

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Producción de Plántula de Chile Güero/Húngaro (*Capsicum annuum*) con Agua Ozonizada y Tres Sustratos Bajo Condiciones de Invernadero

Por:

EYMAN HERNÁNDEZ DE LEÓN

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Octubre del 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Producción de Plántula de Chile Güero/Húngaro (*Capsicum annuum*) con Agua Ozonizada y Tres Sustratos Bajo Condiciones de Invernadero

Por:

EYMAN HERNÁNDEZ DE LEÓN

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez
Asesor Principal

Dr. Rosendo Hernández Martínez
Coasesor

Dr. Neymar Camposeco Montejó
Coasesor

Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Octubre del 2023

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir la 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 citado sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, vídeos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar el 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.



Eyman Hernández De León

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme las fuerzas suficientes durante el transcurso de mi carrera profesional y por darme la dicha de disfrutar cada uno de mis sueños cumplidos. Por cuidarme, protegerme y permitir la llegada de las cosas buenas y muchas bendiciones.

A mi Alma Mater, la gloriosa Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Por darme la oportunidad, de pertenecer como alumno y realizar mis estudios, además de brindarme herramientas durante mi estancia para mi formación.

A mis asesores:

Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez, por la oportunidad, confianza y enseñanza que me manifestó para realizar este trabajo, el tiempo disponible para ayudarme en el logro y progreso de este trabajo de tesis y todo el apoyo que me brindó.

Dr. Rosendo Hernández Martínez, por su tiempo, paciencia y confianza que depositó en mí, así mismo por las asesorías y el apoyo en la colaboración de este trabajo.

Dr. Neymar Camposeco Montejo, por su tiempo y disponibilidad en la participación de este trabajo.

A todos mis amigos y familiares que de una manera me brindaron su apoyo, gracias por brindarme su amistad, apoyo incondicional y por todos los bellos momentos que pasamos juntos, muchas gracias.

DEDICATORIAS

A mis Padres

Domingo Hernández Santizo y Gloria De León Pérez, por darme la vida, por brindarme su amor día tras día e incondicionalmente, por todos los esfuerzos que hicieron para cumplir este logro que no solo es mío, si no de ellos también, me enorgullece ser el hijo de estas dos grandes personas a los cuales les debo todo, los amo.

A mis Hermanos

Abilio, Abner, Gendri, Jeremias, Osiel, Gilber, Nohemi, Rosy, Lindora, Alondra, porque son los mejores hermanos, por estar en mi vida no solo aportando buenas cosas, si no también por ser parte fundamental de este gran logro.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	viii
DEDICATORIAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general.....	4
1.2. Objetivos específicos.....	4
1.3. Hipótesis.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Lugar de Origen.....	5
2.2. Clasificación Taxonómica.....	5
2.3. Principales chile producidas y consumidas en México.....	5
2.4. Chile güero/ húngaro o caribe (<i>Capsicum annuum</i>).....	6
2.5. Producción e importancia de plántulas bajo invernadero.....	7
2.6. Tipos de sustratos.....	8
2.6.1. Materiales orgánicos.....	8
2.6.2. Materiales Inorgánicos (minerales).....	9
2.7. Origen y características de los diferentes sustratos.....	9
2.7.1. Peat Moss.....	9
2.7.2. Fibra de coco.....	9
2.7.3. Lombricomposta.....	10
2.7.4. Perlita.....	10
2.7.5. Vermiculita.....	10
2.7.6. Osmocote.....	11
2.8. El agua en la agricultura.....	11
2.9. Calidad del Agua.....	12
2.10. Fuentes de agua.....	12
2.10.1. Agua dulce.....	12
2.10.2. Agua Reutilizadas.....	13

2.10.3. Agua Ozonizada	13
2.10.4. Usos del ozono	16
2.10.5. Ventajas y desventajas del ozono.....	16
2.11. La importancia del oxígeno O ₂ en las plantas	18
2.12. El oxígeno en el Agua	18
2.13. El oxígeno en los sustratos	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1. Localización geográfica del sitio experimental	21
3.2. Material genético.....	21
3.3. Agua de riego.....	21
3.4. Material o equipo de trabajo.....	21
3.5. Formación de tratamientos	21
3.6. Procedimiento experimental.....	22
3.6.1. Llenado de charolas.....	22
3.6.2. Siembra	22
3.6.3. Riego (ozonizada, potable)	23
3.7. Diseño Experimental	23
3.8. Variables de estudio.....	24
3.9. Descripción de toma de datos.....	24
3.10. Análisis estadístico.....	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1. Altura de plántula (ALP)	27
4.2. Número de hojas (NH)	28
4.3. Diámetro de plántula (DP).....	29
4.4. Longitud de raíz (LR)	30
4.5. Peso fresco de vástago (PFV)	31
4.6. Peso fresco de raíz (PFR).....	33
4.7. Peso seco de vástago (PSV)	34
4.8. Peso seco de raíz (PSR).....	35
V. CONCLUSIONES.....	37
VI. LITERATURA CITADA.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Diagrama esquemático del proceso de ozonización.....15
- Figura 2.** Esquema del mecanismo de interacción del ozono con las bacterias. El ozono altera la integridad de la membrana a través de la peroxidación de los fosfolípidos, las lipoproteínas y el peptidoglicano. Inactiva las enzimas, inhibe casi todos los genes y degrada el material genético, interrumpiendo la actividad normal de las bacterias..... 15
- Figura 3.** A= Preparación de mezcla de sustratos, B= Llenado de charolas, C= Siembra, una semilla por cavidad, D= Tapado de charolas para la germinación, E= Aplicación de agua potable, F= Plántulas con hojas verdaderas, G= Agua tratada con ozono para su aplicación, H= Plántulas listas para la evaluación, I= Evaluación de las variables de altura de plántula, longitud de raíz, diámetro de plántula, peso fresco de vástago y raíz, J= Secado de muestras de vástago y raíz, K= Toma de datos de la variables peso seco del vástago y raíz.....25
- Figura 4.** Altura de plántula en la producción en invernadero de chile Güero/Húngaro cultivado en tres sustratos y dos tipos de agua. S1= 70 % peat moss, 20 % perlita, 10 % vermiculita y osmocote®, S2= 50 % peat moss, 20 % lombricomposta, 20 % perlita y 10 % vermiculita y S3= 50 % fibra de coco, 20 % lombricomposta, 20 % perlita, 10 % vermiculita..... 28
- Figura 5.** Número de hojas en la producción en invernadero de chile Güero/Húngaro cultivado en tres sustratos y dos tipos de agua. S1= 70 % peat moss, 20 % perlita, 10 % vermiculita y osmocote®, S2= 50 % peat moss, 20 % lombricomposta, 20 % perlita y 10 % vermiculita y S3= 50 % fibra de coco, 20 % lombricomposta, 20 % perlita, 10 % vermiculita.....29
- Figura 6.** Diámetro de tallo en la producción en invernadero de chile Güero/Húngaro cultivado en tres sustratos y dos tipos de agua. S1= 70 % peat moss, 20 % perlita, 10 % vermiculita y osmocote®, S2= 50 % peat moss, 20 % lombricomposta, 20 % perlita y 10 % vermiculita y S3= 50 % fibra de coco, 20 % lombricomposta, 20 % perlita, 10 % vermiculita..... 30
- Figura 7.** Longitud de raíz en la producción en invernadero de chile Güero/Húngaro cultivado en tres sustratos y dos tipos de agua. S1= 70 % peat moss, 20 % perlita, 10 % vermiculita y osmocote®, S2= 50 % peat moss, 20 % lombricomposta, 20 % perlita y 10 % vermiculita y S3= 50 % fibra de coco, 20 % lombricomposta, 20 % perlita, 10 % vermiculita.....31
- Figura 8.** Peso fresco de vástago en la producción en invernadero de chile Güero/Húngaro cultivado en tres sustratos y dos tipos de agua. S1= 70 % peat moss, 20 % perlita, 10 % vermiculita y osmocote®, S2= 50 % peat moss, 20 % lombricomposta, 20 % perlita y 10 % vermiculita y S3= 50 % fibra de coco, 20 % lombricomposta, 20 % perlita, 10 % vermiculita.....32

Figura 9. Peso fresco de raíz en la producción en invernadero de Chile Güero/Húngaro cultivado en tres sustratos y dos tipos de agua. S1= 70 % peat moss, 20 % perlita, 10 % vermiculita y osmocote®, S2= 50 % peat moss, 20 % lombricomposta, 20 % perlita y 10 % vermiculita y S3= 50 % fibra de coco, 20 % lombricomposta, 20 % perlita, 10 % vermiculita.....33

Figura 10. Peso seco de vástago en la producción en invernadero de Chile Güero/Húngaro cultivado en tres sustratos y dos tipos de agua. S1= 70 % peat moss, 20 % perlita, 10 % vermiculita y osmocote (Fertilizante como testigo), S2= 50 % peat moss, 20 % lombricomposta, 20 % perlita y 10 % vermiculita y S3= 50 % fibra de coco, 20 % lombricomposta, 20 % perlita, 10 % vermiculita.....34

Figura 11. Peso seco de raíz en la producción en invernadero de Chile Güero/Húngaro cultivado en tres sustratos y dos tipos de agua. S1= 70 % peat moss, 20 % perlita, 10 % vermiculita y osmocote®, S2= 50 % peat moss, 20 % lombricomposta, 20 % perlita y 10 % vermiculita y S3= 50 % fibra de coco, 20 % lombricomposta, 20 % perlita, 10 % vermiculita.....36

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Agentes infecciosos potencialmente presentes en aguas residuales domésticas no tratadas.....	14
Cuadro 2. Formación de tratamientos elaborados con agua potable, agua ozonizada y tres sustratos en la producción de plántula de chile güero/Húngaro.....	22

RESUMEN

El uso de agua ozonizada ha sido descrito como una tecnología en la producción primaria para mejorar el rendimiento de los cultivos. El presente trabajo de investigación se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero dentro de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. El objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación de agua ozonizada y tres sustratos en el cultivo sin suelo de plántulas de chile tipo Güero/Húngaro en invernadero. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar donde las variables evaluadas fueron altura de plántula (ALT), diámetro de tallo (DT), número de hojas (NH), longitud de raíz (LR), peso fresco de vástago (PFV), peso fresco de raíz (PFR), peso seco de vástago (PSV) y peso seco de raíz (PSR). Los análisis estadísticos realizados fueron un análisis de varianza (ANOVA) ($P \leq 0.05$) y una comparación de medias con la prueba Tukey ($\alpha \leq 0.05$). Los datos se analizaron con el programa estadístico SAS versión 9.4 para Windows. Los resultados mostraron que la aplicación del agua ozonizada afectó el crecimiento de las plántulas de chile. En este experimento se obtuvo que la aplicación de los tratamientos con agua ozonizada afectó el crecimiento y desarrollo de plántulas de chile tipo Güero/Húngaro. Se obtuvo que la aplicación de los tratamientos con agua ozonizada afectó de forma positiva el crecimiento de plántulas de chile tipo Güero/Húngaro siendo la variable PSR la que mejor respuesta presentó en los tres sustratos probados. Se obtuvo que el tratamiento elaborado con 70 % de peat moss + 20 % de perlita + 10 % de vermiculita + osmocote® y agua ozonizada presentó la mayor ALP, mayor NH y mayor PSV. Mientras que, el tratamiento elaborado con 50 % de peat moss + 20 % de lombricomposta + 20 % de perlita + 10 % de vermiculita y agua ozonizada logró una mayor formación de PSR. El tratamiento elaborado con 50 % de fibra de coco + 20 % de lombricomposta + 20 % de perlita + 10 % de vermiculita propició una mayor LR y PSR.

Palabras clave: Producción de Hortalizas, sanidad, hidroponía, cultivo sin suelo.

I. INTRODUCCIÓN

El chile es originario de México y es uno de los cultivos con mayor importancia a nivel mundial. En el año 2018 se posicionó en el segundo lugar en la producción de chile con 3,766,757 millones de toneladas (FAOSTAT, 2020). En México la superficie sembrada en 2021 fue de 149,693.65 hectáreas con un valor de producción de \$ 30,642,661.35, lo anterior, con un rendimiento promedio de 20.88 t ha⁻¹ (SIAP, 2022).

Los principales estados productores a nivel nacional son Zacatecas (36,618.29 ha), San Luis Potosí (24,663.00 ha), Chihuahua (23,924.00 ha), Sinaloa (15,034.80 ha), Jalisco (5,858.85 ha) y Veracruz (5,357.08 ha), que en conjunto superan el 70 % de la producción en México (SIAP. 2022). Su distribución se encuentra en todo el territorio mexicano, lo anterior, deriva a su amplia adaptación a diferentes nichos ecológicos y la diversidad genética que existe en el cultivo de chile. En ese sentido López y Pérez (2015), mencionan que los chiles son del género *Capsicum*, de la familia de las *Solanáceas*, y esta a su vez, contempla a 31 especies, entre las más comunes son: *Capsicum annuum*, *Capsicum chinense*, *Capsicum pubescens*, *Capsicum frutescens* y *Capsicum bacca*, sin embargo, *Capsicum annuum* es la que mayor se cultiva en todo el mundo.

En México, el consumo *per cápita* del chile es de aproximadamente 17.2 kg, lo anterior, es principalmente en fresco y deshidratados. De acuerdo a SAGARPA (2010), las variedades con mayor superficie cultivada son el chile jalapeño, pimiento morrón, poblano, serrano, Anaheim, mirasol, soledad, de árbol y piquín. Así mismo, el chile ancho, guajillo, mirasol, colorado, pasilla y de árbol, se pueden encontrar como chile seco o deshidratado.

Las zonas productoras de chile verde se divide en seis zonas diferentes basados en los tipos de chiles a establecerse; al respecto, los jalapeños y serranos abarcan la zona del golfo (Veracruz y Tamaulipas), mientras que en el sur (Yucatán y

Tabasco) se producen jalapeños, costeños y habaneros; por otro lado, en la zona del Bajío (Guanajuato, Jalisco y Michoacán) se cultivan Mulatos, Pasilla y Ancho; y en Puebla e Hidalgo (mesa central) se producen Poblanos, Miahuatecos y Carricillos en el norte (Chihuahua y Zacatecas) producen jalapeños, mirasol y anchos; y en la zona del Pacífico Norte (Baja California, Sinaloa y Sonora) se producen bell, Anaheim, Jalapeños y Caribes o Güeros (Aguirre y Muñoz 2015).

El cultivo del chile se produce principalmente en dos sistemas de producción; en campo abierto o bajo cubierta, la elección de cada una de ellas depende las condiciones ambientales de cada región y de la infraestructura con la que cuenta cada productor. La producción a campo abierto es la de mayor uso en México con una superficie sembrada de 143,402.94 ha, lo anterior, se debe por su bajo costo e inversión; sin embargo, el cultivo está más expuesta a factores bióticos (plagas y enfermedades) y abióticos (granizo y heladas), por lo tanto, repercute en obtener bajos rendimientos con promedios de 17.98 t ha⁻¹. Por otro lado, la producción bajo cubierta (invernaderos, casa sombra o marcrotúneles) es de aproximadamente 6,290 ha, el uso de esta estructura es enfocado a la producción de chiles de gran valor económico (pimiento morrón, jalapeño, serrano y anaheim), así mismo, se tiene mayor control de los factores climáticos, lo cual ayuda a mejorar la productividad con rendimiento promedio de 86.36 t ha⁻¹ (SIAP, 2022).

Una práctica importante en el cultivo del chile es la producción de plántulas en almácigos o en charolas de siembra, la elección correcta depende de cada productor para garantizar el rendimiento máximo. Sin embargo, durante el proceso de producción de plántula se deben contemplar dos factores importantes; la calidad del sustrato y del agua.

Al respecto, López *et al.*, (2013), mencionan que un sustrato de buena calidad en la producción de plántula es aquella con características físico-químicas (M.O, pH, retención de agua, porosidad y densidad aparente), que debe incidir en el desarrollo y crecimiento de la plántula. Uno de los sustratos con mayor en plántulas de

hortaliza es la turba; sin embargo, en el mercado existen sustratos orgánicos e inorgánicos o mezclas de ambas (Gomes *et al.*, 2008).

Por otra parte, la calidad del agua es un recurso elemental dentro de la producción de plántula, sin embargo, cada día es más limitado. Por lo tanto, es necesario buscar alternativas que cumplan con los estándares de calidad del agua y que sea factible su uso en el sector agrícola. Una opción viable es el uso del ozono, lo cual, se ha hecho muy útil, lo anterior, se debe a sus propiedades antisépticas, que se emplean en la desinfección, tanto a su purificación y tratamientos del agua residuales (Sánchez, 2019). Por lo tanto, es importante explorar alternativas en la producción de plántula del chile Güero (*Capsicum annuum*) con el uso de agua tratada y la utilización de diferentes sustratos, lo anterior, para obtener plántulas con buen crecimiento y desarrollo vegetativo. En ese sentido el presente estudio tiene los siguientes objetivos.

1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de agua ozonizada y tres sustratos en el cultivo sin suelo de plántulas de chile tipo Güero/Húngaro en invernadero.

1.2. Objetivos específicos

1. Conocer el efecto del agua ozonizada en el crecimiento de plántulas en chile Güero/Húngaro.
2. Determinar que sustrato fue el mejor en la producción de plántulas de chile Güero/Húngaro.
3. Seleccionar la mejor combinación de agua ozonizada y tipos de sustrato en el crecimiento y desarrollo de chile Güero/Húngaro.

1.3. Hipótesis

Los tratamientos elaborados con agua ozonizada afectarán de forma positiva el crecimiento del chile tipo Güero/Húngaro en la producción de plántula bajo condiciones de invernadero.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Lugar de Origen

El chile (*Capsicum annuum* L.) es originario de México donde fue domesticado y diversificado, así mismo, se expandió en el mundo en la época colonial. Por su sabor se ha convertido es uno de las hortalizas más importantes en la sociedad al utilizarse de diferente manera. Por otro lado, en España se han reconocidos dos denominaciones de origen de chiles que también han impactado en la cocina española los cuales son: pimentón de la vera (Cáceres España) y pimentón de Murcia (Murcia España) (Aguilar *et al.*, 2010).

2.2. Clasificación Taxonómica

En el año 2014, la clasificación taxonómica del chile es que pertenece al género *Capsicum*, de los cuales, 33 son diferentes especies y 10 son variedades. Con la siguiente taxonomía:

Reino: *Plantae*

Subreino: *Tracheobionta*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Subclase: *Asteridae*

Orden: *Solanales*

Familia: *Solanaceae*

Género: *Capsicum* L.

Estas especies se han caracterizado principalmente con base a sus diferencias fenotípicas como la morfología de la flor o del fruto (Pérez *et al.*, 2015).

2.3. Principales chile producidas y consumidas en México

Entre los principales chiles más producidos son: Jalapeño. Es el chile más consumido a nivel nacional e internacional se utiliza en la industria como encurtido y para el consumo fresco o en seco. Dentro de este marco se encuentra el chile

Serrano, esta variedad es usado para la elaboración de salsas y picado en cualquier platillo. Por otro lado, el chile Poblano, es el principal ingrediente de la mole a la mexicana y de colorantes. Así también el Chile de árbol, se consume en fresco y seco, es la variedad más utilizada para la elaboración de salsas por ser picoso. También se tiene la Chilaca, especie que por su picor se utiliza en la preparación de moles y adobos, su consumo varía en infinidad de salsas. El chile Mirasol, en seco se le conoce guajillo para elaborar moles, adobos y salsas. El chile Güero es el menos picante en México, generalmente se encuentra en pescado a la veracruzana e ingrediente del mole amarillo, así como en escabeche. El chile Pimiento morrón no pica, tiene un sabor dulce y mayormente fresco, se emplea en varios platillos por su diversidad de colores (amarillos, naranjas, rojos y verdes). Por último, el chile Piquín, proviene de una planta silvestre de uso común en comunidades indígenas, especie sumamente picante y utilizada principalmente en la elaboración de salsas, seco y molido, es condimento para frutas frescas (Aguirre y Muñoz, 2015).

2.4. Chile güero/ húngaro o caribe (*Capsicum annuum*)

El chile güero, es conocido como chile amarillo, es el nombre genérico que se le da en México a todas las variedades existentes de chiles amarillos. Pertenecen a la especie de *Capsicum annuum*. Sus frutos son alargados y delgados y muchas veces lo podemos encontrar con la punta retorcida. Al existir distintas variedades, cada uno tiene unas características especiales: el color (cambiando desde amarillo intenso hasta amarillo verdoso), el sabor y la intensidad del picor. En el mundo se conocen diferentes tipos de chile güero entre las que destacan: chile güero de agua, chile güero caribe, chile güero cristal, chile güero xtakil y chile güero carricillo. Sin embargo, en México se encuentran:

- Chile güero de agua: Es una variedad típica de Oaxaca, del sur de México. Tiene 10 cm de longitud y 2 cm de diámetro. Su forma es cónica, aunque a veces la punta es retorcida y posee un sabor medio de entre 3.000 y 5.000

unidades de capsaicina. Su olor es verde claro hasta rojo intenso. Su nombre se debe a la gran cantidad de agua que suelta al cocinarse.

- Chile güero xtakil: Es originario de Yucatán. Mide unos 11 cm de largo y tiene un ancho de unos 3 cm y su forma es cónica y su sabor suele ser medio entre las 2.500 y 5.000 unidades de capsaicina. Su color es amarillo con zonas verdosas
- Chile güero carricillo: Es una variedad típica de Veracruz México, mide unos 10 cm de largo y unos 2 cm de ancho. Su forma es cónica y presenta varios pliegues en su piel. Su sabor es moderado entre 2.500 y 5.00 unidades de capsaicina. Su color es amarillo pálido y a veces se puede encontrar tirando a verdoso (Internet: <https://lapicantecadelsur.es/chile-güero/>).

Por otro lado, Partida y Quezada (2012), reportan que en la zona costa del estado de Nayarit se producen dos tipos de chile Güero, el llamado chile Caribe y el chile Húngaro, los cuales son usados principalmente toreados o para guisos.

2.5. Producción e importancia de plántulas bajo invernadero

En el sector agrario es muy importante la calidad de la plántula, más del 90 % de los cultivos agrícolas son propagados por semillas y ellas son los portadores primarios de los recursos genéticos y de los nutrientes para el primer estadio de crecimiento (Ramos, 2011). La efectividad del trasplante depende de varios factores, principalmente de las especies y del estado de desarrollo de la planta, como también el lugar o zona donde se establece, la relación entre el área foliar, longitud, grado de suberización de las raíces y las condiciones ambientales (Rosa, 1996). En la producción de plántulas bajo condiciones protegidas es muy importante efectuar de manera precisa los requerimientos para el éxito en el desarrollo y crecimiento del cultivo. Varios proveedores han realizado trabajos para la disminución de costos de producción, con altos rendimientos en la cosecha (Hortalizas, Flores y Frutos, 1997). Por ello existen puntos principales que han llevado a realizar estudios como el alto costo de las variedades de semillas híbridas

para hortalizas, lo anterior, deriva para tener mejor control de plagas y enfermedades, por lo tanto, obtener mejores rendimientos.

2.6. Tipos de sustratos

Alguna de las características que se toma de un buen sustrato es la densidad real y aparente, la distribución granulométrica, porosidad, aireación, retención de agua, permeabilidad, distribución de tamaño de poros y estabilidad estructural. En cuanto a lo químico, es la capacidad de intercambio catiónico, pH, capacidad tampón, contenido de nutrimentos y relación de carbono/nitrógeno. Así mismo, se debe considerar sus características biológicas como el contenido de materia orgánica y la velocidad de descomposición, lo anterior, para prevalecer un “sustrato ideal” (Sáez, 1999).

Por otro lado, Según (Terés, 2001), existen muchos materiales que pueden ser usados como sustratos agrícolas, algunos de los más utilizados en México son fibra de coco, peat moss, perlita, vermiculita, tezontle y tepojal, entre otros. Así mismo, existen diferentes tipos de sustratos a base de su calificación según su origen, su naturaleza, sus propiedades y capacidades de degradación. En ello orgánicos e inorgánicos.

2.6.1. Materiales orgánicos

Estos compuestos son de origen natural, por ello se caracterizan a que están sujetos al proceso de descomposición biológica, por lo tanto, se obtienen a partir de subproductos en residuos de diferentes actividades agrícolas ganaderas e industrias etc. De acuerdo a ellos los compuestos sufren un proceso de compostaje para al final considerarlo como un sustrato, en ello se encuentran: cascarilla de arroz, estiércoles, cortezas de árboles, serrín, virutas de madera, residuo de fibra de coco, residuo del corcho, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas residuales, entre otros.

2.6.2. Materiales Inorgánicos (minerales)

Son de origen natural y se obtiene a través de rocas y minerales de diversa fuente, en contraste a su modificación es mediante tratamientos físicos sencillos como: arena, grava, tierra volcánica, etc., lo anterior, son materiales no biodegradables. A partir de rocas o minerales, mediante tratamientos físicos y algunas veces también químicos más menos complejo notablemente las características iniciales, de los materiales de partida son de arcilla expandida, lana de roca, perlita, vermiculita, etc.

2.7. Origen y características de los diferentes sustratos

2.7.1. Peat Moss

Es un fango que deriva de varias especies para su composición, así mismo, son llamados musgos turbera. Estas especies tiene una principal función que pueden retener grandes cantidades de agua dentro de sus células y que pueden retener más de 20 veces su peso seco en agua, por lo cual sirve como un aditivo en el suelo al aumentar la capacidad del suelo para ser menos compacta y más completo en materia orgánica, esto depende si la planta requiere de mucha humedad (CSPM, 2011).

2.7.2. Fibra de coco

Este sustrato proviene de la familia Palmáceae y de la especie *Cocos nucifera* L., conocida comúnmente como cocotero o palma de coco, que es uno de los árboles mejor reconocidos y más importantes económicamente en los trópicos (Maruchi *et al.*, 2007). Es uno de los más recientes y se ha llegado a utilizar en diferentes países más avanzados como en cultivos de ornamentales. Entre las características principales son: su alta capacidad de retención de humedad (> 65 %), así mismo, características hidrófilicas, el cual permite una reducción de la cantidad de agua requerida en el riego (Pire y Pireira, 2003; Vargas *et al.*, 2008). Por otro lado, Quesada y Méndez (2005), hacen mención que el sustrato posee más de un 90 % de espacio poroso, lo que permite una buena aireación y circulación del agua entre sus poros. En ese sentido Paulitz, (2001) refiere que el agua es de vital importancia

en la agricultura, por lo tanto, es necesario tomar medidas para su disponibilidad en los cultivos y una forma de es por la adecuada elección de un buen sustrato.

2.7.3. Lombricomposta

Con la agricultura comercial y la incorporación de las practicas ecológicas en residuos orgánicos por naturaleza, se ha tenido el enriquecimiento de los suelos, en el deterioro comercial, y de gran ayuda a la sostenibilidad en el cultivo. Para la obtención de este sustrato se basa en la crianza de lombrices de altas densidades de manera tecnificada bajo las condiciones que son desarrolladas y alimentadas ya sea con residuo orgánicos. Por otro lado, es un medio más rápido para recuperación de suelos. Al final de dichos procesos se obtiene todos estos nutrientes: nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, manganeso, hierro, cobre, zinc, carbono, etc., en cantidades suficientes para efectuar el perfecto desarrollo y crecimiento de las plantas (ICADER, 2011).

2.7.4. Perlita

Son compuestos de silicatos de origen volcánico que pasan por cierta exposición para la obtención de gránulos blanquecinos, y que no se degrada en lo absoluto y altamente poroso. Entre los materiales inorgánicos la perlita es uno de los sustratos que permite una buena respuesta por los cultivos. Y por efecto su uso permite retener un gran porcentaje de agua y sustancias nutritivas en su superficie (Martínez *et al.*,2006).

2.7.5. Vermiculita

La vermiculita es un silicato de origen a lumínico de tamaño macroscópico con una alta cantidad de magnesio en su compuesto. Para su formación pasa por un proceso de hidratación de biotita o flogopita que son materiales de mita, todo esto bajo el uso de meteorización o aliteración hidrotermal. Por tal efecto, se conoce en forma de terrones de gran tamaño, pero para uso, pasa por una reducción de tamaño, hoy se le conoce en muestras micrométricas ya tamizado. La vermiculita tiene dos capas

de agua y éstas están relacionadas con los cationes intercalados, la humedad relativa y la temperatura con esto, se difiere como un buen sustrato en la producción de hortaliza (Rodríguez, 2018).

2.7.6. Osmocote

Este fertilizante se le conoce como (FLC) su función es aportar nutrientes a la planta con el objetivo de evitar pérdidas en la frecuencia de su fertilización y como factores como lixiviación, volatilización o degradación (Jiménez, 1992). Así mismo, Adams (2013) menciona que el osmocote es uno de los fertilizantes comerciales que se ha utilizado para la producción de plantas de gran valor en lugares o espacios con mayor estado de lixiviación. Este fertilizante cuenta con una cubierta termoestable o termoplástica que permite la liberación de los nutrientes con base a la temperatura y no factores como; pH, actividad biológica, tipo de sustratos o textura.

2.8. El agua en la agricultura

El agua es uno de las fuentes principales en la agricultura, ya sea en pequeñas y grandes superficies. En su explotación es muy importante ya que siempre se debe tomar en cuenta la disponibilidad de dicha fuente en los cultivos. A lo largo del tiempo, el agua está variando año con año en las precipitaciones. La disponibilidad de agua depende de las condiciones climáticas e hidrográficas de la región. El uso de agua en la agricultura protegida depende de varios factores tanto como el tipo de cultivo (los tomates requieren más agua que el pimiento dulce), la fase vegetativa del cultivo, el medio donde se está desarrollando (suelo, sustrato, exterior o cubierto), el tipo de riego que se emplea (por goteo, aspersores aéreos, etc.) por ello, lo principal contar con suficiente agua y de buena calidad, ya que en la actualidad hay muchos agricultores que experimentan dificultades de la obtención del agua (FERTINNOWA, 2018).

2.9. Calidad del Agua

La calidad física y química del agua en los diferentes sectores de la sociedad son de gran importancia, sin embargo, se han tenido problemas específicos en riego de cultivo agrícolas por la calidad química que tienen las distintas fuentes de agua. Por lo tanto, el agricultor debe asegurarse si el agua cumple con los estándares de calidad y si son aptas para cultivos de riego, por tal razón, es necesario conocer las condiciones climatológicas, el método de riego, el tipo de drenaje del suelo, las prácticas de manejo y la relación de suelo-plantas (Castellón *et al.*, 2014). Por otro lado, una de las problemáticas que se tiene en el campo, es el desgaste de suelo por humedad, que trae como consecuencia la disminución de la calidad del suelo y del agua (Betancourt *et al.*, 2017).

Al respecto Salazar *et al.* (2014), mencionan que la eficiencia del agua en la producción bajo invernadero es mucho más recomendable que a campo abierto, aun mejor si se tiene un sistema que ayude a optimizar la fotosíntesis y que reduzca la evapotranspiración del cultivo.

2.10. Fuentes de agua

En la actualidad existen distintos orígenes de agua y así mismo con diferentes características que a continuación, se describen.

2.10.1. Agua dulce

Para la obtención de las aguas dulces existen diferentes maneras, esto con el fin de contribuir al abasto en zonas con escases de agua. Uno de ellos es el agua comunitaria, esto es usada en la comunidades de riego, su recopilación es por agua subterránea, estas son extraídas de un pozo ya sea de gran profundidad, es importante determinar su calidad ya que por lo regular es más recomendable usar en cultivos a campo abierto, al igual se tiene agua desalinizada, el cual es un proceso que se le da al agua de mar para la eliminación de su salinidad y así poder suministrarlo como de agua dulce, por tanto, ser utilizados en el riego a través de una red especial, sin embargo, una de las recomendaciones es usarlo en sistemas abiertos, por si se presenta una acumulación de sodio. Del mismo modo existen las

aguas residuales urbanas o depuradas conocidas como aguas grises, esto se obtienen a través de los residuales urbanos que se procesan por una depuración en agua dulce, su calidad y sus nutrientes varían, debido a esto, es necesario usarlo en sistemas abiertos. Por otro lado, se tiene el agua de una red principal, de agua potable, en su calidad puede tener un alto contenido de calcio y si es de buena calidad es muy recomendable usar en medios cerrados, pero por lo contrario serian en sistemas abiertos. Otro tipo de agua dulce es la que proviene de lluvia o de precipitación, nieve o granizo que cae y se condensa en el suelo, por su bajo contenido de sodio, por lo tanto, se recomienda para sistemas de recirculación, por lo que es procedente para sistemas abiertos como para sistemas cerrados. Por último, el agua proveniente de rio, canales o estaqués, puede que es alto en sodio o materia orgánica, una de las menores fuentes que se utilizan en sistemas abiertos.

2.10.2. Agua Reutilizadas

Es el agua que se le da un segundo uso, que se utiliza para otros fines, por ejemplo, el agua de drenaje, esto se refiere al exceso de la solución nutritiva proporcionada a las plantas cultivadas en sustratos artificiales. El agua es reciclada sin pasar a través del suelo del invernadero. Puede ser reutilizada como fuente, por lo que es apta para su uso en sistemas cerrados. De ahí se desprende lo que es, el agua lixiviado que se obtiene de los cultivos que se cultivan en el suelo, o sustrato en invernadero y de ellos se obtienen ya sea través de tuberías subterráneas que están estructuradas. Es apta para sistemas cerrados, pero ante ello es importante eliminar las sales, partículas y cualquier patógeno presente.

2.10.3. Agua Ozonizada

En el desarrollo de las nuevas técnicas sanitizantes seguros y efectivos, el ozono es uno del agente potencial, que genera la seguridad microbiana y calidad en los alimentos dado a su alto poder germicida, su acción antimicrobiana es muy eficaz, mucho mejor que el cloro, este consta de tres átomos de oxígeno (O₃) (Frisón *et al.*, 2013). A este proceso se le considera como tratamiento o desinfección de aguas residuales, donde los mecanismos principales actúan en la desactivación y la destrucción de organismos patógenos para prevención de la propagación de

enfermedades transferidas a través del agua en diferentes ambientes. En su función química entre el agua y el ozono (O₃) se produce en la intervención de enlaces de las moléculas de oxígeno (O₂) son separadas por medio de una fuente de energía produciendo átomos de oxígeno, que después chocan con una molécula de oxígeno para la formación de un gas para la formación O₃ (EPA, 2019).

Cuadro 1. Agentes infecciosos potencialmente presentes en aguas residuales domésticas no tratadas.

Organismo	Enfermedad Causada
Bacterias	
<i>Escherichia coli</i> (enterotoxígeno)	Gastroenteritis
<i>Leptospira</i> (spp.)	Leptospirosis
<i>Salmonella typhi</i> L	Fiebre tifoidea
<i>Salmonella</i> (2,100 serotipos)	Salmonelosis
<i>Shigella</i> (4 spp.)	Shigellosis (disentería bacilar)
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera
Protozoos	
Balantidium coli	Balantidiasis
Cryptosporidium parvum	Cryptosporidiasis
Entamoeba histolytica	Amebiasis (disentería amoébrica)
Giardia lamblia	Giardiasis
Helmintos	
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Ascariasis
<i>T. solium</i>	Teniasis
<i>Trichuris trichiura</i>	Tricuriasis
Viruses	
Enteroviruses (72 tipos; por ejemplo: <i>virus echo</i> y <i>coxsackie</i> del polio)	Enteroviruses (72 tipos; por ejemplo: <i>virus echo</i> y <i>coxsackie</i> del polio)
Hepatitis A	Hepatitis de tipo infeccioso
Agente de Norwalk	Gastroenteritis

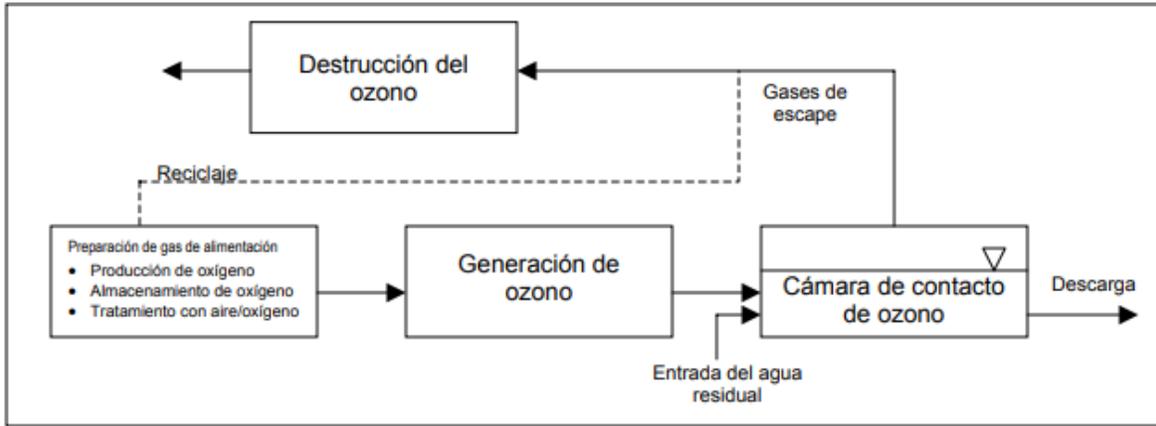


Figura 1. Diagrama esquemático del proceso de ozonización.

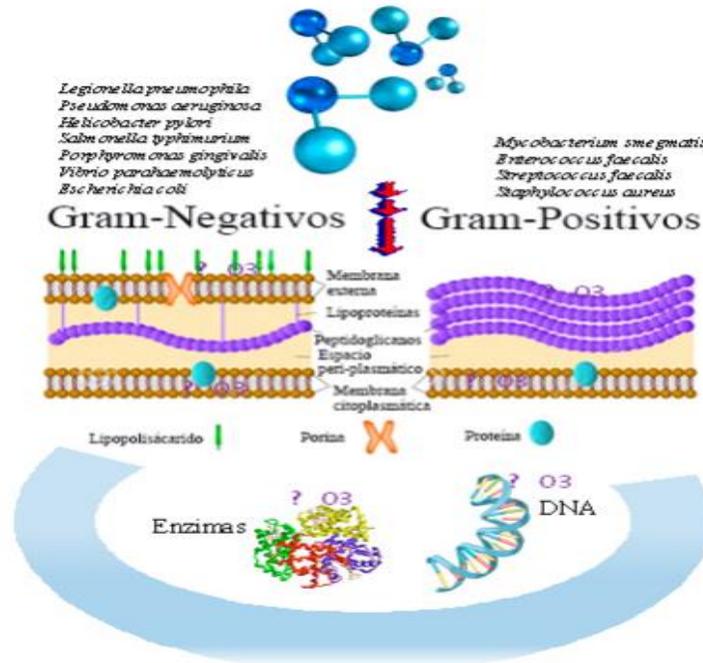


Figura 2. Esquema del mecanismo de interacción del ozono con las bacterias. El ozono altera la integridad de la membrana a través de la peroxidación de los fosfolípidos, las lipoproteínas y el peptidoglicano. Inactiva las enzimas, inhibe casi todos los genes y degrada el material genético, interrumpiendo la actividad normal de las bacterias.

2.10.4. Usos del ozono

El uso de agua ozonizada en los cultivos ha permitido el incremento en la productividad. El riego con agua ozonizada consiste en una mayor aportación de oxígeno en la raíz libre de microorganismos, esto hace tener una planta libre de enfermedades lo cual implica tener un riego en mejores condiciones posibles para lograr un crecimiento más rápido de las plantas en menor espacio de tiempo, favoreciendo el ahorro de agua, fertilizantes, insecticidas y otros aditivos. Además, mejora el aspecto de la planta hojas, tallos, raíces si no también la calidad de los frutos y su sabor obteniendo una mayor cantidad de azúcares (Hidritec, 2016). Por otro lado, el ozono es utilizado en aplicaciones médicas en el lavado de heridas, áreas quirúrgicas, úlceras y para eliminar el pus y limpiar áreas necróticas. Al igual, ha sido muy recomendable el área de acuicultura esto con el objetivo de facilitar la descomposición de la materia orgánica donde son añadidas a los sistemas de recirculación para reducir concentraciones de nitrito. La combinación: eficacia – toxicidad – costo, permite una escala de valor que se perfecciona con las condiciones de uso (temperatura, tiempo de contacto, entre otros (Frisón *et al.*, 2013).

Por otra parte, el uso del ozono se ha hecho muy útil, respecto a sus propiedades antisépticas, que se emplean en la desinfección, tanto a su purificación y tratamientos del agua residuales, esto conlleva resistencia a presencia de patógenos, siendo más efectivo en la eliminación del virus que sobreviven a altas concentraciones del cloro (Sánchez, 2019).

2.10.5. Ventajas y desventajas del ozono

Como se menciona antes el ozono es uno de los métodos que se están utilizando en plantas ya sea tamaño mediano y grande cuando por lo menos el agua haya recibido un tratamiento secundario, respecto a esto hay zonas como Estados Unidos aun no es muy utilizado como en Europa que desde décadas se está empleando. Sin embargo, es poco utilizado debido a costos de inversión y de gastos en

mantenimiento (EPA,1999). Para ello se emplean desventajas y ventajas del uso de ozono como se muestra en el siguiente apartado:

Ventajas

- El ozono es más eficaz que la utilización del cloro para la desinfección o destrucción de virus y bacterias.
- El proceso de ozonización utiliza un período corto de contacto (aproximadamente de 10 a 30 minutos).
- No existen residuos peligrosos que necesiten ser removidos después del proceso de ozonización porque el ozono se descompone rápidamente. Después del proceso de ozonización, los microorganismos no crecen nuevamente, a excepción de aquellos que están protegidos por las partículas en la corriente de agua residual. El ozono es generado dentro de la planta, existiendo así muy pocos problemas de seguridad industrial asociados con el envío y el transporte.
- El proceso de ozonización eleva la concentración de oxígeno disuelto (O.D.) del efluente. El incremento O.D. puede eliminar la necesidad de reacción y también puede incrementar el nivel de O.D. en la corriente de agua receptora.

Desventajas

- La baja dosificación puede no desactivar efectivamente algunos virus, esporas o quistes.
- El proceso de ozonización es una tecnología más compleja que la cloración o la desinfección con luz ultravioleta, por lo cual se requieren equipos complicados y sistemas de contacto eficientes.
- El ozono es muy reactivo y corrosivo, requiriendo así de materiales resistentes a la corrosión tales como el acero inoxidable.
- El proceso de ozonización no es económico para las aguas residuales con altas concentraciones de sólidos suspendidos (SS), demanda bioquímica del oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno, o carbono orgánico total.

- El ozono es extremadamente irritante y posiblemente tóxico, así que los gases de escape que salen de la cámara de contacto deben ser destruidos para evitar que los trabajadores estén expuestos a ellos.
- El costo del tratamiento puede ser relativamente alto en cuanto a la inversión de capital y la demanda de energía eléctrica.

2.11. La importancia del oxígeno O₂ en las plantas

El oxígeno es el elemento químico de mayor importancia en desarrollo y crecimiento de las plantas con la disponibilidad que se presenta en la zona radicular. Debido a las altas temperaturas, deficiencia en la capacidad de aireación del medio de cultivo o el mal uso del manejo del riego, se tiende a tener malas concentraciones ya sea mayores o menores de oxígeno estos procesos se le conoce como superoxia e hipoxia por otro lado en la falta de oxígeno libre se le nombra anoxia (Fagerstedt *et al.*, 2013). Por lo tanto, en la respiración radical depende de los factores temperatura, salinidad, estrés hídrico, además, uno de los principales es la disponibilidad de oxígeno.

Se han hecho estudios observado respuestas positivas a la oxigenación en condiciones de hipoxia y anoxia en estudios en cultivos de maíz, chícharo, higuera, papa, los cuales muestran concentraciones de oxígeno presentes ciertos tejidos de las plantas (Papke *et al.*, 2014). Los niveles altos de oxigenación en invernadero, las plantas producidas en soluciones nutritivas o sustratos aceleran el desarrollo obteniendo mejores rendimientos de tal manera que mejora los procesos anatómicos fisiológicos e incremento en la conductividad hidráulica en las raíces, con la mayor absorción de minerales y fotosíntesis más eficaz (Urrestarazu *et al.*, 2006).

2.12. El oxígeno en el Agua

El oxígeno disuelto (OD) en el agua es la cantidad de oxígeno presente en forma líquida en el agua. Se mide en miligramos por litro (mg·L⁻¹) o partes por millón (ppm). Esto es la cantidad de oxígeno gaseoso en el agua expresando el volumen del agua a (mg de O₂,

por litro) o de su proporción en el agua saturada (porcentaje) (Naciones Unidas, 2005). Así también la solubilidad depende de temperatura, la presión parcial de O₂, la presión atmosférica, la salinidad del agua y el área de contacto entre agua y aire. En condiciones de altas temperatura y la salinidad, el OD disminuye. (Murad *et al.*, 2005). En las aguas residuales debido almacenamiento cerrado el O₂ disuelto en agua es bajo o cercano a cero (Bonachela *et al.*, 2007). Para ello se ha desarrollado la oxifertirrigación cuyo objetivo es mejorar la disponibilidad de oxígeno suministrando con agua de riego en concentración sobresaturadas usando herramientas de fertirrigación (Murad *et al.*, 2005). Así mismo, la inyección de aire o gas oxígeno en el riego es un método para enriquecer el oxígeno en la raíz (Bonachela *et al.*, 2007). También el ácido peroxiacético (CH₃CO₃H), peróxido de hidrógeno (H₂O₂), peróxido de urea (CH₆N₂O₃), peróxido de calcio (CaO₂), peróxido de potasio (K₂O₂) u ozono (O₃) estos compuestos se conocen como fertilizantes fuentes de obtención de oxígeno (Mazuela, 2010).

2.13. El oxígeno en los sustratos

En la actualidad se conoce varios tipos de sustratos usados en la agricultura en ello se buscan mejores características físicas para su buen funcionamiento en el crecimiento y desarrollo radical de una planta. Donde el principal factor en relación del suministro de oxígeno es la aireación. Uno de los problemas más efectuados que produce la deficiencia del oxígeno en los sustratos es la compactación lo cual reduce el crecimiento de las raíces, así también como la toxicidad, acumulación de sales en la zona radicular, sobrecalentamiento por radiación directa, en consecuencia, de muerte de raíces que se acentúa con el riego excesivo (Kafkafi, 2008).

En sustratos bien aireados también puede existir deficiencia de oxígeno siempre y cuando la tasa de crecimiento y respiración de raíz con las altas temperaturas y una disminución de concentración de oxígeno disueltos en la solución del sustrato (Bonachela *et al.*, 2007). Por otro lado, en plantas con genotipos o especies diferente, en suelos y sustratos con bajas concentraciones de oxígeno, las plantas

suelen adaptarse modificando sus características morfológicas, anatómicas, fisiológicas y metabólicas del grado de estrés por O₂. (Fagerstedt *et al.*, 2013).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización geográfica del sitio experimental

Este trabajo se realizó bajo condiciones de invernadero el cual cuenta con una pared húmeda, con dos extractores de aire, en el periodo de marzo - mayo del 2022, ubicados a un costado del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, el cual está situado a 25° 22' Latitud Norte, y 101° latitud Oeste, y a una altura de 1742 msnm.

3.2. Material genético

Se utilizaron semilla de chile Güero/Húngaro (variedad Santa Fe) del género *Capsicum annuum* de la marca Hortaflo.

3.3. Agua de riego

El agua que se utilizó para el riego fue de la llave (potable) que esta conducida por tuberías hasta el área experimental y agua ozonizada la cual se preparó con agua potable y un ozonificador.

3.4. Material o equipo de trabajo

Los materiales que se utilizaron en las actividades de dicho experimento fueron: 9 charolas semilleras de poliestireno “unicel”, peat moss, vermiculita, fibra de coco, perlita, lombricomposta, osmocote, ozonizador, estufa de secado, bolsas para el secado, regla, vernier, tijera y balanza analítica.

3.5. Formación de tratamientos

Los tratamientos se formaron con agua ozonizada y como tratamiento testigo agua potable y tres tipos de sustratos elaborados con mezclas de diferentes materiales como se muestra en el Cuadro 2:

Cuadro 2. Formación de tratamientos elaborados con agua potable, agua ozonizada y tres sustratos en la producción de plántula de chile güero/Húngaro.

No. de tratamiento	Tipo de agua	Mezcla de materiales para formar el sustrato
1	Potable	70 % peat moss, 20 % perlita, 10 % vermiculita y osmocote [®] ¥.
2	Potable	50 % peat, moss, 20 % lombricomposta, 20 % perlita y 10 % vermiculita.
3	Potable	50 % fibra de coco, 20 % lombricomposta, 20 % perlita, 10 % vermiculita.
4	Ozonizada	70 % peat moss, 20 % perlita, 10 % vermiculita y osmocote [®] .
5	Ozonizada	50 % peat, moss, 20 % lombricomposta, 20 % perlita y 10 % vermiculita.
6	Ozonizada	50 % fibra de coco, 20 % lombricomposta, 20 % perlita, 10 % vermiculita.

¥= La concentración del osmocote fue 14-14-14.

3.6. Procedimiento experimental

3.6.1. Llenado de charolas

Previo a la siembra de la semilla de chile se colocó la mezcla del sustrato dentro de las cavidades de las charolas, se llenaron con cada sustrato correspondiente, se compacto para homogeneizar el llegado en cada orificio para su excelente germinación.

3.6.2. Siembra

Se realizó el 19 de marzo del 2021, en forma manual sobre las charolas de 200 cavidades que son específicas para la producción de plántulas hortícolas. En contorno a una charola se usaron dos repeticiones empleando 50 semillas por cada repetición, por lo tanto, se depositó una semilla por cada cavidad, a una profundidad de 1 cm, al terminar este proceso las charolas se acomodaron en el invernadero para ser tapadas con plásticos o bolsas negras, esto se hizo con el objetivo de evitar

evaporación del agua y facilitar humedad constante del sustrato y aumentar temperatura para la germinación.

3.6.3. Riego (ozonizada, potable)

A los primeros días para la germinación se estuvo realizando cuidadosamente el riego cada tercer día o dependiendo de la humedad del sustrato, para ello, se aplicó el riego con agua potable (de la llave). Cuando las plántulas obtuvieron sus primeras dos hojas verdaderas, se inició la aplicación de los tratamientos de riego por agua potable y ozonizada, esto se realizó de manera manual. En cuanto a la aplicación de agua tratada en los tratamientos establecidos, se utilizó el ozonizador o generador de ozono, para la aplicación consistió en llenar un recipiente de 20 L con agua de la llave, así mismo, para el uso del ozonizador se tuvo que conectar a la corriente eléctrica. Este equipo contiene una fuente que es sometida al agua para la ozonización, su observación es mediante burbujeos, el tiempo que se puede usar es de 10 minutos a 60 minutos, sin embargo, en este experimento se utilizó un periodo de 20 minutos de purificación. El riego se aplicó cada dos días, tomando en cuenta la temperatura y tipo de sustrato, por lo tanto, el riego que se le otorgo a cada tratamiento fue solo lo necesario para abastecer el requerimiento de humedad de cada plántula. Con relación a lo anterior, en el mes de mayo por lo regular se estuvieron realizando riegos todos los días para evitar tener plántulas en estrés hídrico. Cuando las plántulas alcanzaron una altura de 10-15 cm se inició la evaluación.

3.7. Diseño Experimental

El diseño que se utilizó fue completamente al azar por lo cual se utilizó (agua potable y agua ozonizada) con tres sustratos (S1, S2, S3), lo anterior, da un total de seis tratamientos. Sin embargo, la unidad experimental fue de 20 plántulas para la toma de las variables en estudio.

3.8. Variables de estudio

Para llevar a cabo la evaluación se tomaron 20 plántulas representativas al azar en todos los tratamientos, separándolos cuidadosamente de las charolas para evitar dañar raíces. La fecha de evaluación se hizo el 20 de mayo del 2022. Las variables fueron: altura de planta (ALT), Número de hojas (NH), diámetro de plántula (DM), longitud de raíz (LR), peso fresco de vástago (PFV), peso fresco de raíz (PFR), peso seco de vástago (PSV) y peso seco de la raíz (PSR).

3.9. Descripción de toma de datos

- Altura de planta en cm; se midió con una regla la parte inicial del tallo al meristemo apical de la plántula.
- Número de hojas; se realizó el conteo de cuantas hojas se presentan en cada plántula.
- Diámetro de plántula en mm; se hizo mediante la parte central del tallo principal con la ayuda del vernier.
- Longitud de raíz en cm; La parte radical de la plántula se limpió cuidadosamente hasta eliminar todo el sustrato. Para su medición, se utilizó la regla métrica, los datos se tomaron dónde inicia y termina su raíz principal.
- Peso fresco de vástago y de raíz en g; Con una tijera se cortaron las plántulas para obtener por aparte la raíz y el vástago. Para poder reportar esta variable fue necesario conocer la biomasa fresca con la ayuda de la balanza analítica.
- Peso seco de vástago y de raíz en g; para esta variable se utilizaron 4 bolsas por repetición, donde se colocaron de 5 en 5 (vástagos y raíz de plántula 1-5,6-10,11-15,16-20) para al final obtener un dato promedio. Una vez esto se llevó al secado la estufa a una temperatura de 65 °C por 72 horas, posteriormente para los datos reportados se pesó en la balanza analítica.



Figura 3. A= Preparación de mezcla de sustratos, B= Llenado de charolas, C= Siembra, una semilla por cavidad, D= Tapado de charolas para la germinación, E= Aplicación de agua potable, F= Plántulas con hojas verdaderas, G= Agua tratada con ozono para su aplicación, H= Plántulas listas para la evaluación, I= Evaluación de las variables de altura de plántula, longitud de raíz, diámetro de plántula, peso fresco de vástago y raíz, J= Secado de muestras de vástago y raíz, K= Toma de datos de la variables peso seco del vástago y raíz.

3.10. Análisis estadístico

Con los datos obtenidos se realizó el análisis de varianza (ANOVA) ($P \leq 0.05$) y una comparación de medias con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) en un diseño completamente al azar. El análisis se llevó a cabo con el programa estadístico SAS versión 9.4 para Windows.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Altura de plántula (ALP)

La altura de una plántula hortícola está determinada por la longitud del tallo, el cual depende del número y longitud de los entrenudos individuales. El número de nudos depende de la temperatura promedio diaria, mientras que la longitud depende de cómo se maneja la temperatura durante el ciclo día/noche (Leskovar, 2001). En ese sentido se menciona que la disponibilidad de agua con mejor calidad es uno de los factores en un sistema productivo que define el rendimiento de un cultivo. Al respecto Mohamed *et al.* (2014) obtuvo mayor rendimiento en el cultivo de papa al inyectar aire en el riego por goteo subterráneo.

Los resultados obtenidos en la variable altura de plántula en este experimento no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos en el análisis de varianza y en la comparación de medias de Tukey ($\alpha \leq 0.05$). Sin embargo, se obtuvo diferencia numérica, los tratamientos donde se aplicó agua ozonizada en el sustrato S1 (70 % de peat moss, 20 % perlita, 10 % vermiculita y osmocote) y el sustrato S2 (50 % peat moss, 20 % lombricomposta, 20 % perlita y 10 % vermiculita) obtuvieron una altura de planta de 8.86 cm en promedio similar al tratamiento donde se aplicó agua potable en el sustrato S2 (Figura 3). El tratamiento donde se aplicó agua ozonizada en el S3 (50 % fibra de coco, 20 % lombricomposta, 20 % perlita, 10 % vermiculita) solo se alcanzó una altura de planta de 7 cm en promedio. Al respecto Montaña y Núñez (2003), señalan que una altura máxima de una plántula varía de 7 a 12 cm, lo anterior, es un requisito indispensable para su trasplante a campo. Los resultados obtenidos en la presente investigación concuerdan por Lunas *et al.*, (2021) en la producción de plántulas de chile habanero con fertilización orgánica y biológica al encontrar alturas de 7 a 13 cm donde el objetivo del trabajo fue evaluar dos fertilizantes orgánicos líquidos en combinación con *Purpureocillium lilacinum* y *Beauveria brongniartii* en el crecimiento, con concentración nutrimental y calidad de plántulas de chile habanero sobre el sustrato peat moss/composta, con el fin de sustituir la fertilización química.

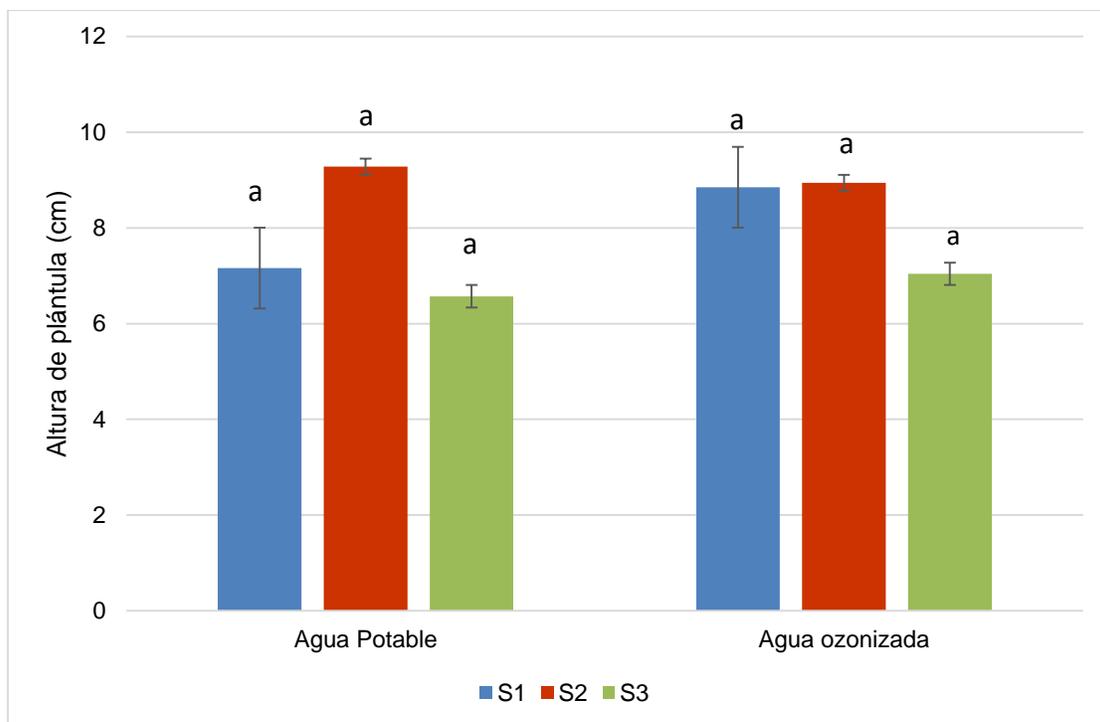


Figura 4. Altura de plántula en la producción en invernadero de Chile Güero/Húngaro cultivado en tres sustratos y dos tipos de agua. S1= 70 % peat moss, 20 % perlita, 10 % vermiculita y osmocote®, S2= 50 % peat moss, 20 % lombricomposta, 20 % perlita y 10 % vermiculita y S3= 50 % fibra de coco, 20 % lombricomposta, 20 % perlita, 10 % vermiculita.

4.2. Número de hojas (NH)

El número de hojas es el parámetro que evalúa la calidad de plántula tanto el efecto del método de fertilización y del sustrato, así como de la interacción que ahí entre ellas (Monge, 2007). Con la prueba de medias se observó que hubo diferencias significativas en los tratamientos. En la Figura 4 se aprecia que el mejor resultado se obtuvo en el tratamiento elaborado con 70 % peat moss, 20 % perlita, 10 % vermiculita y osmocote en combinación con el riego de agua ozonizada, lo anterior, reveló plántulas con un promedio de 7.72 hojas. Aunque, en los sustratos S2 y S3 mostraron resultados casi similares cuando se aplicó AP y AO. Estos resultados coinciden con Monge (2007) donde evaluó crecimiento y desarrollo de plántulas de Chile dulce con seis diferentes sustratos y dosis de fertilización. Su mayor cantidad de hojas fue de 7 y lo obtuvo con el Sustrato germinating, germinating + abono, arena + abono y fibra + abono.

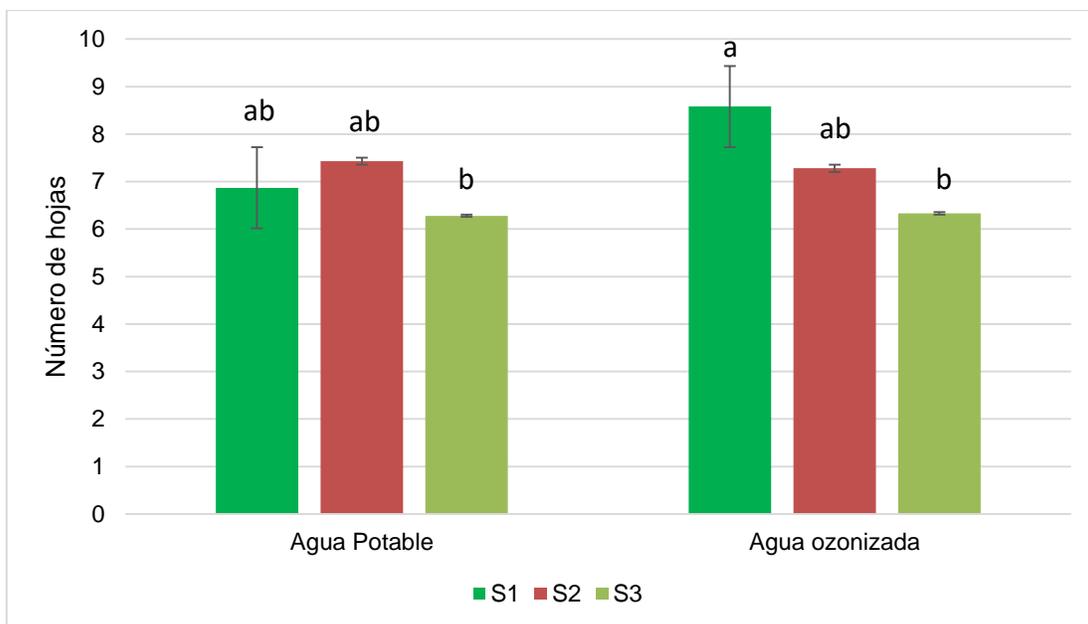


Figura 5. Número de hojas en la producción en invernadero de chile Güero/Húngaro cultivado en tres sustratos y dos tipos de agua. S1= 70 % peat moss, 20 % perlita, 10 % vermiculita y osmocote®, S2= 50 % peat moss, 20 % lombricomposta, 20 % perlita y 10 % vermiculita y S3= 50 % fibra de coco, 20 % lombricomposta, 20 % perlita, 10 % vermiculita.

4.3. Diámetro de plántula (DP)

Uno de los parámetros muy importante es el diámetro de tallo por participar en el transporte de agua y nutrientes a otros órganos de la planta, así también para brindar soporte a factores externos como el viento o la lluvia (Lagunes, 2021). Con base a la prueba de medias se encontraron diferencias significativas en los tratamientos. En la figura 7 se muestra que el sustrato elaborado S2 (50 % peat, moss, 20 % lombricomposta, 20 % perlita y 10 % vermiculita) y agua potable proporcionó el mayor diámetro (1.8 mm). De igual modo, podemos decir que el uso de agua ozonizada en esta variable no proporcionó algún beneficio. Resultados diferentes obtuvo García *et al.* (2021) en un estudio donde evaluó el efecto del riego ozonizado en el desarrollo vegetativo y control de *Cladosporium* sp. en el cultivo de pepino, lo que indicó que el factor de riego con ozono si mejoró al diámetro de tallo a los 30, 60 y 70 días después del trasplante. También Nagendra *et al.* (2009) mencionaron

que el ozono provoca diferentes tensiones en el ambiente que en las plantas se expresa con cambios morfológicos, fisiológicos y químicos.

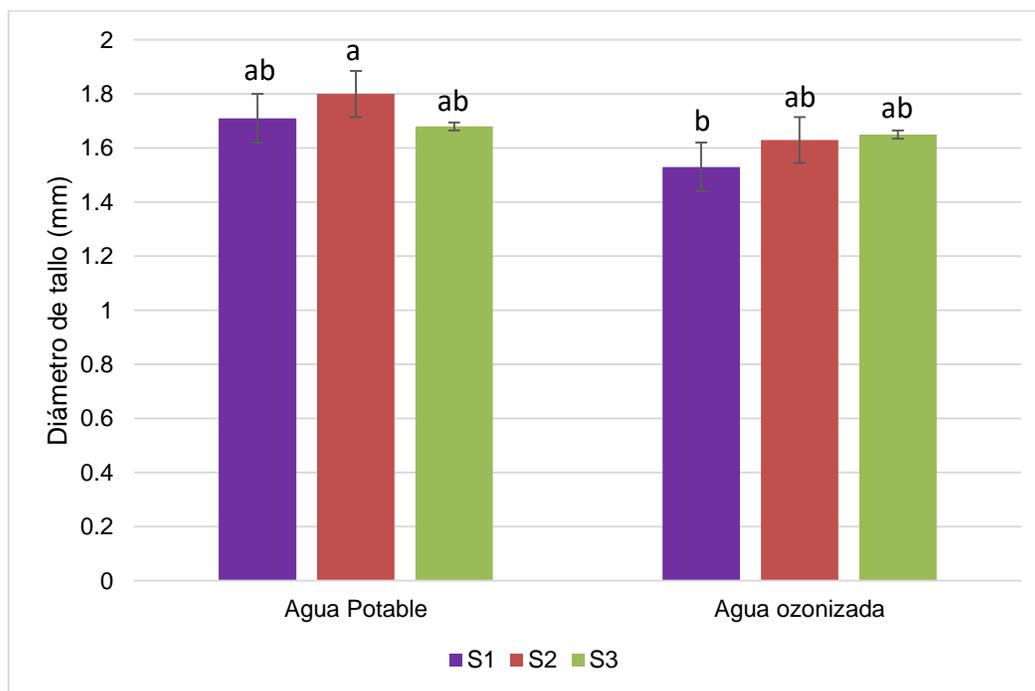


Figura 6. Diámetro de tallo en la producción en invernadero de Chile Güero/Húngaro cultivado en tres sustratos y dos tipos de agua. S1= 70 % peat moss, 20 % perlita, 10 % vermiculita y osmocote®, S2= 50 % peat moss, 20 % lombricomposta, 20 % perlita y 10 % vermiculita y S3= 50 % fibra de coco, 20 % lombricomposta, 20 % perlita, 10 % vermiculita.

4.4. Longitud de raíz (LR)

Una buena plántula para trasplante debe ser vigorosa, verde, libre de plagas y enfermedades, y con buen desarrollo radicular y una vez trasplantada, debe tolerar los cambios ambientales y de manejo para lograr un óptimo desarrollo (Vavrina, 2002). Al interpretar los datos del ANOVA ($P \leq 0.05$) y la comparación de medias de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) no se observó diferencias significativas entre los tratamientos (Figura 5). Sin embargo, se observaron diferencias numéricas siendo el tratamiento elaborado con agua ozonizada y el S3 el cual se preparó con una mezcla de 50 % fibra de coco, 20 % lombricomposta, 20 % perlita y 10 % de vermiculita fue el que alcanzó una mayor longitud de raíz con valores cercanos a los 13 cm. Raviv *et al.* (2004) mencionan que la concentración de O_2 disuelto (COD) es un parámetro

importante de la calidad del agua de riego y Morard *et al.* (2000) reportó que el suministro de oxígeno mejoro el crecimiento y desarrollo de raíces y tallos en jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) y en otros cultivos. Mientras en sustratos con la variable longitud de raíz fue con 50 % fibra de coco, 20 % lombricomposta, 20 % perlita, 10 % vermiculita con 22.84% con AO mejoro ante el uso de AP y por lo tanto se obtiene longitud de 13.4 cm cuando se aplicó agua ozonizada. Al respecto Leskovar (2001), menciona que el establecimiento de un cultivo de trasplante depende de un buen desarrollo radicular. Resultados similares obtuvo Acevedo *et al.* (2020) al revelar una LR de 10.65 cm, lo anterior, derivo de la evaluación de abonos orgánicos comerciales, estiércoles locales y fertilización química en plántulas de chile poblano, puesto que el uso de fibra de coco con agua ozonizada mejora el crecimiento radicular de una plántula de chile.

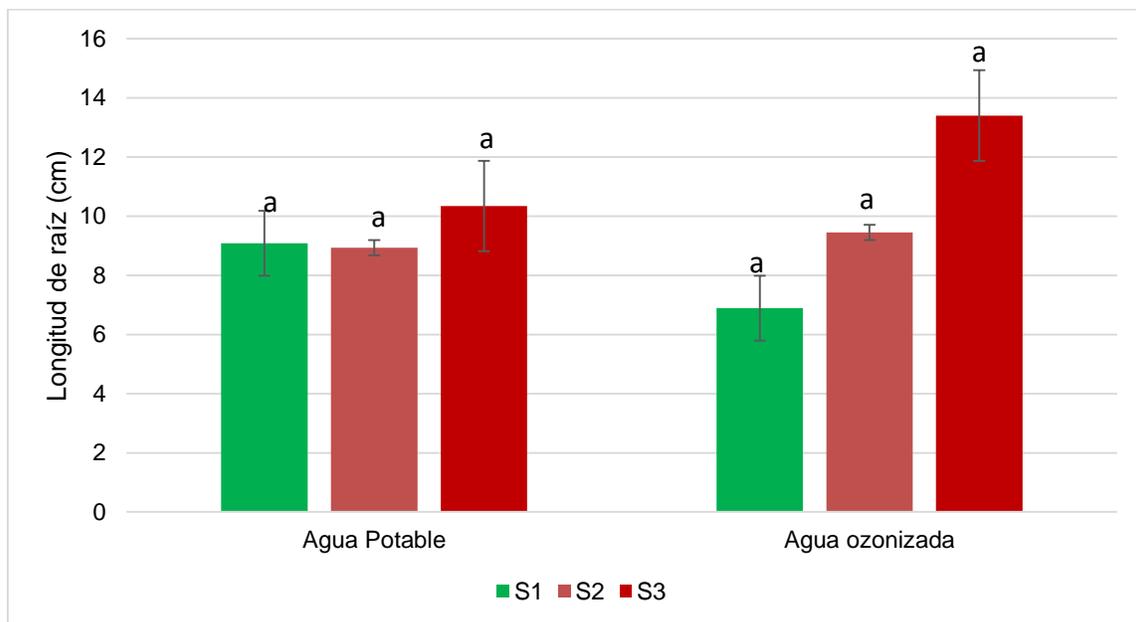


Figura 7. Longitud de raíz en la producción en invernadero de chile Güero/Húngaro cultivado en tres sustratos y dos tipos de agua. S1= 70 % peat moss, 20 % perlita, 10 % vermiculita y osmocote®, S2= 50 % peat moss, 20 % lombricomposta, 20 % perlita y 10 % vermiculita y S3= 50 % fibra de coco, 20 % lombricomposta, 20 % perlita, 10 % vermiculita.

4.5. Peso fresco de vástago (PFV)

Al analizar el peso seco en una planta se estima el volumen del contenido de agua presente (Benedetto, 2016). Para la variable peso fresco de vástago en este

experimento no se encontraron diferencias significativas para los tratamientos, sin embargo, el S1 el cual fue preparado con un 70 % de peat moss, 20 % de perlita, 10 % de vermiculita y osmocote (fertilizante utilizado como testigo), mostro rendimientos superiores respecto a las restantes con un valor aproximado de 0.58 g para los dos tratamientos, por otro lado el S2 el cual se preparó con un una mezcla de 50 % de peat moss, 20 % de lombricomposta, 20 % de perlita y 10 % de vermiculita y S3 elaborado con 50 % fibra de coco, 20 % de lombricomposta, 20 % de perlita y 10 % de vermiculita mostraron una diferencia mínima respecto a los dos tratamientos con agua potable.

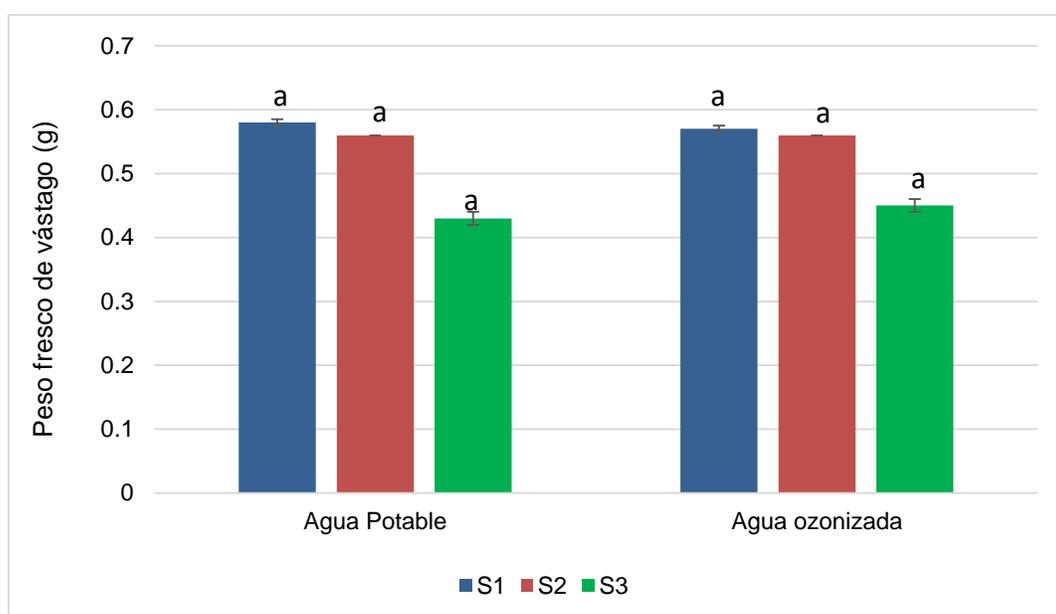


Figura 8. Peso fresco de vástago en la producción en invernadero de Chile Güero/Húngaro cultivado en tres sustratos y dos tipos de agua. S1= 70 % peat moss, 20 % perlita, 10 % vermiculita y osmocote®, S2= 50 % peat moss, 20 % lombricomposta, 20 % perlita y 10 % vermiculita y S3= 50 % fibra de coco, 20 % lombricomposta, 20 % perlita, 10 % vermiculita.

Vásquez *et al.* (2015) encontró diferencias estadísticas significativas para la misma variable reportando hasta 40.5 g de peso húmedo de vástago en lechuga, cuyos datos difieren a los obtenidos en este experimento, esta diferencia quizás estuvo asociada al tipo de cultivo, a la dosis de O₃ y a la etapa de muestreo de dicha variable.

4.6. Peso fresco de raíz (PFR)

Cabe mencionar que es muy importante conocer peso fresco de los órganos de la planta. Por ello, en esta variable se determinó su comportamiento en fresco dando a conocer en la Figura 9, lo cual, se aprecia que no existieron diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, se obtuvo diferencia numérica siendo el mejor tratamiento el S2 el cual se elaboró con una mezcla de 50 % de peat moss, 20 % de lombricomposta, 20 % de perlita y 10 % de vermiculita y agua potable ya que proporcionó el mayor peso fresco de raíz con un promedio de 0.35 g. Los tratamientos donde el riego fue con agua ozonizada no mostraron resultados destacables para esta variable.

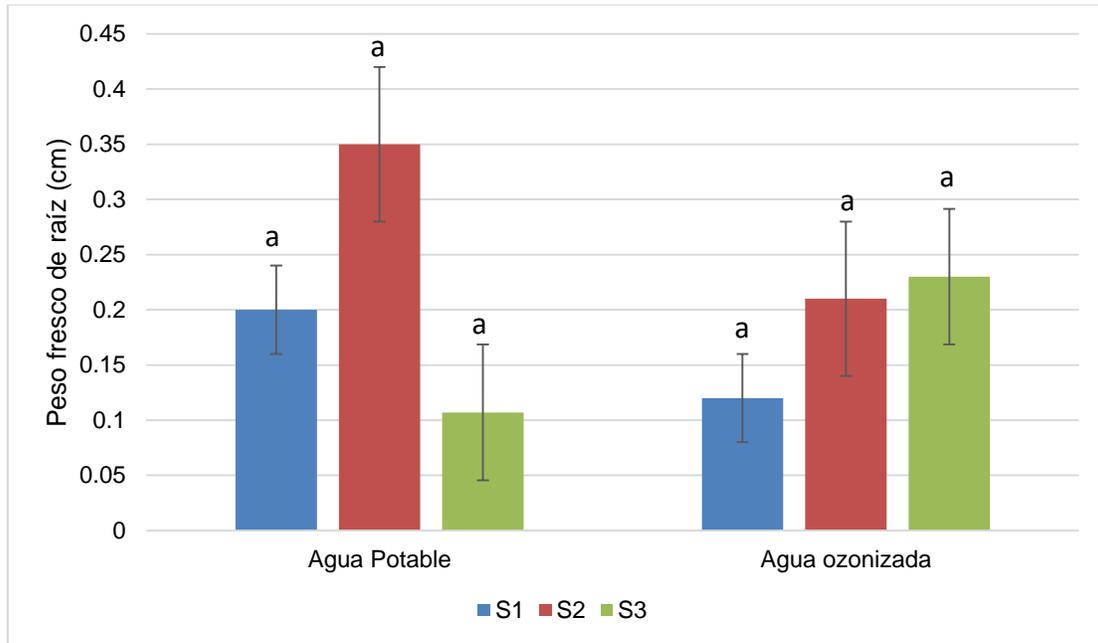


Figura 9. Peso fresco de raíz en la producción en invernadero de Chile Güero/Húngaro cultivado en tres sustratos y dos tipos de agua. S1= 70 % peat moss, 20 % perlita, 10 % vermiculita y osmocote®, S2= 50 % peat moss, 20 % lombricomposta, 20 % perlita y 10 % vermiculita y S3= 50 % fibra de coco, 20 % lombricomposta, 20 % perlita, 10 % vermiculita.

Ruiz *et al.* (2022) en un trabajo de investigación en plántulas de tomate evaluó los efectos del fertirriego y la aplicación de O₃ en la solución nutritiva donde encontró que el ozono mejoró el peso de la raíz. De este modo, podemos relacionar estos datos con los obtenidos por Grazia *et al.* (2007) quienes mencionan que los

parámetros que afectan las características físicas-químicas del medio de cultivo, como la falta de capacidad de aireación junto a un exceso de retención de agua afecta la elongación, orientación y el patrón de ramificación de la raíz.

4.7. Peso seco de vástago (PSV)

El peso seco estima el carbono total presente en la planta, lo que permite analizar importantes aspectos de su fisiología (Benedetto, 2016).

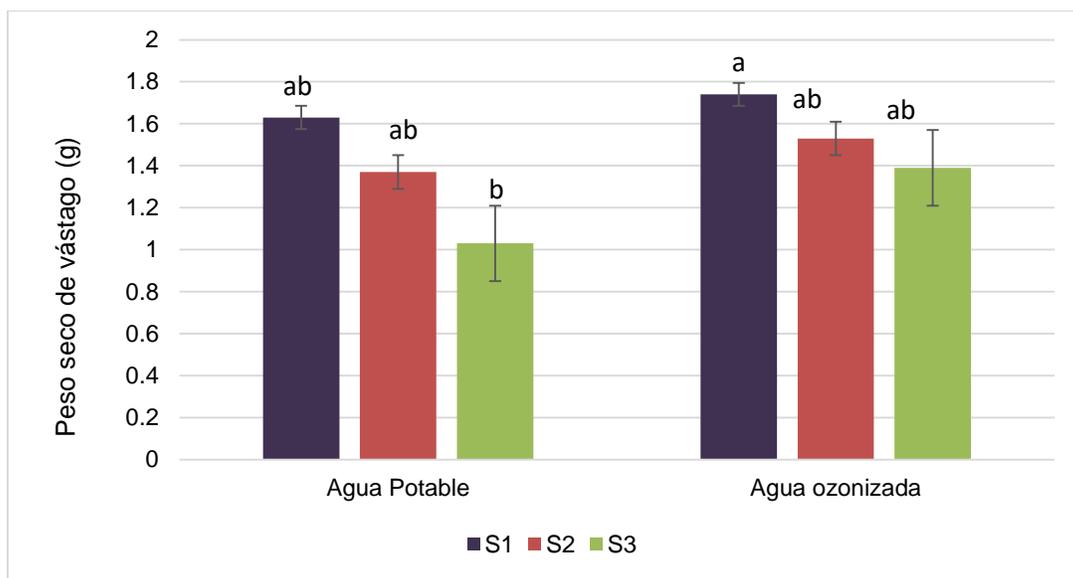


Figura 10. Peso seco de vástago en la producción en invernadero de Chile Güero/Húngaro cultivado en tres sustratos y dos tipos de agua. S1= 70 % peat moss, 20 % perlita, 10 % vermiculita y osmocote®, S2= 50 % peat moss, 20 % lombricomposta, 20 % perlita y 10 % vermiculita y S3= 50 % fibra de coco, 20 % lombricomposta, 20 % perlita, 10 % vermiculita.

Con la prueba de medias se observó diferencias significativas en los tratamientos en esta variable. El tratamiento que mostró el mayor contenido de biomasa (1.74 g) fue el S1 el cual fue elaborado con un 70 % de peat moss, 20 % de perlita, 10 % de vermiculita + el fertilizante de lenta liberación osmocote y riego con agua ozonizada. También destacó el tratamiento elaborado con fibra de coco y agua de ozonizada el cual fue mejor que el tratamiento con el mismo sustrato, pero regado con agua potable (Figura 10).

García *et al.* (2011) evaluó la calidad de plántulas de chile poblano en la Sierra Nevada de Puebla, México, en invernadero utilizando cuatro factores: sustrato, variedad, desinfección a la semilla y fertilización, obtuvo que el peso seco de la parte aérea fue la más informativa presentando diferencias significativas en los factores principales y en sus interacciones. Los resultados obtenidos en el S1 coinciden con los obtenidos con dicho autor ya que en la en los tratamientos con fertilización las plantas obtuvieron mayor peso del vástago, sin embargo, difieren a los tratamientos restantes.

4.8. Peso seco de raíz (PSR)

Al analizar los datos en el ANOVA y la comparación de medias de peso seco de raíz en el cultivo de chile húngaro se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos. Se obtuvo que todos los tratamientos donde se aplicó agua ozonizada fueron mejores que los tratamientos donde se regó con agua potable. El tratamiento S1 elaborado con un 50 % de peat moss, 20 % de lombricomposta, 20 % de perlita y 10 % de vermiculita mostro los mejores resultados con un valor promedio de 1.07 g de peso seco de raíz (Figura 11). Los resultados obtenidos en este experimento no coinciden con los obtenidos por Preciado *et al.* (2008) en un trabajo que realizó para evaluar el efecto de las concentraciones de NH_4^+ y H_2PO_4^- en la solución nutritiva sobre el crecimiento y la extracción de nutrimentos en plántulas de chile, el cual demuestra que su mayor resultado en peso seco de raíz de plántula fue de 0.5 g cuando uso una concentración con 1.5 mmol L^{-1} de NH_4^+ . Al comparar estas evidencias, el ozono influye de manera positiva en peso seco de raíz.

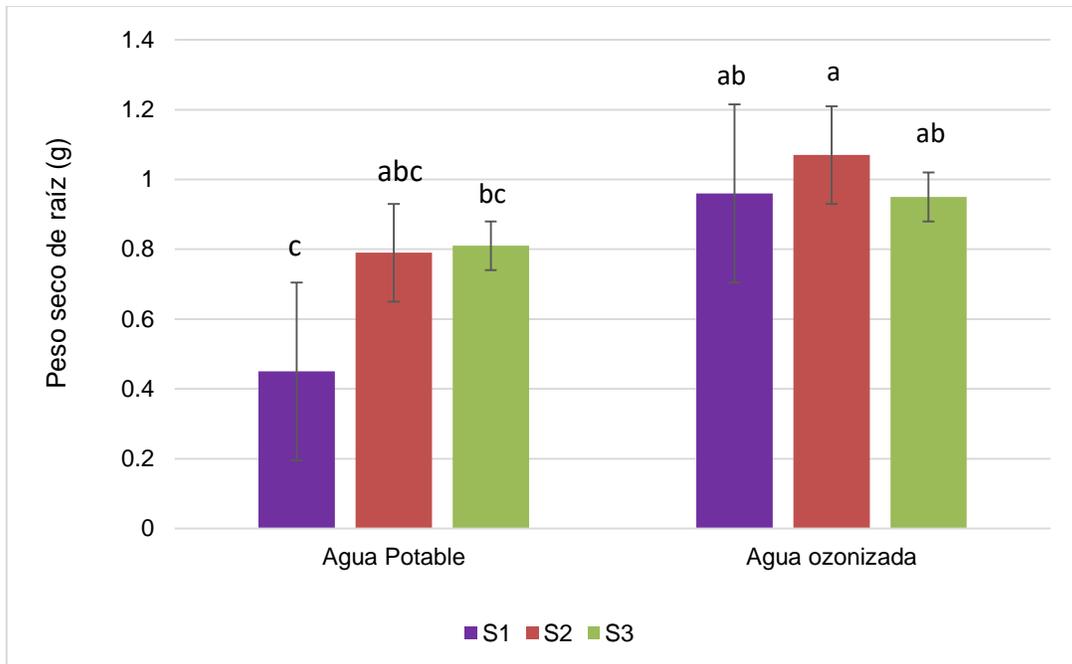


Figura 11. Peso seco de raíz en la producción en invernadero de Chile Güero/Húngaro cultivado en tres sustratos y dos tipos de agua. S1= 70 % peat moss, 20 % perlita, 10 % vermiculita y osmocote®, S2= 50 % peat moss, 20 % lombricomposta, 20 % perlita y 10 % vermiculita y S3= 50 % fibra de coco, 20 % lombricomposta, 20 % perlita, 10 % vermiculita.

V. CONCLUSIONES

1. En este experimento se obtuvo que la aplicación de los tratamientos con agua ozonizada afectó de forma positiva el crecimiento de plántulas de chile tipo Güero/Hungaro bajo condiciones de un cultivo sin suelo en invernadero, siendo la variable peso seco de raíz la que mejor respuesta presentó en los tres sustratos probados.
2. El tratamiento elaborado con 70 % de peat moss + 20 % de perlita + 10 % de vermiculita + osmocote® y agua ozonizada presentó la mayor altura de planta, mayor número de hojas y mayor peso seco de vástago. Mientras que, el tratamiento elaborado con 50 % de peat moss + 20 % de lombricomposta + 20 % de perlita + 10 % de vermiculita y agua ozonizada logró una mayor formación de peso seco de raíz. El tratamiento elaborado con 50 % de fibra de coco + 20 % de lombricomposta + 20 % de perlita + 10 % de vermiculita propició una mayor longitud y peso seco de raíz.

VI. LITERATURA CITADA

- Acevedo, A. P., Cruz, H. J., Taboada, G. O. R. (2020).** Abonos orgánicos comerciales, estiércoles locales y fertilización química en la producción de plántula de chile poblano. *Revista fitotecnia mexicana*, 43(1), 35-44.
- Adams, C., Frantz, J. y Bugbee, B. (2013).** Macro and micronutrient release characteristics of three polymer-coated fertilizers: Theory and measurements. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 176: 76 - 88.
- Aguilar, R. V. H., Corona, T. T., López, L. P., Latournerie, M. L., Ramírez, M. M., Villalón, M. H., y Aguilar, C. J.A. (2010).** Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, ITConkal, UANL, UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 114 p.
- Aguirre, H. E. y Muñoz, O. V. (2015).** El chile como alimento. *Revista Ciencia*, 16-23. Recuperado de: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/66_3/PDF/Chile.pdf
- Betancourt, A. C., Tartabull, P. T., Labaut, B. Y. (2017).** El manejo integrado del agua en la agricultura: Necesidad de implementación y aspectos vinculados. *Revista científica. Agroecosistemas*, 5 (2), 40 - 54.
- Bonachela, S.; Casas, J. J. and Acuña, R. A. (2007).** Environmental factors and management practices controlling oxygen dynamics in agricultural irrigation ponds in a semiarid Mediterranean region: implications for pond agricultural functions. *Water Res.* 41:1225-1234.
- Benedetto, D, A y Tognetti, J. (2016).** Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. *RIA. Rev. investig. agropecu.* [online]. vol.42
- Castellón, G. J. J., Bernal, M. R., Hernández, R. M. D. (2015).** Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala. *Ingeniería*, 19(1),39-50.
- CSPM (Canadian Sphagnum Peat Moss. (2011).** Sustentable peatland management. Disponible en; <http://www.peatmoss.com/index.php> (Consultado septiembre 2022).
- De Grazia, J., P.A. Tittonell, y A. Chiesa. (2007).** Efecto de sustratos con composta y fertilización nitrogenada sobre la fotosíntesis, precocidad y rendimiento de pimiento (*Capsicum annuum*). *Ciencia e investigación agraria* 34(3): 195-204.
- EPA, (Environmental Protection Agency). (1999).** Folleto informativo de tecnología de aguas residuales., Desinfección con ozono. United States. Office of Watter Washington. D.C. 832-F-99-063.
- FAOSTAT, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: división de Estadística. (2022).** Datos sobre alimentación y agricultura. FAO. Roma. <http://www.fao.org/faostat/es/#home> (octubre 2022).

- FERTINNOWA, (2018).** Ficha Técnica. Fuentes de Agua. Pp.2-1 a 2-56.
<https://www.fertinnowa.com/about-our-website/>
- 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.
- Frisón, L., Vissani, M., Ocampo, H., Ponisio, D., & Basílico, J. (2013).** Efectos del agua ozonizada sobre microorganismos patógenos y alterantes de frutas y 60 hortalizas. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 119- 131.
- García M, D. G., Díaz, J. M. B., Hernández, C., & Ruíz, A. (2021).** Efecto del riego ozonizado en desarrollo vegetativo y control de *Cladosporium* sp. en el cultivo de pepino. 14 p.
- García Morales, Ciro, Taboada Gaytán, Oswaldo R., López Sánchez, Higinio, López, Pedro Antonio, Mora Aguilera, Gustavo, & Tlapal Bolaños, Bertha. (2011).** Calidad de plántulas de chile 'poblano' en la Sierra Nevada de Puebla, México. *Revista fitotecnia mexicana*, 34(2), 115-121.
- Gomes, L. A. A.; Rodrigues, A. A.; Collier, L. S. e Feitosa, S. S. (2008).** Produção de mudas de alface em substrato alternativo com adubação. *Horticultura Brasileira*. 26:359-363.
- Hidritec, (2016).** Ingeniería de diseño y fabricación de plantas compactas de tratamiento de agua potable, residual e industriales. El ozono en la Agricultura Disponible en: <http://www.hidritec.com/hidritec/el-ozono-en-la-agricultura>.
- Hortalizas Frutas y Flores, (1997).** Producción de Plántulas en Invernadero.
- ICADER, (2011).** Ingeniería y Consultoría Ambiental para el Desarrollo Rural. Disponible en; <http://icaader.awardspace.com/index.php?idmenu=3>.
(Internet: <https://lapicantecadelsur.es/chile-güero/>).
- Jiménez, G. S. (1992).** Fertilizantes de liberación lenta. Tipos, evaluación y aplicaciones. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 146 p.
- Kafkafi, U. (2008).** Functions of the root system. In: Raviv, J. R. M. and Lieth H. (Eds). Soiless Culture: Theory and Practice. Elsevier, London WC1X 8RR, UK. 587 p.
- Lagunes-Fortiz, Erika, Clemente Villanueva-Verduzco, Edgar Ricardo Lagunes-Fortiz, Erika Janet Zamora-Macorra, Norma Ávila-Alistac, y Evert Villanueva-Sánchez. (2021).** «La Densidad De Siembra En El Crecimiento De La Verdolaga». *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas* 12 (2). México.
- Leskovar, D. (2001).** Producción y ecofisiología del trasplante hortícola. Texas University, USA. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 25 pp.

- López, B. J., Méndez, M. A., Pliego, M. L., Aragón, R. E., Robles, M. M. L. (2013).** Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile 'onza' (*Capsicum annuum*) en invernadero, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, ISSN- 2007-0934, (6): 1139-1150.
- López, B. J., Méndez, M. A., Pliego, M. L., Aragón, R. E., Robles, M. M. L. (2013).** Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile 'onza' (*Capsicum annuum*) en invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(spe6), 1139-1150.
- López L. P. y Pérez, B. D. (2015).** El Chile Huacle (*Capsicum annuum* sp.) en el Estado de Oaxaca, México. *Agroproductividad*, 35-39.
- Luna, F. J. A., Cruz, C. E., Can, C. Á., Chan, C. W., Luna, E. G., García, P. J. D. y Mancilla, V. O. R. (2021).** Producción de plántulas de chile habanero con fertilización orgánica y biológica. *Terra Latinoamericana*, 39, 1-13.
- Mazuela, P. (2010).** Effect of oxygen supply on water uptake in a melon crop under soilless culture. *Interciencia*. 35(10):769-771.
- Martínez D. A., Landini, A., Svartz, H., Venc, L., Bottini L., Mascarini, L., Orden, S., Vilella, F. (2006).** Propiedades Físicas e Hidráulicas de Perlita En Cultivos de Rosas y Sus Variaciones Temporales. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires Cl. Suelo (Argentina) 24 (2) 177-182.
- Maruchi, A., Cueto, J., Santos, Y., Romero, W., Llauger, R., Rohde, W. (2007).** Variabilidad morfológica y molecular de una población de cocoteros verdes en la Región de Baracoa. *Cultivos Tropicales* 28(3): 69-75.
- Mohamed., M.S. Abuarab, E.M. and Magdy, E. 2014.** Root aeration improves yield and wáter use efficciency of irrigated potato in Sandy clay loam soil. *Interntional journal of advanced Research*. 2(10):310-320.
- Monge, C. (2007).** Evolución del crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) y chile dulce (*Capsicum annumm*) Linn, mediante la utilización de seis sustratos y tres métodos de fertilización en el Cantón de San Carlos, Costa Rica. Tesis de licenciatura. Instituto tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos, 95p.
- Montaño, M. N.J., Núñez, J.C. (2003).** Evaluación del efecto de la edad de trasplante sobre el rendimiento en tres selecciones de ají dulce *Capsicum chinense* Jacq. en Jusepín, estado Monagas. *Revista de la Facultad de Agronomía (Luz)* 20:144-155.
- Morard, P.; Lacoste, L. and Silvestre, J. (1995).** Effect of oxygen deficiency on uptake of water and mineral nutrients by tomato plants in soilless culture. *J. Plant Nutr.* 23:1063-1078.
- NACIONES UNIDAS (UN). (2005).** Glosario de Términos Ambientales, citado por COMUNIDAD ANDINA. Manual de Estadísticas Ambientales. CAN: Santa Cruz de la Sierra. p 31-45.

- Nagendra-Prasad D, N. Sudhakar, K. Murugesan and Mohan. (2009).** Application of ozone on induction of resistance in *Vigna unguiculata* cv. Co6, against Fusarium wilt. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 42:633-642.
- Partidah, S. A. A. y Quezada, C. S. M. (2012).** *Coordinación de actividades culturales y académicas, Universidad Autónoma de Nayarit. De los nombres del chile y sus variedades principales en tierras nayaritas pp. 53-54.
- Papke, C.; Ramírez-Aguilar, C. and Antonio, C. (2014).** Oxygen consumption under hypoxic conditions. 185-208 pp. In: Van Dongen T. J. and Licausi, F. (Eds). *Low-oxygen stress in plants. Oxygen sensing and adaptive responses to hypoxia. Plant Cell Monographs.* Springer. 419 p.
- Paulitz, T.C. (2001).** Biological control in greenhouse systems. *Phytopath* 39: 103- 133.
- Pérez, C. L. M., Castañón, N. G., Ramírez, M. M., Mayek, P. N. (2015).** Avances y perspectivas sobre el estudio del origen y la diversidad genética de *Capsicum* spp. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 2(4), 117-128.
- Pire, R., Pereira, A. (2003).** Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del Estado Lara, Venezuela. Propuesta metodológica. *Bioagro* 15(1): 55-64.
- Preciado Rangel, Pablo, Lara-Herrera, Alfredo, Segura Castruita, Miguel Ángel, Rueda Puente, Edgar Omar, Orozco Vidal, Jorge A., Yescas Coronado, Pablo, & Montemayor Trejo, José A. (2008).** Amonio y fosfato en el crecimiento de plántulas de chile jalapeño. *Terra Latinoamericana*, 26(1), 37-42.
- Quesada, G., Méndez, C. (2005).** Análisis fisicoquímico de materias primas y sustratos de uso potencial en almácigos de hortalizas. *Revista Agricultura Tropical* 35: 1-13.
- Ramos H. R. (2011).** Evaluación de productos orgánicos y proteína de plántula de chile habanero (*Capsicum chinense* j.) (Tesis de licenciatura) Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro.
- Raviv, M.; Medina, S.; Krasnovsky, A. y Ziadna, H. 2004.** Organic matter and nitrogen conservation in manure compost for organic agriculture. *Compost Science & Utilization* 12:6-10.
- Rodríguez C. Y. (2018).** Estudio del efecto de la modificación química de vermiculita (VMC) y el uso de plastificante con funcionalidad amino en el almidón termoplástico (ATP) y la procesabilidad de nanocompuestos almidón termoplástico/vermiculita. Programa de Maestría en Tecnología de Polímeros. Centro de Investigación en Química Aplicada. Disponible: <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/615/1/Tesis%20MTP%20Yamila%20Rodriguez%2017%20ene%202019.pdf>.
- Rosa, E. (1996).** Evolución de los sistemas de producción de plántulas. *Horticultura Internacional* No 12 pp. 24-26 España.

- Sáez, P., Narciso, J. (1999).** Utilización de sustratos en viveros. *Terra Latinoamericana*. 17(3), 231-235. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57317307>.
- SAGARPA, (2010).** Un panorama del cultivo del chile. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 1(1): 4-20. recuperado de: <http://infosiap.siap.gob.mx/images/stories/infogramas/100705-monografiachile.pdf>
- Salazar, M. R., Rojano, A. A. & López, C. I. L. (2014).** La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. *Tecnología y Ciencias del Agua*. Vol. V, núm. 2, 177-183.
- Sánchez, M. G. (2019).** Agua ozonizada, antecedentes, usos en medicina y bases preclínicas. *Ozone Therapy Global Journal*. Vol. 9, n. 1, 5-31.
- SIAP, (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2022).** Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. Ciudad de México <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (octubre 2022).
- Terés, T. V. (2001).** Relaciones aire agua en sustratos de cultivo como base para el control de riego. Metodología de laboratorio y modelización. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. 483p.
- 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.
- Vargas, P., Castellanos, J., Sánchez, P., Tijerina, L., López, R., Ojodeagua, J. (2008).** Caracterización física, química y biológica de sustratos de polvo de coco. *Revista fitotecnia mexicana* 31(4): 375-381.
- 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).
- Vavrina, C.S. (2002).** An introduction to the Production of Containerized Vegetable Transplant. Fact Sheet HS849. Horticulture Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. 17 p.