edilmar González Verdugo, Martín G.V., Pedro Enrique G.V., Edgar Levi G.V., Josué de Jesús G.V. y al hermano que la vida me impidió conocer. Por ser cada uno ejemplos de vida y por cada uno de sus regaños que forjaron en mi un carácter para hacerle frente a las adversidades de la vida.

A mis hermanas Martha González Verdugo, Lourdes G.V., Carmina G.V. y Yandra G.V. por cuidarme durante mi infancia y que hicieron de ella un proceso de desarrollo menos pesado para mí.

A mis tías, tíos, abuelos y abuelas que me dieron la oportunidad de compartir momentos de sus vidas para recordar siempre de una forma muy grata y placentera.

A mis hermanos de otras sangres que en su momento me brindaron su apoyo y me permitieron compartir momentos inolvidables y que sus frases me llenaron de recuerdos felices.

A mi Alma Terra Mater por acogerme como uno de sus hijos buitres, practicar en su suelo, jugar en su campo, caminar por sus calles, darme de comer y llenarme de sabiduría.

A mis sobrinos y sobrinas, espero y mi logro sea de inspiración para ellos y que sepan que siempre es mejor soñar con los ojos abiertos, los pies en el suelo y las manos llenas de esfuerzo y perseverancia.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido

AGRADECIMIENTOS	IVv
DEDICATORIAS	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VIIIiii
ÍNDICE DE CUADROS	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
1.2 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4 HIPÓTESIS	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Importancia económica.....	4
2.2. Índice de cosecha.....	5
2.3. Manejo de postcosecha del cultivo de fresa.....	5
2.4. Respiración.....	6
2.5. Salinidad.....	6
2.6. pH.....	6
2.7. CN	6
2.8. Ozono	6
2.9. Función del ozono	7
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
3.1. Ubicación del experimento.....	9
3.2. Material vegetativo utilizado.....	9
3.3. Formación del experimento.....	9
3.4. Procedimiento experimental.....	10
3.5. Variables evaluadas.....	15
3.6. Análisis Estadístico	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
4.1. Grosor de tallo	18
4.2. Número de hojas	19

4.3. Peso seco de hoja	20
4.4. Peso fresco de raíz	22
4.5. Peso seco de la raíz	24
4.6. Peso promedio de fruto.....	24
4.7. Contenido de Sólidos Solubles	25
4.8. Acidez.....	26
V. CONCLUSIÓN	28
VI. LITERATURA CITADA.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procedimiento experimental en el invernadero de Horticultura.	14
Figura 2. Comportamiento de la variable grosor de tallo en el cultivo de fresa cultivada con dos soluciones nutritivas y sin o con ozono.	19
Figura 3. Comportamiento de la variable número de hojas en el cultivo de fresa cultivada con dos soluciones nutritivas y sin o con ozono.	20
Figura 4. Comportamiento de la variable peso seco de hoja en 10 g de hoja fresca en el cultivo de fresa cultivada con dos soluciones nutritivas y sin o con ozono.	21
Figura 5. Comportamiento de la variable peso fresco de raíz en el cultivo de fresa cultivada con dos soluciones nutritivas y sin o con ozono.	23
Figura 6. Comportamiento de la variable peso seco de raíz en el cultivo de fresa cultivada con dos soluciones nutritivas y sin o con ozono.	24
Figura 7. Comportamiento de la variable peso promedio de fruto en el cultivo de fresa cultivada con dos soluciones nutritivas y sin o con ozono.	25
Figura 8. Comportamiento de la variable contenido de sólidos solubles en el cultivo de fresa cultivada con dos soluciones nutritivas y sin o con ozono.	26

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Formación de tratamientos con dos soluciones nutritivas y aplicaciones o no de ozono en el cultivo sin suelo de fresas.....	9
Cuadro 2. Solución de Steiner modificada, aportes del análisis de agua y la solución final aplicada.....	11
Cuadro 3. Fertilizantes de Macronutrientes utilizados para la solución nutritiva Steiner en el cultivo de fresa.....	12
Cuadro 4. Fertilizantes de Micronutrientes utilizados para la solución nutritiva Steiner en el cultivo de fresa.....	12
Cuadro 5. Solución California, aportes del análisis de agua y la solución final aplicada.....	13
Cuadro 6. . Fertilizantes de Macronutrientes utilizados para la solución nutritiva California en el cultivo de fresa.....	14
Cuadro 7. Fertilizantes de Micronutrientes utilizados para la solución nutritiva California en el cultivo de fresa.....	14
Cuadro 8. Comparación de medias y significancia estadística de los factores Ozono y solución nutritiva en las variables grosor de tallo (GT), número de hojas (H) y peso seco de hojas (PSH) en la producción de fresa.....	22
Cuadro 9. Comparación de medias y significancia estadística de los factores Ozono y solución nutritiva en las variables peso fresco de raíz (PFR), peso seco de raíz (PSR), peso promedio de fruto (PF) y contenido de sólidos solubles (CSS) en la producción de fresa.....	27

RESUMEN

México es uno de los países más competitivos a nivel mundial en cuanto a producciones de hortalizas, entre ellas se encuentra el cultivo de fresa, la cual ocupa el 3er lugar a nivel mundial, con producciones superiores a 392 mil toneladas al año. El ozono (O_3) es una molécula que aplicada al agua o al aire elimina patógenos y propicia una mayor oxigenación del suelo o sustrato. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar si la aplicación de O_3 en dos soluciones nutritivas afecta de manera favorable el crecimiento y desarrollo del cultivo de fresa. Para ello, se cultivaron plantas de fresa en un sustrato elaborado con peat moss, perlita y vermiculita en una proporción 7:2:1 v/v en macetas de plástico de 8" en un invernadero en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. El diseño empleado fue un completamente al azar con igual número de repeticiones por tratamiento y las variables a evaluar fueron: grosor de tallo, número de hojas, peso seco de hojas, peso fresco de raíz, peso seco de raíz, peso promedio de fruto y contenido de sólidos solubles. Se obtuvo que las aplicaciones de O_3 y las soluciones nutritivas afectaron el crecimiento y desarrollo del cultivo de fresa. Los análisis estadísticos fueron un análisis de varianza ($P \leq 0.05$) y una comparación de medias con la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x2 donde el primer factor fue la solución nutritiva (California y Steiner) y el segundo factor la aplicación o no de O_3 . El efecto combinado de O_3 y la solución nutritiva proporcionaron un mayor grosor de tallo, peso fresco y peso seco de raíz. No se obtuvo diferencia estadística ni numérica en el contenido de sólidos solubles y acidez, pero si una ligera diferencia numérica en el peso promedio de fruto.

Palabras clave: Frutilla, sustratos, calidad, hidroponía, nutrición, cultivo sin suelo.

I. INTRODUCCIÓN

La competencia productiva en agricultura y en especial en el sector de los cultivos hortícolas, tanto comestibles como ornamentales, orienta a las explotaciones hacia nuevas formas de producción que mejoren cada vez más sus rendimientos. La globalización de productos, tan extendida para todo tipo de productos agrícolas, hace difícil mantenerse en un mercado en el que los fuertes no lo son sólo por su potencial productivo, sino por su control de los factores comerciales y económicos. En cualquier caso, hay productos que tienen un sector de mercado dispuesto a absorber un producto de mayor precio pero con el valor añadido de la calidad, no sólo del producto en sí, sino de todo el proceso de producción, respecto a factores medioambientales, sociales y biológicos, siendo la proximidad uno de los más valorados.

En este sentido, la asociación Ethical Trading Initiative (ETI, 2015) sugiere la idoneidad de cultivos forzados altamente tecnificados para suplir, aunque sea parcialmente, los productos provenientes de zonas muy lejanas que conllevan costes sociales por la falta de salarios justos en origen y en destino, y costes ecológicos por la necesidad de un transporte que no siempre está compensado por el ahorro energético de unas condiciones ambientales más favorables. Posibles vías para obtener producciones agrícolas con grandes rendimientos son la mejora de las condiciones naturales de los cultivos tradicionales o bien la práctica de cultivos sin suelo, cultivos forzados muy tecnificados que permiten una gran optimización de los factores que intervienen, principalmente disponibilidad de agua, aire y nutrientes por parte de la planta, además de las condiciones ambientales más adecuadas. El papel del oxígeno en la naturaleza es diverso y ha promovido y promueve una gran cantidad de estudios de diversos ámbitos que han dado lugar a la disciplina de Oxigenología.

Los diferentes aspectos del papel del oxígeno en la rizosfera los resume Morgan (2002) en los siguientes puntos:

- La importancia del oxígeno en el proceso respiratorio y la consiguiente liberación de energía derivada de los procesos metabólicos aprovechable en el desarrollo.
- La necesidad de oxígeno en la zona radicular y su dependencia de la especie cultivada; necesidad que aumenta con la temperatura y varía con el tamaño radicular y de la planta.
- Las deficiencias leves o intermitentes de oxígeno en la zona radicular que no suelen mostrar síntomas visibles, aunque afecten al rendimiento, sanidad y calidad de la producción; las deficiencias más intensas sí que ocasionan marchitez (epinastia), carencias, problemas fitosanitarios y debilidad del sistema radicular y del vigor general de la planta.
- El mantenimiento de concentraciones de oxígeno altas en la rizosfera durante el cultivo da lugar a mayores índices de crecimiento, cosecha, de área foliar y menores problemas fitosanitarios.

El papel del oxígeno en el proceso respiratorio se ha estudiado en diversos aspectos. Amore (1961) concluía que la respiración de los ápices radiculares quedaba limitada en situaciones de difusión lenta de oxígeno, la energía disponible para células aisladas bajo condiciones anaeróbicas era del 1% de la disponible en condiciones de aireación y la falta de oxígeno se traducía en una disminución de la división celular. La respiración es un proceso oxidativo controlado por diferentes vías metabólicas que en las plantas muestra una gran flexibilidad para desviarse de algunos pasos comunes del metabolismo con el fin de evitar situaciones de baja disponibilidad de energía (Drew, 1992; Castillo, 2005; Toro y Pinto, 2015). En la respiración intervienen diferentes procesos responsables de la oxidación de moléculas de glucosa para la obtención de energía y estructuras carbonadas, tanto en presencia de oxígeno como en ausencia del mismo. La complejidad de estas vías metabólicas incluye en las plantas la posibilidad de pasar a un metabolismo fermentativo que permite el mantenimiento de la oxidación del sustrato con una producción mínima de energía o posibles vías de mantener la producción de energía en situaciones de hipoxia (Van Dongen *et al.*, 2011; Gupta *et al.*, 2015) y hace que el conocimiento de su

regulación sea limitado (Ferne *et al.*, 2004). Algunos de los procesos metabólicos descritos como prioritarios desde el punto de vista energético son: el desarrollo en general (Dutilleul *et al.*, 2003) y, más concretamente, la renovación de proteínas (Scheurwater *et al.*, 2000), la reducción del nitrato, la fijación del nitrógeno simbiótico, la absorción del nitrato y otros iones por las raíces y el mantenimiento del gradiente de protones (van Iersel y Seymour, 2000, M'Bou *et al.*, 2010; Makita *et al.*, 2015). Por lo anterior este trabajo de investigación presenta el siguiente objetivo:

1.2 OBJETIVO GENERAL

Determinar si la aplicación de ozono en dos soluciones nutritivas afecta de manera favorable el crecimiento y desarrollo del cultivo de fresa.

1.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Evaluar la aplicación del ozono en la producción de fresa en un cultivo sin suelo.
2. Comparar la eficiencia de la solución Steiner con la solución California en el cultivo de fresa.
3. Determinar el efecto combinado del ozono y dos soluciones nutritivas en la producción de fresa.

1.4 HIPÓTESIS

La aplicación de ozono en dos soluciones nutritivas favorecerá el crecimiento y desarrollo del cultivo de fresa.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

La frutilla/fresa (*Fragaria x ananassa*) tiene aproximadamente 250 años desde su obtención, sin embargo, las primeras especies domesticadas de frutilla/fresa se cree que se obtuvieron hace unos 2.000 años. Aunque esto parece mucho, si comparamos con los cereales, por ejemplo, estos se domesticaron hace más de 10.000 años.

Las primeras frutillas/fresas fueron probablemente cultivadas en jardines griegos y romanos. Pero los primeros registros de su cultivo en Europa datan de los años 1300. Hay registros de que el Rey Carlos V tuvo más de 1.000 plantas de frutilla/fresa en los jardines de Louvre en París.

2.1. Importancia económica

En México el cultivo de la fresa es importante desde el punto de vista socioeconómico, debido a que genera empleo y divisas por ser producto de exportación para su consumo en fresco, congelado y procesado. Los principales estados productores son Michoacán, Baja California, Baja California Sur, Estado de México, Jalisco, Oaxaca y Morelos, con una producción de 471,972 t (SIAP, 2018). Cuando el cultivo crece en condiciones de salinidad, en niveles que exceden su tolerancia, la planta disminuye su tasa de crecimiento, el número de hojas, el área foliar y la producción de frutos (Garriga et al., 2015). El cultivar Festival, obtenido en Florida, Estados Unidos, es de los más utilizados en México, dado que después de varios ciclos ha demostrado su eficiencia en campo; es de fotoperiodo corto, la planta es vigorosa, los frutos tienen buen sabor, color rojo intenso, forma cónica y pulpa firme (USPTO, 2004). Varios autores han evaluado el efecto del estrés salino en especies como frijol mungo (*Phaseolus radiatus*)

(SIAP, 2021) De acuerdo a datos obtenidos, sobre la superficie total establecida a nivel nacional en el 2021 fue de 20525.25 Ha de superficie establecida lo cual representó una producción de 285, 346.20 Toneladas.

2.2. Índice de cosecha

El índice de madurez para la recolección de fresas se basa en el color del fruto:

- Color rosado en tres cuartas partes de la superficie del fruto sobre un fondo blanquecino. Esta fruta tiene como destino al mercado para consumo al estado fresco de mercados distantes.
- Color rosado que cubre toda la superficie del fruto. Esta fruta también tiene como destino al mercado para consumo al estado fresco de mercado relativamente cercanos.
- Rojo a rojo oscuro. Fruta para consumo fresco de inmediato o para ser procesado industrialmente. Las fresas en condiciones de la costa peruana maduran de agosto a febrero, aunque existen algunas variaciones en este periodo que pueden extenderse de julio a marzo, dependiendo de factores, tales como zona de cultivo, variedad de fresa utilizada, prácticas culturales, momento de la plantación.
- En este caso, los dos primeros grados de coloración están relacionados con la distancia a los mercados y el tercero a propósitos industriales. (Ficha Técnica para el Cultivo de la Fresa)

2.3. Manejo de postcosecha del cultivo de fresa

La fresa es una fruta de rápida perfectibilidad sobre todo si no hay un buen control de la temperatura. Si está expuesta a temperaturas altas, pierde su calidad en un corto tiempo. Así la fruta expuesta a 30° C por una hora sufre un deterioro equivalente a una semana a 0°C. Al iniciarse la etapa de post cosecha debe propiciarse un enfriado rápido y mantener la cadena de frío hasta el destino final. La selección y clasificación de las fresas se debe efectuar de acuerdo con la norma de calidad del mercado de destino. El preenfriamiento puede efectuarse con una inmersión en agua a 10-12°C por unos minutos. La desinfección hacerla con productos tales como tiabendazol a la concentración de 1500 ppm (partes por millón) en agua. El secado se realiza mediante una corriente de aire con 22 a 25°C de temperatura y 65 a 70% de humedad relativa. El empaque hacerlo en cajas abiertas tipo bandeja de 40cm x 30cm, de cartón corrugado, con capacidad de 2 kg. (8 cavidades de 250 g c/u) El almacenamiento de

la fresa en cámaras frías hacerla a temperatura entre 0°C a 1°C. (Ficha Técnica para el Cultivo de la Fresa)

2.4. Respiración

De acuerdo a (FCEN 2020) y al trabajo del Dr. Sergio González Suarez. Se tiene al proceso de respiración tanto en las plantas de fresas como en cualquier otro frutal, uno de los parámetros importantes al momento de los manejos importantes al momento de plantación y desarrollo foliar ya que con esto se le brinda a la planta un medio de desarrollo adecuado, de esta forma no solo se tiene esta ventaja, sino que además la planta tendrá un mejor desarrollo de raíz, ancla al suelo y vigor en el follaje.

2.5. Salinidad: “La salinidad de un suelo se define como la concentración de sales solubles que existe en la solución del suelo.” (Definición y Origen de La Salinidad, n.d.), la salinidad óptima para el suelo de un cultivo de fresa es de Salinidad<1mmhos.

2.6. pH: “Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa.” (Oxford Dictionary, n.d.), en la producción de fresa el pH óptimo se encuentra entre 6<PH

2.7. CN: “La Relación C/N es un índice de la calidad del sustrato orgánico del suelo. Indica la tasa de nitrógeno disponible para las plantas” (Carolina *et al.*, 2017), la relación C/N ideal para un cultivo de fresa es de CN= Aprox 10.

2.8. Ozono

“El ozono (O₃), es una sustancia cuya molécula está compuesta por tres átomos de oxígeno, formada al disociarse los 2 átomos que componen el gas de oxígeno. Cada átomo de oxígeno liberado se une a otra molécula de oxígeno (O₂), formando moléculas de Ozono (O₃).” (Química Es, 2023)

La apariencia del ozono es un gas azul pálido, su fórmula molecular es O₃, tiene una masa molecular de 47,998 g/mol, es soluble en agua, su punto de fusión es de -197.2°C, el punto de ebullición es -111.9 °C. (Química Es, 2023)

2.9. Función del ozono

El ozono como tal, se puede generar artificialmente con un equipo especializado para este fin, como es el caso de un ozonizador. Así también el ozono funge como desinfectante, ya que es fundamentalmente un oxidante relevante, aunque se le conoce más por su presencia en la atmósfera.

Hakan Karaca y Sedat Velioglu (2007) mencionan que la utilización del ozono como oxidante es muy eficaz tanto para hortalizas, así como frutas, esto se señala a raíz de haber obtenido datos favorables en la investigación para obtener soluciones en las problemáticas que aquejan la industria alimentaria. Por lo cual, se debe tomar en cuenta la aplicación correcta del ozono para cada producto específico, es decir, determinar su aplicación adecuada en cada caso donde se utilice, ya que, debemos tener presente que una mala implementación de este, implicaría daños o efectos nocivos para nuestros productos, que en ocasiones puede llegar a reflejarse directamente en la pérdida de la calidad sensorial.

Brodowska, Nowak y Śmigielski (2018) mencionan que el análisis y la evaluación del buen funcionamiento en la aplicación del ozono para el cuidado postcosecha de frutas, verduras, así como el cuidado de carnes y productos que tienden a descomponerse, es también muy relevante ya que, se debe tener información que nos permita tener un fundamento de casos donde se ha implementado el ozono para su aplicación en la industria alimentaria. Es por ello que se rectifica la funcionalidad de la aplicación de este ya que resulta relevante para la descontaminación de espacios, así como el impedimento en la propagación y presencia de microorganismos.

Ricaurte (2006) menciona que el ozono es más efectivo que el cloro para matar bacterias en el medio que se emplee, puntualmente menciona que el ozono tiene 3 acciones fundamentales directas, tales como lo son acción microbicida, acción desodorante y finalmente una acción oxigenante. Menciona también que es por ello que el ozono se puede implementar tanto en la agricultura, en la ganadería, etc., se puede implementar para la conservación de carnes, desodorización de ambientes contaminados, al igual que con el ozono podemos generar atmosferas ozonizadas

para obtener mejores frutos conservados y de esta manera obtener mejor calidad y conservación postcosecha de frutos y hortalizas.

De acuerdo a la revista *Venta & Broche* (2010) la correcta aplicación del ozono puede ser un tratamiento alternativo sustentable en la postcosecha tanto en frutas como en hortalizas, lo cual representa también, que debe haber un análisis de las condiciones de tratamiento que presenta cada producto con el fin de que la aplicación sea más eficiente.

Bataller *et al.* (2010) concluyeron que cuando se realiza una correcta aplicación del ozono es sin duda alguna, una opción sustentable para el tratamiento en postcosecha tanto de frutas como de hortalizas. Sin embargo, mencionan que para cada cultivo es distinto así que no debemos dejar pasar por desapercibido, un análisis antes de la aplicación de este, con la única finalidad de obtener una respuesta y datos favorables para cada cultivo específico.

El ozono es un gas muy flexible que se puede implementar en diferentes sustancias o productos, con el fin de sanitizar los espacios donde este se aplique, tal es el caso del agua que se puede ozonificar; para el presente experimento se empleó el agua ozonificada con el propósito en determinar si eficiencia, para la higienización de frutas y hortalizas. Los resultados detallan que aquellos tratamientos donde se identificó una mayor concentración de ozono, así como mayor tiempo de contacto, se redujo significativamente la presencia de agentes patógenos que representan una amenaza para nuestras frutas y hortalizas. Consiguiendo así la viabilidad en su uso para la conservación en la postcosecha (Castro & Quispe, 2010).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coahuila. En uno de los invernaderos del Departamento de Horticultura, el cual presenta las coordenadas geográficas 25°23'36"N y 101°00'02"O.

3.2. Material vegetativo utilizado

El material vegetal de fresa (*Fragaria x ananassa Duch*) variedad festival se adquirió a raíz desnuda de una empresa ubicada en el estado de Guanajuato.

3.3. Formación del experimento

Los tratamientos probados en este experimento se formaron considerando dos soluciones (California y Steiner) y aplicaciones o no de ozono a la solución nutritiva (Cuadro 1.)

Cuadro 1. Formación de tratamientos con dos soluciones nutritivas y aplicaciones o no de ozono en el cultivo sin suelo de fresas.

Tratamiento	Solución nutritiva	Ozono (O ₃)
1	California	Sin ozono
2	Steiner	Sin ozono
3	California	Con ozono
4	Steiner	Con ozono

3.4. Procedimiento experimental

Este experimento se inició el día 13 de mayo del 2022 y se llevó acabo de la siguiente manera:

Al arribo de las plántulas de fresa se guardaron en un refrigerador del laboratorio de postcosecha. Posteriormente se preparó el sustrato (medio sin suelo) y para ello se elaboró una mezcla de peat moss, perlita y vermiculita en una proporción 7:2:1 v/v y se colocó en macetas de plástico de 8". Antes del trasplante las plantas de fresas se desinfectaron sumergiéndolas en una solución de fungicida. Posteriormente se trasplantaron en las macetas con el sustrato. Las plantas de fresa permanecieron en la maceta un periodo de 15 días y fueron regadas únicamente con agua para su adaptación y para la formación de las primeras raíces.

Después de dos semanas se colocaron las banderillas (de forma aleatoria) que sirvieron para identificar los tratamientos. Posteriormente se prepararon las soluciones nutritivas en 4 contenedores de 100L. La preparación de los tratamientos con ozono se realizó sumergiendo la esfera porosa de un ozonificador marca "AMERICA wáter treatment" por un periodo 20 minutos en la solución nutritiva e inmediatamente se aplicaron a las macetas.

Las soluciones nutritivas se elaboraron come se observa en los cuadros 2,3,4,5,6 y 7. Para ello los fertilizantes macros fueron pesados con una balanza semianalítica marca Ohaus, los ácidos medidos con una probeta y los micronutrientes elaborados en una solución en un frasco color ámbar.

Cuadro 2. 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
NO₃⁻	12	0.46	11.54
H₂PO₄⁻	1.5	0.01	1.49
SO₄ =	6.23	2.11	4.12
HCO₃⁻	1	4.32	-3.32
Cl	0	1.96	1.96
NH₄⁺	0.521	0.2136	0.5688
K +	7	0.07	6.93
Ca⁺⁺	9	4.16	4.84
Mg⁺ +	4	1.88	2.12
Na	0	2.87	0
Sales micronutrientes	Solución ideal (ppm·L⁻¹)	Aporte del agua de riego	Solución final al 100%
Fe	1.33	0.004	1.326
Mn	0.8	0.009	0.791
Zn	0.3	0.011	0.289
B	0.4	0.23	0.17
Cu	0.06	0.013	0.047
Mo	0.06	0.01	0.05

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

Cuadro 3. Fertilizantes de Macronutrientes utilizados para la solución nutritiva Steiner en el cultivo de fresa.

FERTILIZANTES	ml o g/100 L
Ácido Fosfórico	10.41
Ácido Nítrico	15.02
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 4. Fertilizantes de Micronutrientes utilizados para la solución nutritiva Steiner en el cultivo de fresa.

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

Cuadro 5. Solución California, aportes del análisis de agua y la solución final aplicada.

Sales macronutrientes	Solución ideal (me-L⁻¹)	Aporte del agua de riego	Solución Tipo California
NO3-	6.75	0.46	6.29
H2PO4-	1.25	0.01	1.24
SO4 =	3-8	2.11	0.89-5.89
HCO3-	0	4.32	-4.32
Cl	0	1.96	1.96
NH4+	0.521	0.2136	0.5688
K +	6	0.07	5.93
Ca++	4	4.16	-0.16
Mg+ +	2	1.88	0.12
Na	0	2.87	0
Sales micronutrientes	Solución ideal (ppm-L⁻¹)	Aporte del agua de riego	Solución final al 100%
Fe	2.8	0.004	2.796
Mn	0.4	0.009	0.391
Zn	0.2	0.011	0.189
B	0.6	0.23	0.37
Cu	0.1	0.013	0.087
Mo	0.05	0.01	0.04

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

Cuadro 6. Fertilizantes de Macronutrientes utilizados para la solución nutritiva California en el cultivo de fresa.

FERTILIZANTES	ml o g/100 L
Ácido Sulfúrico	6.36
Ácido Fosfórico	8.66
Ácido Nítrico	3.05
Nitrato De Potasio	59.89
Sulfato De Magnesio	1.48

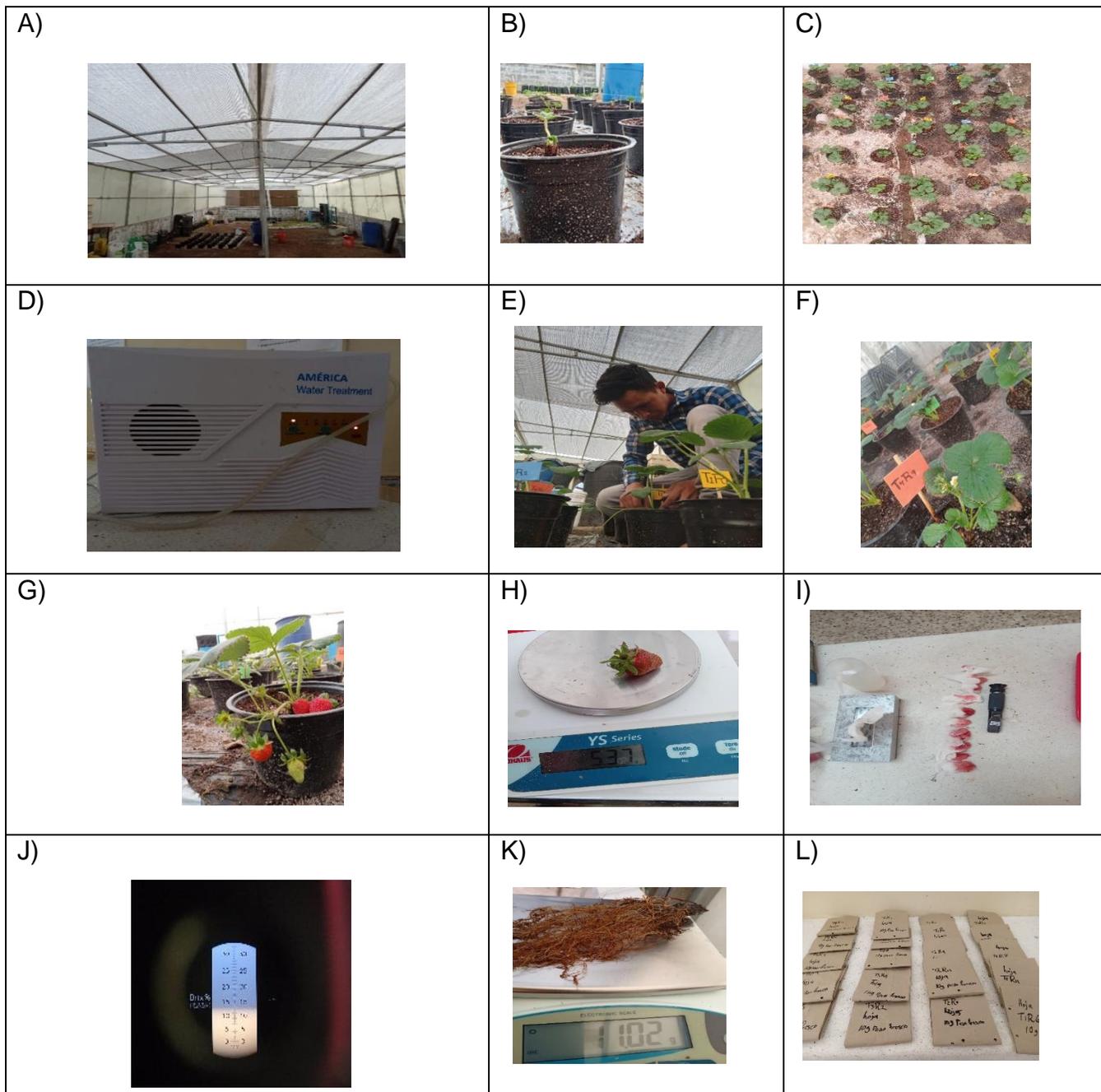
Para aplicar los micronutrientes a la solución nutritiva se elaboró una solución madre y para ello se utilizaron los siguientes fertilizantes:

Cuadro 7. Fertilizantes de Micronutrientes utilizados para la solución nutritiva California en el cultivo de fresa.

FERTILIZANTES	g:1000 L
Sulfato De Manganeso	0.425
Sulfato De Zinc	0.822
Sulfato De Cobre	0.348
Ácido Bórico	2.176
Molibdato De Amonio	0.069
Quelato De Fierro EDDHA	46.600

Figura 1. Procedimiento experimental en el invernadero de Horticultura.

Las plantas fueron regadas 2 o 3 veces a la semana según se requiriera y al aparecer los primeros frutos (finales del mes de junio y principios del mes de agosto) dio comienzo la evaluación de las variables.



A) Montaje del experimento en el invernadero, B) plántulas en proceso de adaptación, C) etiquetado de tratamientos, D) ozonificador, E) monitoreo y eliminación de estolones y podas, F) conteo del número de hojas, G) primeros frutos, H) peso del fruto, I) proceso de medición de grados brix del fruto por destrucción total, J) grados brix de los frutos, K) peso fresco de raíz, L) empaque y etiquetado para los pesos secos de raíz y hojas.

3.5. Variables evaluadas

Las variables evaluadas en el experimento fueron las siguientes:

Grosor de tallo: Esta variable se obtuvo con ayuda de un vernier el cual se colocó en el cuello de la planta cercano a la raíz y se obtuvo el grosor de las plantas en milímetros.

Número de hojas: para esta variable se obtuvo con el conteo manual de las hojas compuestas de cada planta.

Peso seco de hojas: el proceso para la obtención de esta variable se realizó similar a la lectura del peso de la raíz pero tomando 10 g de follaje.

Peso fresco de raíz: para la obtención de esta variable se tomaron 5 plantas por tratamiento, se separó la parte foliar de la parte radicular y posteriormente se lavó toda la raíz para eliminar todo el sustrato adherido a la raíz que pudieran alterar la lectura, finalmente se pesó la raíz con una báscula semianalítica en gramos.

Peso seco de raíz: para la obtención de los datos de esta variable se tomaron las cinco raíces previamente pesadas, se colocaron en una bolsa de papel perforada y se sometieron un horno por 24 hora a 110°C. para posteriormente volver a pesarlos y obtener el contenido de materia seca.

Peso promedio de fruto: Esta variable se obtuvo pesando cada fruto con una balanza semianalítica marca Ohaus en gramos y obteniendo un promedio.

Contenido de sólidos solubles del fruto: para la obtención de estos datos se realizó una prueba destructiva a los frutos una vez pesados. Para ello, se obtuvo una gota de jugo del fruto misma que se colocó sobre un refractómetro y se obtuvo una lectura en grados Brix.

Acidez: Para obtener esta variable se utilizaron tirillas indicadoras de pH.

3.6. Análisis Estadístico

Se realizó un Análisis de Varianza (ANVA) ($P \leq 0.05$) y una comparación de medias por Duncan ($P \leq 0.05$) en un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2 x 2, donde el primer factor fue el ozono (con ozono y sin ozono) y el segundo factor la solución nutritiva (Steiner y California). Los datos fueron analizados con el paquete computacional SAS versión 9.0 para Windows.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Grosor de tallo

En el cultivo de fresa el grosor de tallo es una variable de importancia ya que un tallo grueso y fuerte soporta mejor la carga de fruta y tiene más posibilidades de transportar mejor los nutrientes de la raíz a las hojas y a los frutos. Al realizar los análisis estadísticos de varianza y comparación de medias al ($P \leq 0.05$) se observó diferencia estadística para esta variable en la interacción $O_3 \times SN$ es decir que el efecto combinado entre el ozono y la solución nutritiva afectó esta variable (Cuadro 8). El tratamiento que proporcionó el mayor diámetro de tallo con 13 mm en promedio fue el tratamiento elaborado con la solución nutritiva California y sin O_3 en el agua de riego (Figura 2).

En el experimento no se observó que la aplicación de ozono en esta variable ocasionara una respuesta diferente. Resultados diferentes obtuvo García (2020), donde demostró que en el cultivo de pepino el diámetro del tallo (ddt) presentó diferencias significativas a los 30 ddt y de los 60 a 70 ddt al aplicar O_3 en riego. Probablemente debió a que existió un mayor contacto de la base del tallo con el O_3 y señala que la respuesta a las diferentes tensiones en el ambiente se expresa con cambios morfológicos, fisiológicos y químicos provocados por el O_3 .

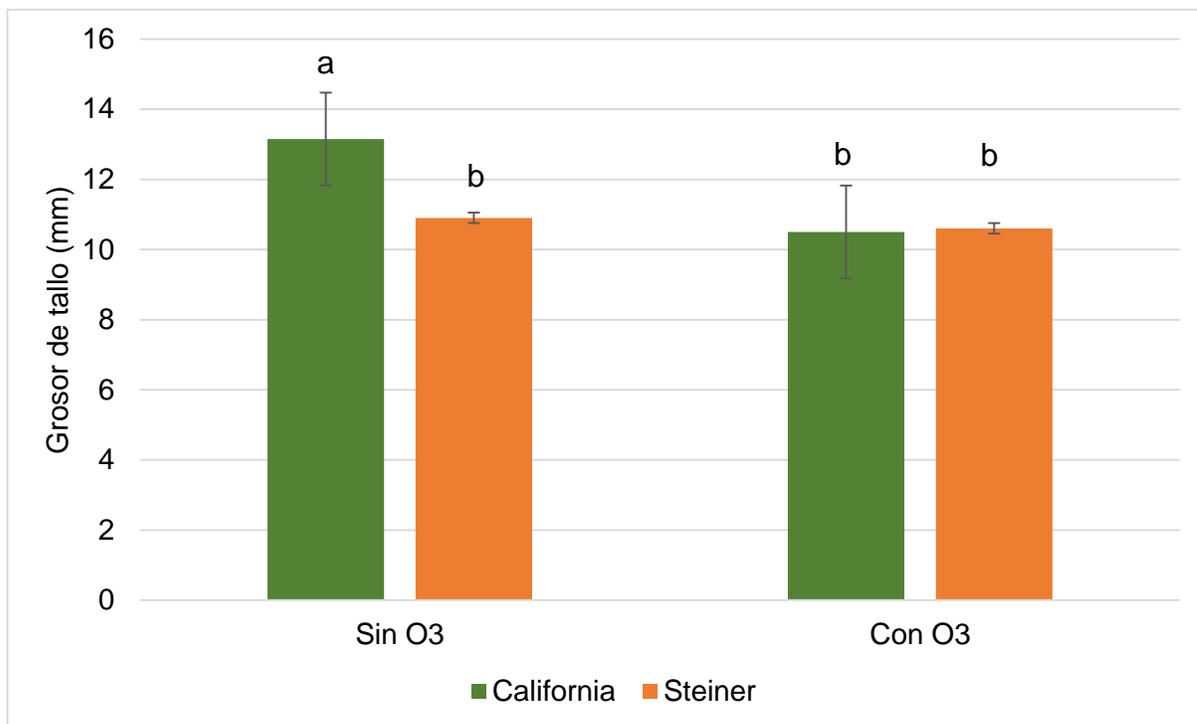


Figura 2. Comportamiento de la variable grosor de tallo en el cultivo de fresa cultivada con dos soluciones nutritivas y sin o con ozono.

4.2. Número de hojas

El número de hojas en una planta es esencial para el proceso de la fotosíntesis. Al realizar los análisis estadísticos de varianza y comparación de medias con la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) no se observó diferencia estadística ni numérica entre los tratamientos (Cuadro 8 y Figura 3).

Resultados diferentes obtuvo Ishii *et al.* (2021) en el cultivo de mostaza japonesa donde logró demostrar que con O_3 en el agua aplicado en un sistema hidropónico afecto de forma favorable el peso fresco de hojas, número de las hojas y la longitud y el ancho de las hojas. Posiblemente, esta respuesta se deba a que el O_3 además de reducir la presencia de patógenos en el suelo o sustrato, propicia la oxigenación de la raíz y promueve una mejor absorción de los nutrientes (Cuadro 8 y Figura 2).

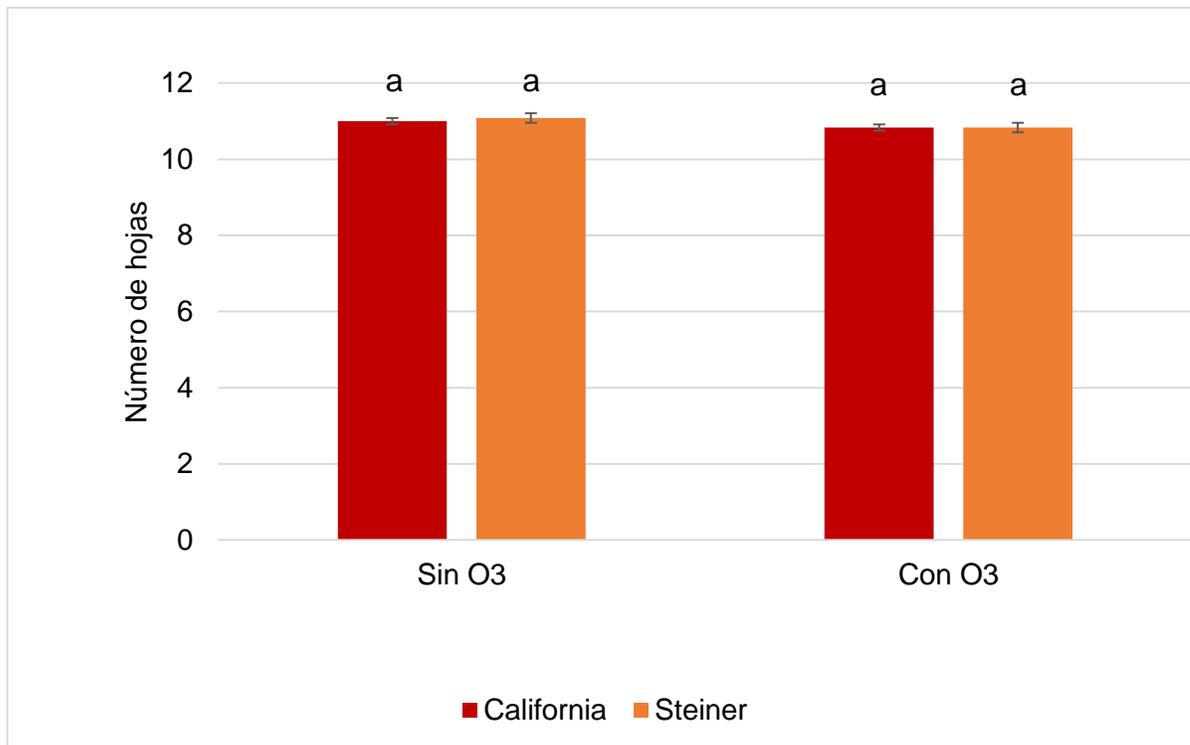


Figura 3. Comportamiento de la variable número de hojas en el cultivo de fresa cultivada con dos soluciones nutritivas y sin o con ozono.

4.3. Peso seco de hoja

En esta variable no se obtuvo diferencia significativa entre los tratamientos. Sin embargo, se observa una ligera diferencia numérica, siendo el tratamiento elaborado con la solución nutritiva California sin O₃ la que proporcionó la menor acumulación de materia seca (Cuadro 8 y Figura 5).

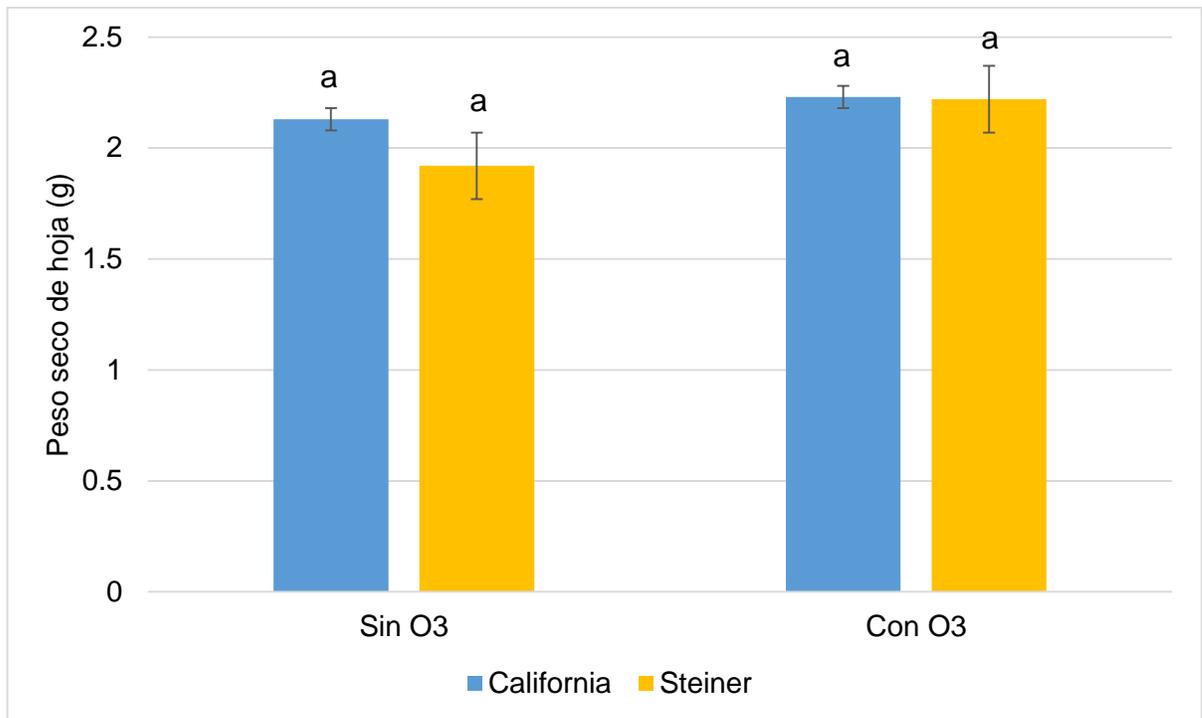


Figura 4. Comportamiento de la variable peso seco de hoja en 10 g de hoja fresca en el cultivo de fresa cultivada con dos soluciones nutritivas y sin o con ozono.

Colunje *et al.* (2021) demostró que con la aplicación de O₃ en fertiirrigación en pimiento se incrementó el crecimiento y la biomasa. Igualmente señaló que el aumento de la biomasa se debió a que las plantas obtuvieron mayor captación de N y K. También, menciona que se obtuvieron mayor peso de tallo y hoja con una mayor área foliar y un aumento en las concentraciones de clorofila, con mayor síntesis de bioasimilados favoreciendo su crecimiento, por lo que concluyó que esto se debió a que la planta obtuvo mayor absorción de N, P y K.

Cuadro 8. Comparación de medias y significancia estadística de los factores Ozono y solución nutritiva en las variables grosor de tallo (GT), número de hojas (H) y peso seco de hojas (PSH) en la producción de fresa.

Factor	GT	H	PSH
Ozono (O ₃)			
Sin O ₃	12.02 a	11.04 a	2.22 a
Con O ₃	10.55 b	10.83 a	2.03 a
DMS	0.93	1.64	0.49
Solución Nutritiva (SN)			
California	11.81 a	10.95 a	2.18 a
Steiner	10.76 b	10.91 a	2.18 a
DMS	0.93	1.64	0.49
Significancia			
O ₃	*	ns	ns
SN	*	ns	ns
O ₃ xSN	*	ns	ns
CV	14.22	25.80	24.16

4.4. Peso fresco de raíz

La raíz es la parte más importante en la fisiología de una planta ya que es por este medio donde la planta absorbe los nutrientes, aporta el anclaje al suelo y proporciona un buen desarrollo de la planta, además, un buen sistema radicular protege a la planta de enfermedades subterráneas.

En este experimento se obtuvo diferencia significativa entre tratamientos. La aplicación de ozono en la solución nutritiva proporcionó un mayor peso fresco de planta (Cuadro 9, Figura 6).

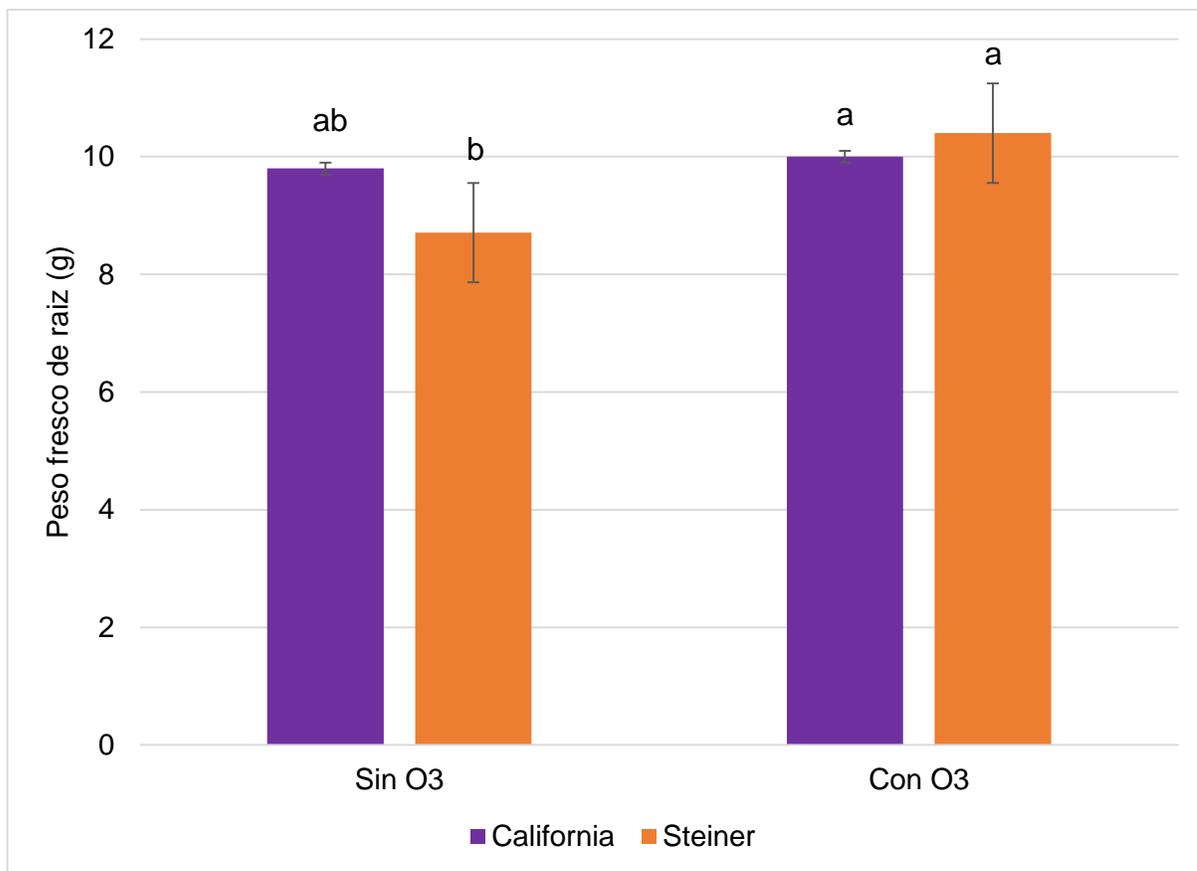


Figura 5. Comportamiento de la variable peso fresco de raíz en el cultivo de fresa cultivada con dos soluciones nutritivas y sin o con ozono.

Resultados similares obtuvo Vázquez *et al.* (2015) donde observó que en el cultivo de lechuga (*Lactuca Sativa* L.) a partir de la cuarta semana después de la siembra los tratamientos con aplicación de 2.66 y 3.96 mg L⁻¹ de O₃ el crecimiento de la biomasa húmeda de la raíz gradualmente fue mayor que en el testigo sin O₃. Dando como resultado que la biomasa húmeda de la raíz existió diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos en la décima semana de crecimiento y que las plantas de ambos tratamientos con O₃ acumularon entre 21 % y 24 % más biomasa fresca en las raíces que el testigo.

4.5. Peso seco de la raíz

En esta variable se obtuvo diferencia significativa en los tratamientos. El mejor tratamiento fue aquel donde se aplicó O₃ en la solución Steiner (Cuadro 9 y Figura 7).

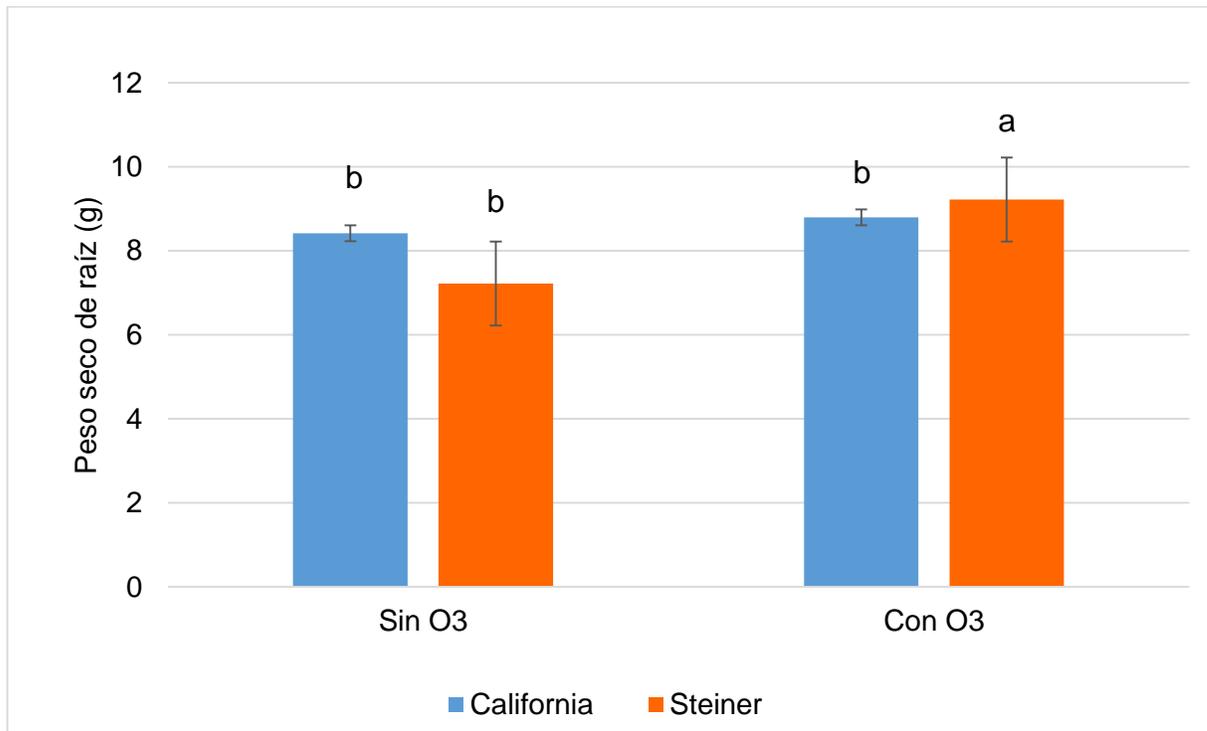


Figura 6. Comportamiento de la variable peso seco de raíz en el cultivo de fresa cultivada con dos soluciones nutritivas y sin o con ozono.

4.6. Peso promedio de fruto

El tamaño de fruto es un parámetro importante de calidad en un cultivo, generalmente a mayor tamaño, mayor calidad de fruto. En este experimento, no se obtuvo diferencia significativa entre tratamientos, pero si numérica. Los tratamientos elaborados con la solución Steiner independientemente de la aplicación de O₃ proporcionaron el mayor peso promedio de fruto con valores entre 8.7 y 10.2 g (Cuadro 9 y Figura 8).

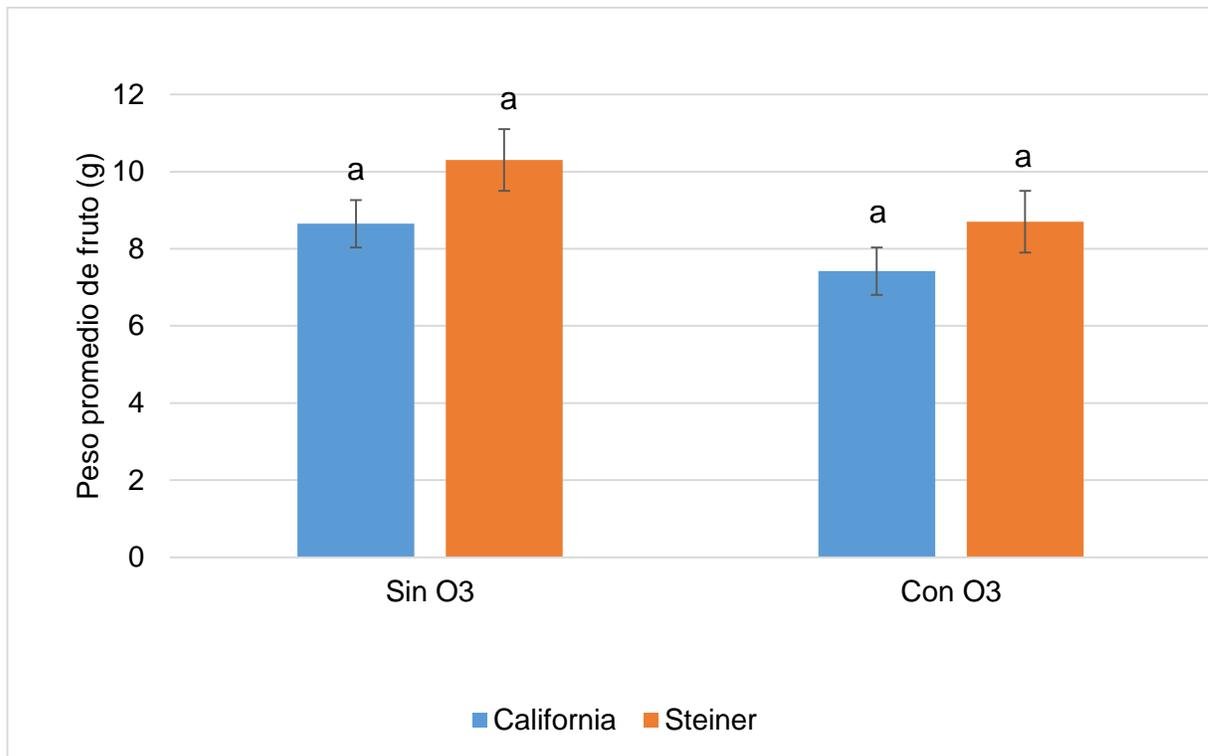


Figura 7. Comportamiento de la variable peso promedio de fruto en el cultivo de fresa cultivada con dos soluciones nutritivas y sin o con ozono.

Resultados muy similares a los que obtuvo Sonia Huerta Ortega (Tetela de Ocampo, Puebla, México. Marzo de 2015) donde obtuvo en zanahorias pesos de 4 a 7.4 gramos en con soluciones de Steiner sin O₃.

Esto se podría deber a los parámetros climáticos en los que se dio el periodo de cosecha y peso de nuestros frutos no facilitaron el llenado y madures del fruto.

4..7. Contenido de Sólidos Solubles

El contenido de azúcares es un indicador importante de la calidad de los frutos en el cultivo de fresa. En este experimento no se obtuvo diferencia estadística ni numérica en los tratamientos. Todos proporcionaron un valor de 6 a 6.5 °Brix en las lecturas con el refractómetro (Cuadro 9).

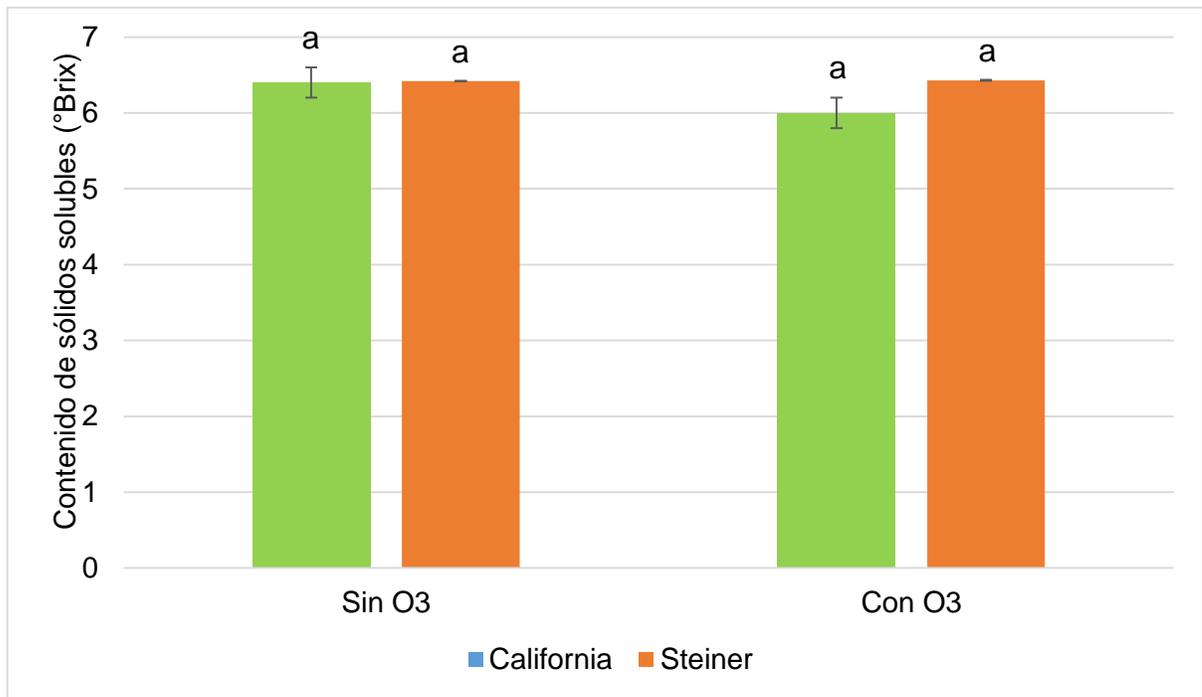


Figura 8. Comportamiento de la variable contenido de sólidos solubles en el cultivo de fresa cultivada con dos soluciones nutritivas y sin o con ozono.

4.8. Acidez

Esta variable es importante para determinar la calidad del fruto en fresa. En este experimento no se obtuvo diferencia significativa ni numérica. El valor promedio de los frutos evaluados fue de 3.

Cuadro 8. Comparación de medias y significancia estadística de los factores Ozono y solución nutritiva en las variables peso fresco de raíz (PFR), peso seco de raíz (PSR), peso promedio de fruto (PF) y contenido de sólidos solubles (CSS) en la producción de fresa.

Factor	PFR	PSR	PF	CSS
Ozono (O₃)				
Sin O ₃	10.20 a	8.97 a	8.55 a	ns
Con O ₃	9.26 a	7.82 b	8.05 a	ns
DMS	0.64	0.61	1.19	ns
Solución Nutritiva (SN)				
California	9.89 a	8.58 a	8.44 a	ns
Steiner	9.56 a	8.22 a	8.15 a	ns
DMS	0.64	0.61	1.19	ns
Significancia				
O ₃	*	*	ns	ns
SN	ns	ns	ns	ns
O ₃ xSN	*	*	ns	ns
CV	6.94	7.70	22.36	12.01

V. CONCLUSIÓN

En este experimento se obtuvo que las aplicaciones de ozono y las soluciones nutritivas afectaron el crecimiento y desarrollo del cultivo de fresa. El efecto combinado de ozono y la solución nutritiva proporcionaron un mayor grosor de tallo, peso fresco y peso seco de raíz. No se obtuvo diferencia estadística ni numérica en el contenido de sólidos solubles, ni acidez, pero si una ligera diferencia numérica en el peso promedio de fruto.

VI. LITERATURA CITADA

- Alcántar, G.G. y T.L.I. Trejo, 2007. Nutrición de cultivos. Mundi–Prensa. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México .438 p.
- Alcantara A. 2009. Comparación de diferentes sistemas de producción sobre crecimiento, rendimiento y calidad postcosecha de fresa Cv. San Andreas. 12p.
- Alía-Tejacal, I., L. Valdez-Aguilar, E. Campos-Bravo, M. de J. Sainz-Aispuro, G. A. Pérez-Arias, M. T. Colinas-León, M. Andrade R., V. López-Martínez, A: Alvear-García. 2011. Efecto de la aspersión de ácido giberélico en el crecimiento de cinco cultivares de nochebuena. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Publicación Especial 3: 577-589.
- Agroalimentarias 2018 · Presentación Atlas Agroalimentario .
- Bangerth, F. 1972. Calcium related physiological disorders of plants. Annu. Rev. Phytopath. 17: 97–122.
- Benavides, A., Cisne, J. and Laguna, R. (2007). Fertilización orgánica sobre tres genotipos de fresa (*Fragaria* spp.) en las sábanas, Madriz. Revista Científica de la Universidad Nacional Agraria, 8:54-68.
- Basyouni, R., B.L. Dunn, C. Goad. 2015. Use of nondestructive sensors to assess nitrogen status in potted poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* L. (Willd. Ex Klotzsch) production. Scientia Horticulturae 192: 47-53.
- Barrón T, B. U. 2013. Evaluación de seis mezclas de sustrato alternativos en la producción de plántula de lechuga *Lactuca sativa* L. 38 p.

- 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>
- Bonachela S., Acuña, R. A y Casas, J. 2007. Factores ambientales y prácticas de gestión que controlan la dinámica del oxígeno en estanques de riego agrícola en una región mediterránea semiárida: implicaciones para las funciones agrícolas de los estanques. *Investigación del agua*. 41 (6). Pp 1225-1234.
- Bacteria or melanosomes? A geochemical analysis of micro-bodies on a tadpole from the Oligocene Enspel Formation of Germany.
- Castro, V. N., & Quispe, T. A. (2010). Effect of ozone sanitizing systems for fruit and vegetables in the specialized laboratories FIIA -UNASAM. *Scielo Rev. Aporte Santiaguino*, 52.
- Caro D, E. M., Fernández, F., Miranda, D. J., Vásquez, G. N., Bautista, F. A., & Nunja G, J. V. 2021. Efecto del agua ozonizada sobre la reducción poblacional de *Escherichia coli* en hortalizas mínimamente procesadas. *Peruvian Agricultural Research*, 3(2). 6 p.
- Cultrop vol.41 no.4 La Habana oct.-dic. 2020 Epub 01-Dic-2020.
- Effects of increasing O₃ concentration in fertigation with the standard nutrient solution in total nitrogen extracted from plants (TNE) (mg plant⁻¹) and their distribution in root (RNR), stem (SNR), and leaf (LNR) in *C. annuum* at the end of the experimental period.
-
- Expectativas 2004 Aids to Compliance With Duty of Disclosure [R-07.2022]

- Flórez, R. and Mora, R. (2010). Fresa (*Fragaria x ananassa*Duch.) producción y manejo post cosecha. (Primera ed.). Bogotá: Produmedios, p 114.
- Germinación de semillas, micropropagación y conservación de germoplasma *in vitro* de *Cedrela odorata* (Meliaceae) en el norte del Perú.
- Graham T., Zhang, P., Woyzbun, E. and Dixon, M. 2011. Response of hydroponic tomato to daily applications of aqueous ozone via drip irrigation. *Scientia Horticulturae*. (129). Pp 464–471.
- Irene López-Gómez, Gonzalo Hervás y Carmelo Vázquez Universidad Complutense de Madrid (España)
- Kumari S, Agrawal, M., Tiwari, S. 2013. Impact of elevated CO² and elevated O₃ on *Beta vulgaris* L.: Pigments, metabolites, antioxidants, growth and yield. *Environ. Pollut.* (174). Pp 279–288.
- Llerena A., Castaño R., y Joaquín C. 2015. Relación de la concentración y frecuencia de aplicación de ozono con el nivel de daño de la sigatoka negra en banano. Diseño de un protocolo de riego con agua ozonificada.16(2). 10 p.
- Muñoz J, Z. D. P. 2007. Comparación del sustrato de fibra de coco con los sustratos de corteza de pino compostada, perlita y vermiculita en la producción de plantas de *Eucalyptus globulus* (Labill). Valdivia (CHL): Facultad de Ciencias Forestales-Universidad Austral de Chile. 58 P.
- Moreno R, M. D. J., Pineda P, J., Colinas L, M. T., & Sahagún C, J. 2020. El oxígeno en la zona radical y su efecto en las plantas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*.11(4). 13 p.
- Molina M, E. 2022. Optimización del riego con agua ozonizada en pimiento mediante su combinación con el uso de bioestimulantes. 44 p.

- Martínez S. A. and Aguayo. E. 2019. Effect of irrigation with ozonated water on the quality of capsicum seedlings grown in the nursery. (221). Pp 547-555.
- Martínez S. G. 2019. Agua ozonizada, antecedentes, usos en medicina y bases preclínicas. Revista Española de Ozonoterapia. 9(1). 27 p.
- Midmore D., Bhattarai, S., Pendergast, L. y Torabi, M.2007. Oxigación: aireación del agua de riego por goteo subterráneo y sus ventajas para la producción de cultivos.
- Olvera, L., 2016. Evaluación agronómica y fisiológica de fresa en un sistema hidropónico innovador tipo revólver. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- October 2006 Revista Electronica de Veterinaria VII(10) License CC BY-NC-ND 4.0.
- Oxifertirrigación en cultivo sin suelo de rosa para flor cortada (*Rosa* sp.) y pimiento (*Capsicum annuum* L.): efectos en desarrollo y producción
- Peykanpour E., Ghehsareh, A. M., Fallahzade, J. y Najarian, M. 2016. Efectos interactivos de la salinidad y el agua ozonizada en los componentes de rendimiento del pepino. Planta, Suelo y Medio Ambiente. 62 (8). 6 p.
- Parra T, S., González T, G. E., Rubio C, W., & Hernández V, S. 2016. Relación NO_3^-/K^+ en la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de pepino hidropónico. Revista mexicana de ciencias agrícolas. 7(6). 12 p.
- Panorama Agroalimentario 2023. México Alimentaria 2018 ·
- Puerta C. E., Russián, T., & Ruiz, C. A. 2012. Producción de plántulas de pimentón (*Capsicum annuum* L.) en sustratos orgánicos a base de mezclas con fibra de coco. Revista Científica UDO Agrícola. 12(2). 9 p.

- Rodríguez M, G. 2007. Efecto del Nitrógeno, Fosforo y Potasio en el desarrollo de plántulas de chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P). 41 p.
- Santo T, E. A. O. 2013. Efectos del agua ozonizada sobre microorganismos patógenos y alterantes de frutas y hortalizas. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 4(1). 13 p.
- Strategy Buy-in for ethical trade, Annual report, Annual review. We're pleased to share our, Annual Review 2015-2016.
- Sonia huerta ortega (Tetela de Ocampo, Puebla, México. Marzo de 2015)
- Vásquez et al. (2016). Efecto del ozono gaseoso sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y apariencia general de *Punica Granatum* L. Wonderful fresca . *Scientia Agropecuaria* , 8.
- Veliz L. E., Llenez, O. J. G., Asela, F. L., & Betaller, V. M. 2008. Reúso de aguas residuales domésticas para riego agrícola. Valoración crítica. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*. 40(1). 11 p.
- Vence L. B. 2008. Disponibilidad de agua-aire en sustratos para plantas. *Ciencia del suelo*. 26(2). 10 p.
- Vázquez Y, J. A., Peña V, C. B., Trejo, C., Villegas B, A., Benedicto V, S., & Sánchez G, P. 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). 9 p.

