



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

LICENCIATURA EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

**OZONO APLICADO EN RIEGO PARA CONTROL DE
ENFERMEDADES FUNGOSAS EN EL CULTIVO DE PEPINO**

**TESIS PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO
DE LICENCIADA EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA**

PRESENTA

MARÍA DOLORES GARCÍA GARCÍA

DIRECTOR

DR. JUAN MANUEL BARRIOS DÍAZ

ASESORES

DRA. CARMELA HERNÁNDEZ DOMÍNGUEZ

Q. I. RAMÓN GONZÁLEZ MARQUÉZ

DR. SIGFRIDO DAVID MORALES FERNÁNDEZ

SAN JUAN ACATENO, TEZIUTLÁN, PUEBLA, MÉXICO. DICIEMBRE DEL 2020



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA
LICENCIATURA EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

**OZONO APLICADO EN RIEGO PARA CONTROL DE
ENFERMEDADES FUNGOSAS EN EL CULTIVO DE PEPINO**

TESIS PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO
DE LICENCIADA EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

PRESENTA

MARÍA DOLORES GARCÍA GARCÍA

DIRECTOR

DR. JUAN MANUEL BARRIOS DÍAZ

ASESORES

DRA. CARMELA HERNÁNDEZ DOMÍNGUEZ

Q. I. RAMÓN GONZÁLEZ MARQUÉZ

DR. SIGFRIDO DAVID MORALES FERNÁNDEZ

SAN JUAN ACATENO, TEZIUTLÁN, PUEBLA, MÉXICO. DICIEMBRE DEL 2020

BUAP

La presente tesis titulada “Ozono aplicado en riego para control de enfermedades fungosas en el cultivo de pepino”, realizada por María Dolores García García ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

Consejo particular integrado por:

Firma

Director: Dr. Juan Manuel Barrios Díaz



Asesor: Dra. Carmela Hernández Domínguez



Asesor: Q. I. Ramón González Marquéz



Asesor: Dr. Sigfrido David Morales Fernández



San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Diciembre del 2020.

DEDICATORIAS

Con todo mi corazón:

A mí padre Valentín García Guevara que yace en el cielo junto a las estrellas del firmamento. Sé que te llenará de alegría y orgullo este mérito que por las noches veré reflejada tú sonrisa en el brillo de la luna. Te extraño.

A mí madre bonita Agustina García Luna, la mujer más dulce y maravillosa. Eres ejemplo de resiliencia, eres tú el ángel que Dios me envió para guiarme y darme amor por montones.

Aprecio la confianza y la motivación que me brindaron, siempre tuve posada mi fuerza en los grandes consejos que me dieron, sin ustedes no hubiera llegado tan lejos.

Gracias por su apoyo y sacrificio.

Siempre los amaré.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis agradecimientos:

A la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por lo saberes que se me impartieron a lo largo de mi formación profesional y por los extraordinarios momentos que viví en este lugar.

A mi consejo particular

Dr. Juan Manuel Barrios Díaz a quien admiro por la riqueza de conocimientos, es un gran profesor, gracias por su apoyo incondicional para la elaboración de este trabajo de investigación, de verdad gracias por su paciencia, sus enseñanzas y por las sabias palabras que me ha regalado en momentos difíciles.

Dr. Sigfrido David Morales Fernández un gran docente, una gran persona y sobretodo un excelente amigo. Lo estimo bastante, ha sabido guiar mis pasos durante mi preparación profesional, agradezco profundamente su paciencia, su apoyo y su amistad.

Q. I. Ramón González Márquez y la Dra. Carmela Hernández Domínguez, por sus valiosas aportaciones durante el desarrollo de esta investigación, los admiro.

A mi familia

María del Rosario García García (Furry) mi hermana muchas gracias por compartir tanta dicha conmigo desde nuestros primeros pasos, fenomenales aventuras y tanta felicidad. Tú eres mi compañera ideal, agradezco las motivaciones, el apoyo y la confianza que me has dado. Te amo con todo mi ser y siempre estaré para ti.

Aurea García García (Chapa) mi hermana mayor y mi guía, gratifico todo lo que has hecho desde siempre para que yo lograra realizarme profesionalmente, tú fuiste la pieza clave para que siempre diera más de mí, tú fuiste mi inspiración desde niña y fuiste esa misma que, aunque me exigías mucho siempre sacaste lo mejor de mí, gracias infinitas.

María Cruz García García (Bochita) mi hermana, reconozco que tú eres uno de los vínculos más especiales con los instantes más divertidos que he tenido a lo largo de mi vida, sin ti no habría tantos bellos recuerdos, miles de gracias por ello. Eres genial.

Gustavo García García mi hermano querido, no hay palabras para describir lo mucho que agradezco el apoyo que me has dedicado, el cuidado de nuestra familia y las incontables risas que me has arrancado a diario, eres un buen hombre.

Rigo García García hermano, aunque ya no estás en este mundo terrenal gracias por todo lo que compartimos mientras estuviste con nosotros. Si pudiera comprar un momento para volverlo a vivir, ojalá fuera ese último abrazo que me diste. Todavía me duele tu partida.

Gracias Estela Fuentes, Felipe Velázquez y Tachito Estrada, ustedes han contribuido de muchas maneras a que yo cumpliera este sueño, son compañeros de las valiosas personas que tengo en mi vida, gracias por cuidar de ellos y por ser parte de mi existencia.

A las personas de mi vida

Óscar Iván Alfonso Ruíz mi amor, valoro todo lo que has hecho por mí, has sido la causa de tantos momentos llenos de belleza, gracias por hacerme muy feliz y el amor que me demuestras día a día, eres un adorable compañero. Que hermoso coincidir. Te amo.

Don Agustín Álvarez (Compadre), nunca olvidaré su grata compañía, gracias por cantar conmigo con el viento del campo, el rocío de la mañana, la lluvia y el frío, hicieron los días de trabajo menos pesados. Lo quiero como si fuera de mi familia.

Ing. Benito Suárez Blanco, de verdad estimo el patrocinio, las asesorías y contribuciones que me ha obsequiado para prosperar, lo admiro, mis más sinceros respetos.

Andru Lugo Flores mi fiel amigo, no sabes cuánto aprecio el cariño y apoyo en los buenos y malos momentos, gracias por todo lo vivido durante la universidad. Tienes un gran corazón.

“Cuando la sangre de tus venas retorne al mar,
y el polvo en tus huesos vuelva al suelo,
quizás recuerdes que esta tierra no te pertenece a ti,
sino que tú perteneces a esta tierra”.

Jefe Seattle

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE GENERAL	I
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE CUADROS	VI
RESUMEN	- 1 -
ABSTRACT	- 2 -
I. INTRODUCCIÓN	- 3 -
II. OBJETIVOS	- 5 -
2.1 Objetivo general.....	- 5 -
2.2 Objetivos específicos	- 5 -
III. HIPÓTESIS	- 6 -
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	- 7 -
4.1 Descripción del pepino	- 7 -
4.1.1 Requerimientos edafoclimáticos del pepino	- 8 -
4.2 Cultivo de pepino en condiciones de invernadero	- 9 -
4.3 Importancia del cultivo de pepino en México.....	- 9 -
4.4 Enfermedades fungosas que atacan al cultivo de pepino.....	- 10 -
4.4.1 Métodos de control para las enfermedades fungosas	- 12 -
4.4.2 Desventajas del uso de productos químicos	- 12 -
4.5 Descripción del ozono	- 13 -
4.5.1 Mecanismo de acción del ozono	- 13 -
4.5.2 Efecto de la aplicación de ozono.....	- 14 -
4.5.3 El ozono en la agricultura.....	- 15 -

4.5.4 Implementación de ozono en el riego agrícola.....	- 15 -
4.5.5 Sistemas para la ozonización de aguas para riego.....	- 16 -
4.5.6 Proceso de los ozonizadores por el método de descarga eléctrica	- 16 -
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	- 17 -
5.1 Localización del sitio experimental	- 17 -
5.2 Material vegetativo	- 18 -
5.2.1 Germinación de semillas	- 18 -
5.3 Acondicionamiento del área experimental	- 18 -
5.3.1 Sistema de riego	- 18 -
5.3.2 Acolchado.....	- 19 -
5.3.3 Generador de ozono	- 19 -
5.3.4 Medidor del potencial de oxidación-reducción.....	- 20 -
5.4 Diseño experimental	- 21 -
5.4.1 Croquis del área experimental.....	- 22 -
5.5 Establecimiento del cultivo.....	- 22 -
5.6 Duración del experimento.....	- 23 -
5.7 Manejo del cultivo	- 23 -
5.7.1 Riego del cultivo	- 24 -
5.6.2 Fertilización del cultivo.....	- 25 -
5.7.3 Programa de aplicación de productos químicos.....	- 25 -
5.7.4 Prácticas posteriores a la cosecha.....	- 27 -
5.7.5 Identificación de enfermedades.....	- 27 -
5.8 Medición de variables	- 27 -
5.8.1 Evaluación de las variables de crecimiento y desarrollo.....	- 27 -
5.8.2 Evaluación del rendimiento.....	- 28 -

5.8.3 Porcentaje de incidencia y severidad	- 28 -
5.8.4 Análisis de las condiciones ambientales	- 29 -
5.9 Análisis de datos	- 29 -
VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES	- 30 -
6.1 Capacidad oxidante de agua.....	- 30 -
6.2 Factores ambientales durante la investigación.....	- 30 -
6.2.1 Registro de la temperatura.....	- 30 -
6.2.2 Registro de la radiación.....	- 31 -
6.2.3 Registro de la humedad relativa	- 32 -
6.2.4 Registro del déficit de presión de vapor.....	- 33 -
6.3 Incidencia y severidad de las enfermedades	- 34 -
6.3.1 Daño foliar.....	- 34 -
6.3.2 Daño de raíz y frutos de pepino	- 37 -
6.4 Desarrollo vegetativo.....	- 39 -
6.4.1 Efecto de los factores en el desarrollo vegetativo	- 39 -
6.4.2 Niveles de los factores en el desarrollo vegetativo.....	- 42 -
6.4.3 Interacción de los factores en el desarrollo vegetativo	- 43 -
6.5 Rendimiento.....	- 46 -
6.5.1 Efecto de los factores en el rendimiento	- 46 -
6.5.2 Niveles de los factores en el rendimiento.....	- 47 -
6.5.3 Interacción de los factores en las variables de rendimiento	- 48 -
VII. CONCLUSIONES	- 50 -
VIII. LITERATURA CITADA	- 51 -
IX. ANEXOS.....	- 58 -
ANEXO 1. FICHA TÉCNICA DEL PEPINO	- 58 -

ANEXO 2. FICHA TÉCNICA DE LA COMPOSTA.....	- 59 -
ANEXO 3. ENFERMEDADES FUNGOSAS EN EL MICROSCOPIO.....	- 60 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Descripción de la planta de pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.).	- 7 -
Figura 2. Estructura del ozono (O ₃).	- 13 -
Figura 3. Proceso de generación del ozono.	- 16 -
Figura 4. Facultad de Ingeniería Agrohidráulica.	- 17 -
Figura 5. Sistema de riego.	- 19 -
Figura 6. Diagrama del generador de ozono.	- 20 -
Figura 7. Medidor de la capacidad de oxidación-reducción.	- 20 -
Figura 8. Croquis del área experimental.	- 22 -
Figura 9. Temperaturas registradas dentro del invernadero número uno.	- 31 -
Figura 10. Radiación dentro del invernadero número uno.	- 32 -
Figura 11. Humedad relativa dentro del invernadero número uno.	- 33 -
Figura 12. Déficit de presión de vapor dentro del invernadero número uno.	- 33 -
Figura 13. Hojas de pepino afectadas por <i>Cladosporium</i> sp.	- 34 -
Figura 14. Hojas de pepino afectadas por <i>Pseudomonas syringae</i> .	- 34 -
Figura 15. <i>Cladosporium</i> sp. en raíz (a) y <i>Sclerotinia</i> sp. en frutos (b) de pepino.	- 38 -

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Temperatura y humedad relativa óptima por estado fenológico.....	- 8 -
Cuadro 2. Principales enfermedades causadas por hongos.	- 10 -
Cuadro 3. Aplicación de productos durante la germinación de semillas.....	- 18 -
Cuadro 4. Factores evaluados en el experimento.	- 21 -
Cuadro 5. Tratamientos evaluados.	- 21 -
Cuadro 6. Prácticas para el mantenimiento del cultivo.	- 23 -
Cuadro 7. Riego aplicado en cada etapa.....	- 24 -
Cuadro 8. Dosis de fertilización del cultivo de pepino.	- 25 -
Cuadro 9. Programa de aplicación de productos químicos.	- 25 -
Cuadro 10. Incidencia de daño foliar causados por <i>Cladosporium</i> sp. y <i>Pseudomonas syringae</i> en plantas de pepino.....	- 36 -
Cuadro 11. Severidad de las enfermedades a nivel foliar en plantas del cultivo de pepino....	- 37 -
Cuadro 12. Plantas y frutos afectados por enfermedades en el cultivo de pepino.	- 39 -
Cuadro 13. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables de desarrollo vegetativo en el cultivo de pepino.	- 41 -
Cuadro 14. Variables de desarrollo vegetativo en los niveles de factores de concentración de ozono y dosis de producto químico para el control de enfermedades fungosas.....	- 43 -
Cuadro 15. Efecto de las interacciones de los factores en las variables de desarrollo vegetativo del cultivo de pepino.	- 44 -
Cuadro 16. Interacciones de los factores en la longitud de raíz al finalizar el ciclo del cultivo de pepino.	- 46 -
Cuadro 17. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables asociadas al rendimiento y calidad de fruto del cultivo de pepino.	- 47 -

Cuadro 18. Variables asociadas al rendimiento y calidad de fruto del cultivo de pepino en los factores de concentración de ozono y dosis de producto químico para el control de enfermedades fungosas..... - 48 -

Cuadro 19. Interacción de los factores en las variables asociadas con el rendimiento y la calidad de fruto de pepino. - 49 -

OZONO APLICADO EN RIEGO PARA CONTROL DE ENFERMEDADES FUNGOSAS EN EL CULTIVO DE PEPINO

RESUMEN

El cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en México es uno de los más producidos en condiciones de invernadero y genera un alto valor de la producción agrícola, más sin embargo los productores agrícolas en la mayoría de los ciclos productivos enfrentan problemáticas que afectan a las plantas y reducen los rendimientos ocasionando grandes pérdidas económicas como las enfermedades.

En este trabajo de investigación se empleó al ozono (O₃), un gas con un gran poder oxidante que tiene la capacidad de reducir la presencia de microorganismos y que de acuerdo a otros trabajos tiene efectos en el desarrollo vegetal. La finalidad de este trabajo fue evaluar la respuesta del ozono al ser aplicado al agua de riego para el control de enfermedades fungosas en el cultivo de pepino.

Para la evaluación se empleó un generador de ozono de elaboración propia con una válvula de producción de 3 g de O₃/h, la variedad de pepino utilizada fue CU-202 y el experimento fue realizado bajo un diseño factorial 3², los factores fueron ozono donde el agua alcanzó diferente capacidad oxidante en un periodo de una hora, media hora y sin ozono, estos factores se intercalaron con el otro factor compuesto por distintas dosis de producto químico (sin producto, dosis media y dosis completa) para el control de enfermedades fungosas. La duración de esta investigación fue de 100 días, del 25 de mayo al 2 de septiembre de 2020 en la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica.

Los resultados finales demostraron que la aplicación de ozono al riego al ser complementado con una dosis baja de productos químicos fungicidas disminuye la incidencia y severidad de las enfermedades y de igual manera tiene efectos notables en el desarrollo vegetal.

Palabras clave: Pepino, ozono, riego, enfermedades.

OZONE APPLIED IN IRRIGATION TO CONTROL FUNGOUS DISEASES IN CUCUMBER CULTURE

ABSTRACT

The cultivation of cucumber (*Cucumis sativus* L.) in Mexico is one of the most produced in greenhouse conditions and generates a high value of agricultural production, however, agricultural producers in most of the productive cycles face problems that affect plants and reduce yields causing great economic losses such as diseases.

In this research work, ozone (O₃) was used, a gas with a great oxidizing power that has the ability to reduce the presence of microorganisms and that according to other works has effects on plant development. The purpose of this work was to evaluate the response of ozone when applied to irrigation water to control fungal diseases in cucumber crops.

For the evaluation, a self-made ozone generator was used with a production valve of 3 g of O₃ / h, the variety of cucumber used was CU-202 and the experiment was carried out under a 32 factorial design, the factors were ozone where The water reached different oxidizing capacity in a period of one hour, half an hour and without ozone, these factors were interspersed with the other factor composed of different doses of chemical product (without product, medium dose and full dose) for the control of fungal diseases . The duration of this research was 100 days, from May 25 to September 2, 2020 at the Faculty of Agrohydraulic Engineering.

The final results showed that the application of ozone to irrigation when supplemented with a low dose of fungicidal chemicals reduces the incidence and severity of diseases and likewise has notable effects on plant development.

Keywords: Cucumber, ozone, irrigation, diseases.

I. INTRODUCCIÓN

En México, el pepino (*Cucumis sativus* L.) producido en condiciones bajo invernadero se ubica entre los cultivos que aportan a la agricultura un alto valor de producción (SIAP, 2017). Asimismo, este cultivo se posiciona en tercer lugar en volumen y cuarto en valor de la producción (SADER, 2018), durante el 2017 tuvo una cobertura de 20 mil hectáreas; con lo que se logró colocar en el séptimo lugar como productor en el ranking mundial, mientras que esta hortaliza se ubicó en el 18° lugar entre los productos agroalimentarios que más divisas reportan al país (SIAP, 2018).

Entre los problemas que enfrenta el cultivo de pepino Obregón (2017) menciona la susceptibilidad de este a algunas enfermedades de origen fungoso que limitan su producción, como lo son; *Pseudonospora cubensis* (Mildiu), *Corynespora cassiicola* (Mancha foliar objetivo), *Alternaria spp.* (Mancha foliar por alternaria), *Colletotrichum sp.* (Antracnosis) y *Erysiphe cichoracearum*, *Sphaeronoteca fuliginea*, estas últimas conocidas como (Oidio).

Una estrategia para reducir estas pérdidas es el uso de fungicidas protectantes, curativos y antiesporulantes (Roa, 2015). La desventaja de esto, es que existe una mayor posibilidad de crear resistencias debido a que los microorganismos patógenos tienen una variedad de mecanismos intrínsecos y adquiridos de resistencia a los biocidas químicos (Landa, 2018).

Por lo tanto, es necesario buscar un plan que inhiba el desarrollo de las enfermedades de forma racional, que disminuya el impacto ambiental y económico, además de obtener productos inocuos en la cosecha (FAO, 2011). Ante esto, el ozono representa una alternativa viable (Landa, 2018).

El ozono es un gas. Bajo concentraciones bajas y tiempos de contacto cortos, permite la inactivación de microorganismos (Bataller *et al.*, 2010), disuelto en agua posee propiedades fungicidas ya que se ha demostrado la disminución de la severidad en enfermedades durante evaluaciones en campo (Llerena *et al.*, 2015).

Irrigar cultivos con agua ozonizada también provoca incrementos significativos en el área foliar, la materia seca del brote y el grosor del tallo, estimula al crecimiento y con ello la productividad, incrementa el contenido de oxígeno disuelto en el agua, garantiza la calidad

microbiológica del agua, aumenta la biodegradabilidad de los macronutrientes vegetales y además garantiza la calidad microbiológica del agua (Graham *et al.*, 2011).

Con base en lo anterior, resulta interesante implementar este gas en la producción agrícola ya que brinda diversos beneficios, así como también es motivo de estudio para desarrollar investigación. El propósito de este trabajo fue evaluar el efecto del ozono aplicado en el agua de riego para el control de enfermedades fungosas en el cultivo de pepino en condiciones de invernadero.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del ozono aplicado en el agua de riego para el control de enfermedades fungosas en el cultivo de pepino en condiciones de invernadero.

2.2 Objetivos específicos

- a) Determinar la incidencia y severidad de las enfermedades presentes en el cultivo de pepino.
- b) Evaluar el crecimiento y desarrollo de la planta de pepino.

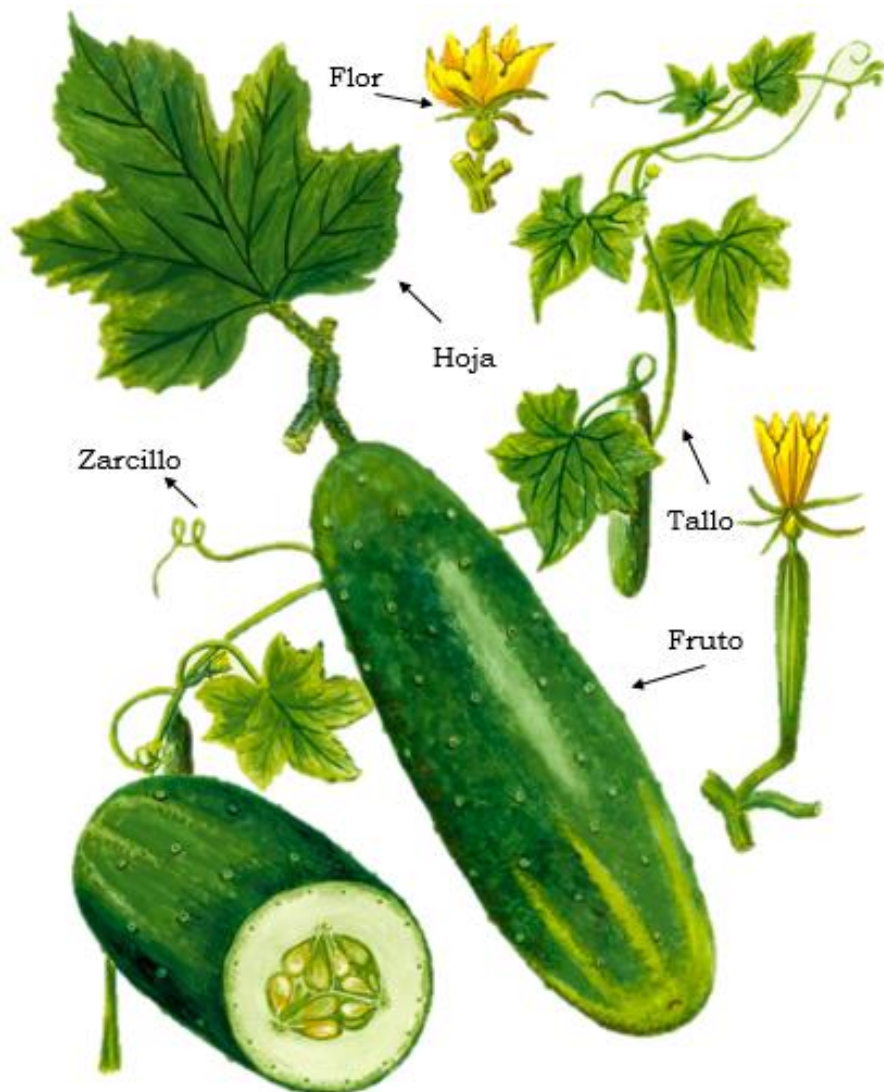
III. HIPÓTESIS

El uso de ozono en el agua de riego, repercute en el crecimiento, desarrollo y es una opción viable para controlar enfermedades fungosas en el cultivo de pepino.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Descripción del pepino

El pepino, *Cucumis sativus* L., es un fruto en baya originario de una planta herbácea, que corresponde a la familia de las cucurbitáceas. Su tallo principal es anguloso y espinoso, de porte rastrero y trepador, con hojas de color verde oscuro y recubiertas de un vello muy fino (Figura 1). Sus flores poseen pétalos de color amarillo. Su contenido de agua es del 95 %, contiene vitamina E y aceites naturales (SIAP, 2019).



Fuente: Adaptada de daelta.blospot.com (2018).

Figura 1. Descripción de la planta de pepino (*Cucumis sativus* L.).

4.1.1 Requerimientos edafoclimáticos del pepino

De acuerdo al CENTA (2003):

- a) Altitud: El cultivo se adapta muy bien a altitudes de 0 hasta 1,200 msnm dependiendo del cultivar.
- b) Temperatura: Este cultivo se desarrolla muy bien con temperaturas de 18 a 25 °C, sobre los 40 °C el crecimiento de la planta se detiene, cuando son inferiores a 14 °C el crecimiento cesa y las plantas mueren cuando la temperatura desciende a menos de 1 °C (Cuadro 1).
- c) Humedad relativa: El pepino es favorecido cuando la humedad relativa es baja, cuando es alta las plantas se vuelven susceptibles al ataque de enfermedades fungosas.

Cuadro 1. Temperatura y humedad relativa óptima por estado fenológico.

Estado fenológico	Temperatura (Día, °C)	Temperatura (Noche, °C)	Humedad relativa (%)
Germinación	25	25	90
Crecimiento	23	18	90
Floración	24	19	80
Desarrollo frutos	25	20	75

Fuente: FUSADES (1990).

- d) Precipitación: Necesita precipitaciones relativamente bajas, para reducir la incidencia de enfermedades, sobre todo en el periodo de cosecha.
- e) Fotoperiodo: Esta planta es afectada por la cantidad de hora luz recibida, cuando los días son cortos se induce a la formación de mayor número de flores femeninas y días largos favorecen la formación de masculinas, por lo que es un cultivo influenciado por el fotoperiodo.

- f) Viento: El rendimiento de este cultivo es afectado por la intensidad de viento de más de 30 km/h de velocidad por un periodo de 4 a 6 horas en adelante, produce una reducción significativa en la producción.
- g) Suelo: El pepino puede crecer en todo tipo de suelos, desde los de textura arenosa (los más apropiados para producciones precoces) hasta los suelos algo arcillosos, siempre y cuando no presenten problemas de encharcamientos. En términos generales se adapta mejor a los suelos medios, ricos en materia orgánica, frescos y aireados. Puede soportar sin problema la acidez del terreno hasta un pH de 5.5. Es una hortaliza medianamente tolerante a la salinidad, a un nivel similar o algo menor que el melón (Maroto, 2002).

4.2 Cultivo de pepino en condiciones de invernadero

La implementación de estructuras que ofrezcan un ambiente protegido durante la producción de hortalizas como pepino, es una alternativa apreciable para los productores, pues existen mercados a nivel mundial que han centrado su interés en este producto, y que a la vez son exigentes en aspectos de calidad y sanitarios (Quirós, 2015).

En México, se tienen reportes del valor de producción que genera la agricultura protegida durante los distintos ciclos productivos durante el 2016; en primavera-verano (PV) aportó 42.7 %, el otoño-invierno (OI) 40.8 % y perennes (Pnn) 16.5 % restante. Los cultivos del OI alcanzan un 82 % del valor de producción, entre estos se ubica el cultivo de pepino (SIAP, 2017).

4.3 Importancia del cultivo de pepino en México

La superficie nacional sembrada con pepino en 2017 tuvo una cobertura de 20 mil hectáreas; de las cuales, se cosechan 956 mil toneladas, con lo que México se logró colocar en el séptimo lugar como productor en el ranking mundial y el consumo per cápita anual es de 1.6 Kg (SIAP, 2018).

El espacio destinado al cultivo de pepino a nivel nacional ocupa el tercer lugar y cuarto en valor de la producción. Los principales estados productores son; Sinaloa con una producción de más de 329 mil toneladas, Sonora con 192 mil toneladas, Michoacán con una

producción superior a las 107 mil toneladas, Baja California con 55 mil toneladas, Guanajuato con 47 mil toneladas, estos anualmente (SADER, 2018).

De igual manera, en el 2017 el volumen exportado de pepino alcanzó un máximo histórico, con 761 mil 391 toneladas. Los valores generados de las ventas externas ubican a la hortaliza en 18° lugar entre los productos agroalimentarios que más divisas reportan a México (SIAP, 2018).

4.4 Enfermedades fungosas que atacan al cultivo de pepino

A lo largo del ciclo del cultivo de pepino, su producción se ve perjudicada por diferentes enfermedades, entre las principales son las de origen fungoso, las cuales se manifiestan cuando las condiciones ambientales son favorables para su desarrollo, principalmente en cambios del estado vegetativo a la floración (Arias, 2007).

En el Cuadro 2, se presentan las principales enfermedades que atacan al cultivo de pepino.

Cuadro 2. Principales enfermedades causadas por hongos.

Enfermedad	Nombre científico	Síntomas
Mildiu	<i>Pseudonospora cubensis</i>	Solo en hojas se presentan manchas de color amarillo pálido, angulares, delimitadas por las nervaduras, como síntoma de mosaico en conjunto.
Mancha foliar objetivo	<i>Corynespora cassiicola</i>	En las hojas se observan manchas angulares bien definidas, amarillas al principio, luego se vuelven de color marrón claro hasta llegar el color gris cuando envejecen. Generalmente el centro de la mancha se rompe y tejido se desprende. Estas lesiones pueden unirse y comprender gran parte de la hoja.

Oidio	<i>Erysiphe cichoracearum</i> <i>Sphaeronoteca fuliginea</i>	Sobre ambas caras de la hojas se forman colonias de moho blanco, a medida que la enfermedad avanza, la hoja se vuelve por parte amarilla, y en casos extremos puede marchitarse o morir, hay defoliación temprana y los frutos sufren daños por escaldaduras.
Mancha foliar por alternaria	<i>Alternaria spp.</i>	En las hojas se observan manchas pequeñas translúcidas (0.5 – 1 mm), de color marrón claro rodeadas de un halo clorótico, a veces el tejido de la lesión se agrieta y cae, a medida que avanza la enfermedad, las lesiones crecen en anillos concéntricos, que al juntarse abarcan grandes áreas de tejido foliar, la enfermedad comienza en las hojas inferiores que se vuelven amarillas y luego caen.
Antracnosis	<i>Colletotrichum sp.</i>	Se observa manchas irregulares de color marrón rojizo a oscuro, rodeadas de un halo clorótico, algo hundidas y de aspecto aceitoso. En los tallos aparecen lesiones bronceadas, alargadas y hundidas. En frutos próximos a la madurez, aparecen manchas circulares oscuras. Bajo condiciones de alta humedad, sobre las lesiones, se forman masas de esporas, de color salmón.

Fuente: Obregón (2017).

Arias (2007) menciona que otras enfermedades fungosas que atacan al pepino son; *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Colletotrichum* y *Fusarium*.

4.4.1 Métodos de control para las enfermedades fungosas

La diversidad de enfermedades de las plantas ocasionadas por hongos, ha favorecido el desarrollo de un número bastante amplio de métodos para su control. Sin embargo, el éxito en estas medidas depende del diagnóstico apropiado de la enfermedad fungosa, debido a que las características del hongo patógeno determinan el método de control (Achicanoy, 2001).

En la práctica, el método más eficiente y en ocasiones el único disponible para el control de la mayoría de las enfermedades fungosas de las plantas, es el uso de productos químicos o fungicidas protectores y sistémicos aplicados al suelo, al material de propagación y a los cultivos (Achicanoy, 2001)

Roa (2015) indica que para disminuir las pérdidas de producción se utilizan fungicidas protectantes como clorotalonil, oxiclورو de cobre, zineb, mancozeb después de sembrar el cultivo, y fungicidas curativos y antiesporulantes (tebuconazole, iprovalicarb) al observar los primeros síntomas de la enfermedad.

Para el manejo de las enfermedades, es necesario buscar un plan que inhiba el desarrollo de estas de forma racional, que disminuya el impacto ambiental y económico, además de obtener productos inocuos en la cosecha (FAO, 2011).

4.4.2 Desventajas del uso de productos químicos

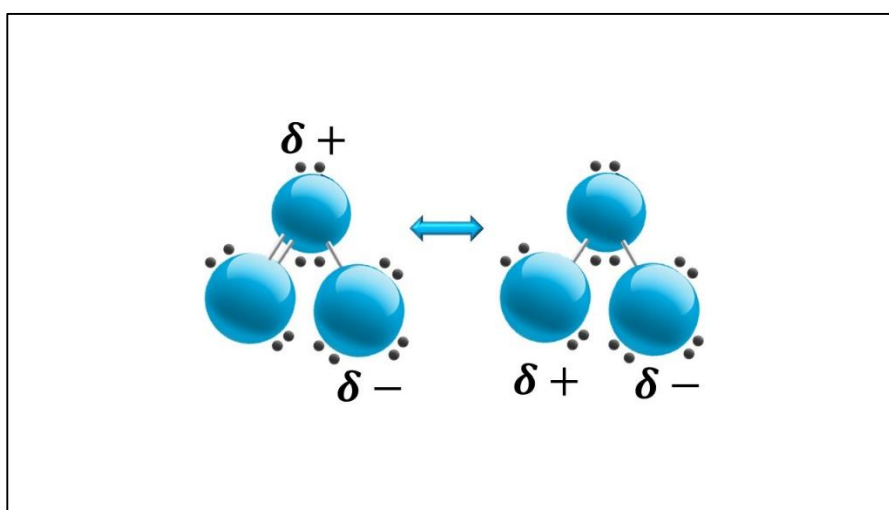
El uso de productos químicos genera una gran posibilidad de crear resistencias debido a que los microorganismos patógenos tienen una diversidad de mecanismos intrínsecos y adquiridos de resistencia a los biocidas químicos (Landa, 2018).

Por otra parte, Yáñez *et al.* (2012) también menciona que los fungicidas, tanto sistémicos como protectores, tienden a crear resistencias por parte de los hongos, debido a sus mecanismos de acción muy específicos, además, de dificultar la comercialización de la producción, ya que hay un tiempo de carencia que debe cumplirse entre la última aplicación y venta para consumo. Además, el uso continuo de estos fungicidas sintéticos constituye una amenaza para la salud humana y el medio ambiente (NAC, 2000).

4.5 Descripción del ozono

El ozono (O_3) es una forma alotrópica del oxígeno molecular (O_2), que está presente como un constituyente gaseoso natural en las capas altas de la atmósfera (Arencibia *et al.*, 2006). Este gas, no puede ser almacenado a causa de su gran inestabilidad química a presión y temperatura ambiente, respecto al oxígeno, es casi doce veces más soluble en agua (Llerena *et al.*, 2015). Por lo tanto, debe generarse *in situ* y usarse inmediatamente (Solsona y Méndez, 2002).

El ozono se caracteriza principalmente por ser azul pálido, olor picante y por presentar una estructura angular, con un ángulo de 117° con una longitud de enlace oxígeno-oxígeno de $1.28 \text{ \AA}$ (Figura 2), es la forma triatómica del oxígeno molecular (Cosemar-Ozono, 2017; Babor y Ibarz, 1974).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Estructura del ozono (O_3).

4.5.1 Mecanismo de acción del ozono

Cuando el ozono es aplicado al agua puede ejercer su poder oxidante de dos maneras; oxidación directa de los compuestos mediante el ozono molecular y oxidación directa por los radicales libres hidroxilo (Cosemar – Ozono, 2017).

Los radicales libre hidroxilo son especies químicas capaces de tener una presencia independiente de uno o más electrones sin aparear, esto es, electrones que están solos en sus

orbitales (Franklin, 1997). Los radicales libres así formados, constituyen uno de los más potentes oxidantes en agua, con un potencial de 2,80 V. No obstante, presentan el inconveniente de que su vida media es del orden de microsegundos, aunque la oxidación que llevan a cabo es mucho más rápida que la oxidación directa por moléculas de ozono (Cosemar-Ozono, 2017).

La oxidación directa de la pared celular provoca la rotura de dicha pared, propiciando así que los constituyentes celulares salgan al exterior de la célula. La producción de radicales hidroxilo como consecuencia de la desintegración del ozono en el agua, provoca un efecto similar al expuesto. Los daños producidos sobre los microorganismos no se limitan a la oxidación de su pared: el ozono también causa daños a los constituyentes de los ácidos nucleicos (ADN y ARN), provocando la ruptura de enlaces carbono-nitrógeno, lo que da lugar a una desnaturalización. Los microorganismos, por tanto, no son capaces de desarrollar inmunidad al ozono como hacen frente a otros compuestos (Cosemar – Ozono, 2017).

4.5.2 Efecto de la aplicación de ozono

La ozonización se utiliza cuando es necesario un alto potencial oxidante, para oxidar compuestos orgánicos que imparten color, sabor u olor desagradables al agua y, al mismo tiempo, inactivar microorganismos patógenos (Solsona y Méndez, 2002).

De acuerdo a Bataller *et al.* (2010) cuando se aplica ozono en concentraciones bajas y tiempos de contacto cortos, permite la inactivación de microorganismos, además proporciona un producto agrícola con calidad y resistencia al deterioro. De igual manera se debe considerar los siguientes factores durante el empleo de ozono:

- a) El efecto germicida aumenta entre más exista humedad relativa, tiempo de contacto y concentración de ozono.
- b) Su acción es fundamentalmente superficial y su efectividad depende de la temperatura y el pH del medio, del tipo de producto, grado de contaminación y sensibilidad del microorganismo.
- c) Es importante el diseño adecuado de los equipos o locales para el tratamiento, en fase gaseosa o acuosa, así como conocer la demanda de ozono del medio para distinguir entre la dosis de ozono aplicada y el ozono residual necesario.

4.5.3 El ozono en la agricultura

Los efectos biológicos del ozono en las plantas han sido estudiados por más de 50 años (Sudahakar *et al.*, 2011). Los mecanismos de respuesta a las diferentes tensiones ambientales por parte de las mismas, se ha expresado por sus cambios morfológicos, fisiológicos y químicos provocados por el ozono (Sudhakar *et al.*, 2007; Nagendra-Prasad *et al.*, 2009).

Irrigar cultivos con agua ozonizada también provoca incrementos significativos en el área foliar, la materia seca del brote y el grosor del tallo, estimula al crecimiento y con ello la productividad, incrementa el contenido de oxígeno disuelto en el agua, garantiza la calidad microbiológica del agua, aumenta la biodegradabilidad de los macronutrientes vegetales y además garantiza la calidad microbiológica del agua (Graham *et al.*, 2011), por lo tanto se disminuye el uso de fertilizantes (Landa, 2018).

Han *et al.* (2002) menciona que el ozono puede incrementar la vida útil de frutas y hortalizas gracias a su potencial altamente oxidante que destruye los componentes vitales de las células de los microorganismos patógenos (ácidos grasos insaturados, aminoácidos, péptidos y proteínas), además de deteriorar los ácidos nucleicos afectando su capacidad metabólica y reproductiva.

4.5.4 Implementación de ozono en el riego agrícola

Llerena *et al.* (2015) demostró que la concentración de ozono óptima y la frecuencia de aplicación para un control efectivo de *Micosphaerella fijiensis* en condiciones de campo son aquellos donde se usó ozono disuelto en agua con frecuencia de 4, 6 y 8 días con una concentración de 4 mg/L de ozono y concluyen que el ozono disuelto en agua posee propiedades fungicidas al demostrarse la disminución de la severidad de la enfermedad durante el periodo de tiempo en las cuales se realizaron las evaluaciones en campo.

Bucio Villalobos *et al.* (2016) en su investigación señalan que con una única aplicación de ozono en el agua de riego al inicio del cultivo de fresa disminuyen significativamente las poblaciones de organismos presentes en el suelo y en consecuencia su disminución, los investigadores recomiendan que para futuras investigaciones se realice un

programa de aplicaciones continuas de este para ver su efecto en el follaje y raíces de la planta.

Finalmente, Landa (2018) en su estudio logró inactivar nemátodos presentes en el agua para la irrigación. La aplicación de ozono causó daño en la estructura de la pared celular de los huevos de nemátodos, esto con 0.55 mg de O_3/L durante 15 minutos, además demuestra ser una técnica económicamente viable para el control de nemátodos.

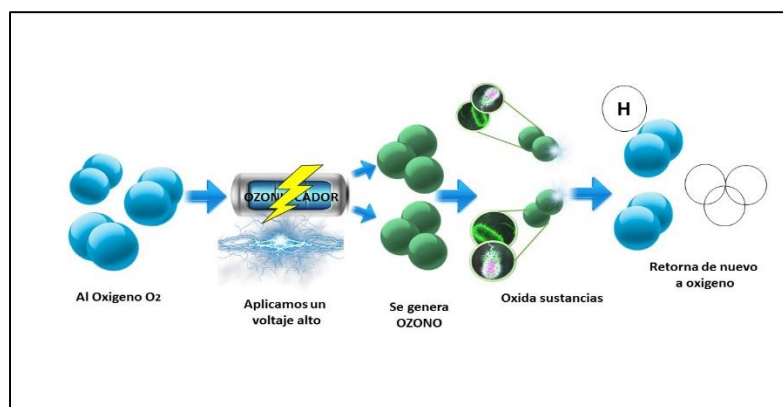
4.5.5 Sistemas para la ozonización de aguas para riego

A consecuencia de que el ozono es inestable este no se puede almacenar, por lo tanto, ha impulsado a la creación de equipos generadores de tal gas que facilite su obtención al momento (Llerena *et al.* 2015).

Los generadores de ozono fabricados tienen características únicas, pero estos también tienen algunas configuraciones en común. El método de descarga eléctrica es la fuente de energía más comúnmente utilizada para la producción de ozono (EPA, 1999).

4.5.6 Proceso de los ozonizadores por el método de descarga eléctrica

De inicio el oxígeno se expone a una descarga controlada y uniforme de alto voltaje a una frecuencia alta o baja (Figura 3). Después de su generación, el ozono es alimentado a una cámara de contacto. El propósito principal de la cámara de contacto es transferir el ozono que se encuentra dentro de la burbuja de gas al cuerpo del líquido mientras que se permite suficiente tiempo de contacto para la desinfección (EPA, 1999).



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Proceso de generación del ozono.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización del sitio experimental

El experimento se realizó en condiciones de invernadero dentro de la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica perteneciente a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, la cual está situada en la junta auxiliar de San Juan Acateno Teziutlán, Puebla, México, con coordenadas $19^{\circ}52'27.71''$ N y $97^{\circ}21'33.92''$ W a una altitud de 1662 msnm (Figura 4). De acuerdo al prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos (2009) el clima es templado húmedo con lluvias todo el año y el SMN (2010) reporta temperaturas medias de 15.2°C y precipitaciones de 2394.8 mm anuales.

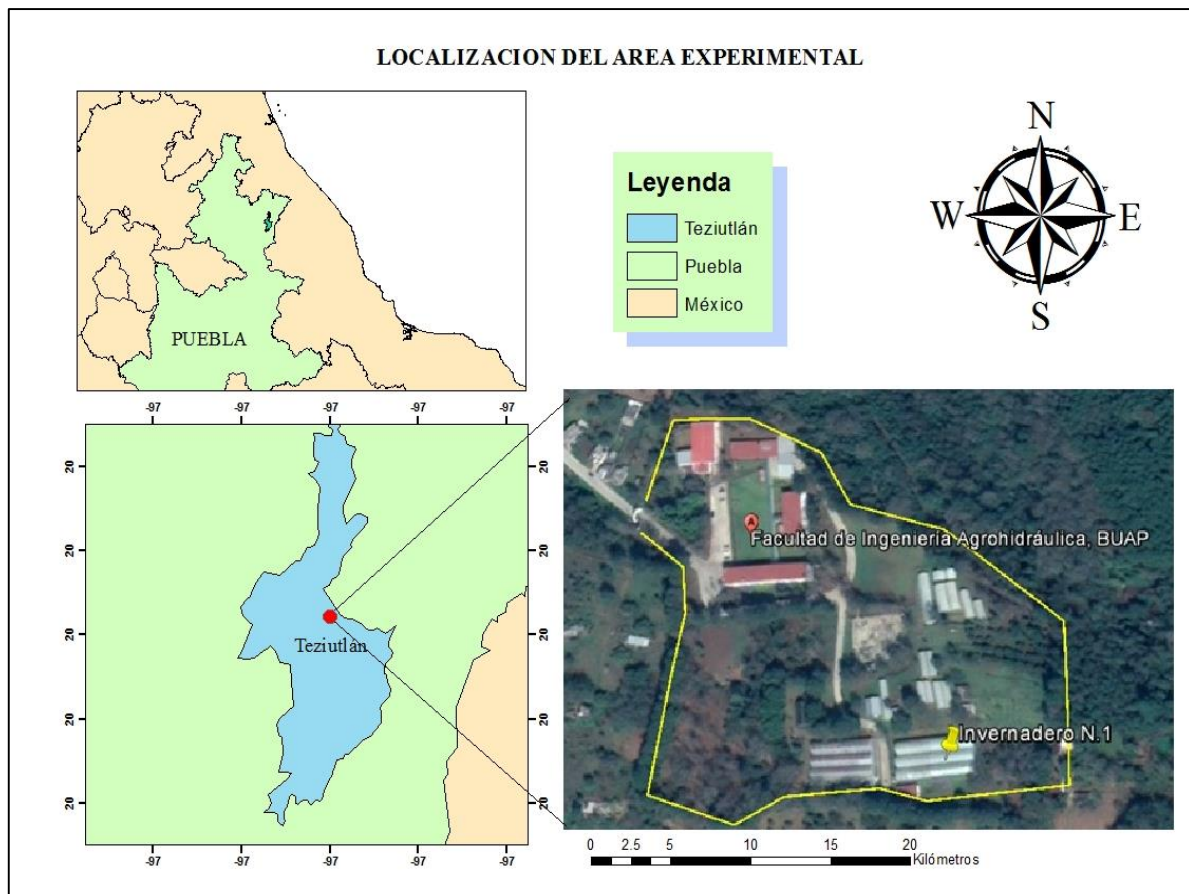


Figura 4. Facultad de Ingeniería Agrohidráulica.

5.2 Material vegetativo

5.2.1 Germinación de semillas

Se utilizaron 300 semillas de pepino (*Cucumis sativos* L.), variedad CU-202[®] (Anexo1). Estas semillas se germinaron en peat moss con perlita, dentro de charolas de unicel con 200 cavidades, el día 4 de mayo del 2020. Durante este proceso se les proporcionó a las semillas las condiciones necesarias para su germinación, como agua y otros productos para su desarrollo inicial (Cuadro 3).

Cuadro 3. Aplicación de productos durante la germinación de semillas.

Producto	Dosis	Fecha de aplicación
Promotor de desarrollo radicular a base de fitohormonas, aminoácidos, ácidos orgánicos y fósforo.	1 mL/L	23 de mayo del 2020
Fungicida (Previcur Energy [®])	0.5 mL/L	12 de mayo del 2020

5.3 Acondicionamiento del área experimental

En el lugar del experimento se llevó a cabo la eliminación de malezas y limpieza del lugar, se agregó medio bulto de cal de construcción, se revolvió hasta que se homogenizó con el suelo que iba a formar parte de las camas. Posteriormente se realizó la nivelación de las camas, estas tuvieron dimensiones de 0.20 m alto, 0.77 m, ancho y 20 m de largo, separadas por una distancia de 1.40 m. En la parte media se distribuyó a lo largo de cada cama 16 kg de composta (Anexo 2).

5.3.1 Sistema de riego

El sistema de riego que se colocó en el área experimental fue por cintilla que proporciona 2.13 L de agua/h, con dos líneas regantes por cama. Además, en cada cama se colocó un

tinaco para la distribución del agua con capacidad de 550 L y la bomba utilizada era de una potencia de ½ hp tipo periférica (Figura 5).

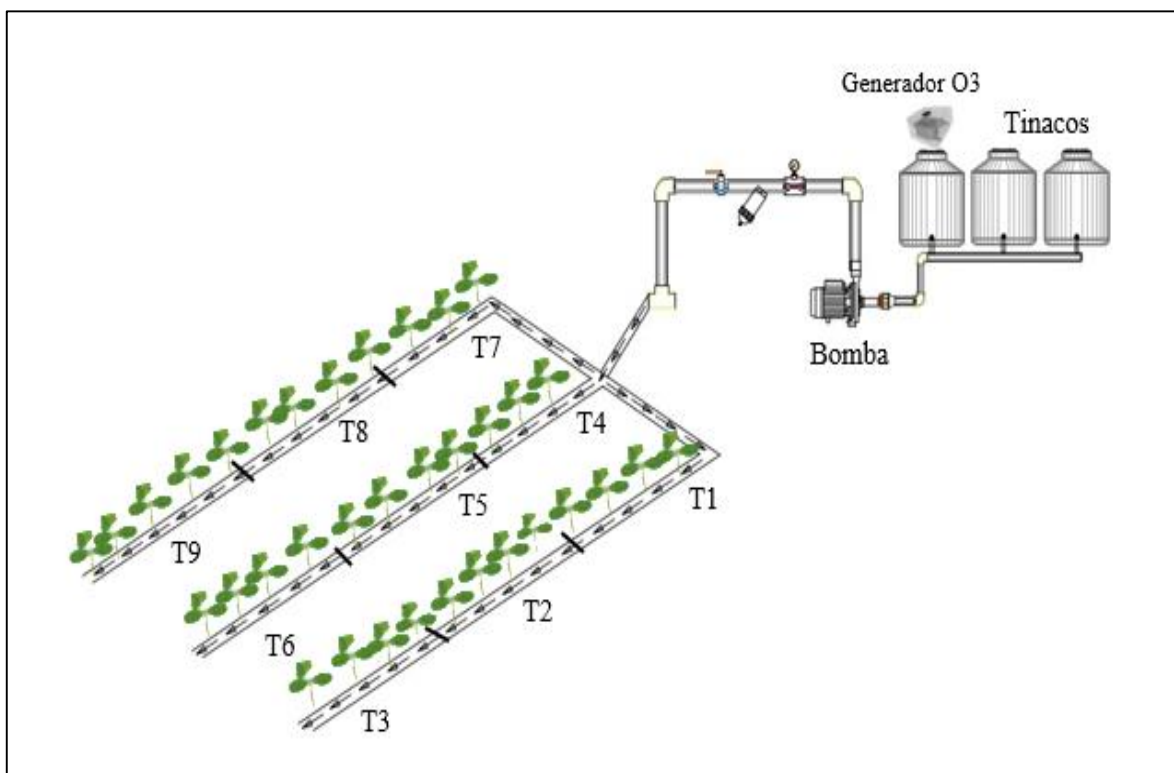


Figura 5. Sistema de riego.

5.3.2 Acolchado

Previo al establecimiento del cultivo en cada cama se colocó el acolchado agrícola. Una vez establecido, se hicieron perforaciones a lo largo de la parte media a una distancia de 0.20 m.

5.3.3 Generador de ozono

El sistema para generar ozono y aplicarlo al agua fue de elaboración propia, utilizando el método de descarga eléctrica, para ello se empleó una válvula con una capacidad de producción de 3 g de O₃/h, una bomba de aire y un difusor poroso (Figura 6).

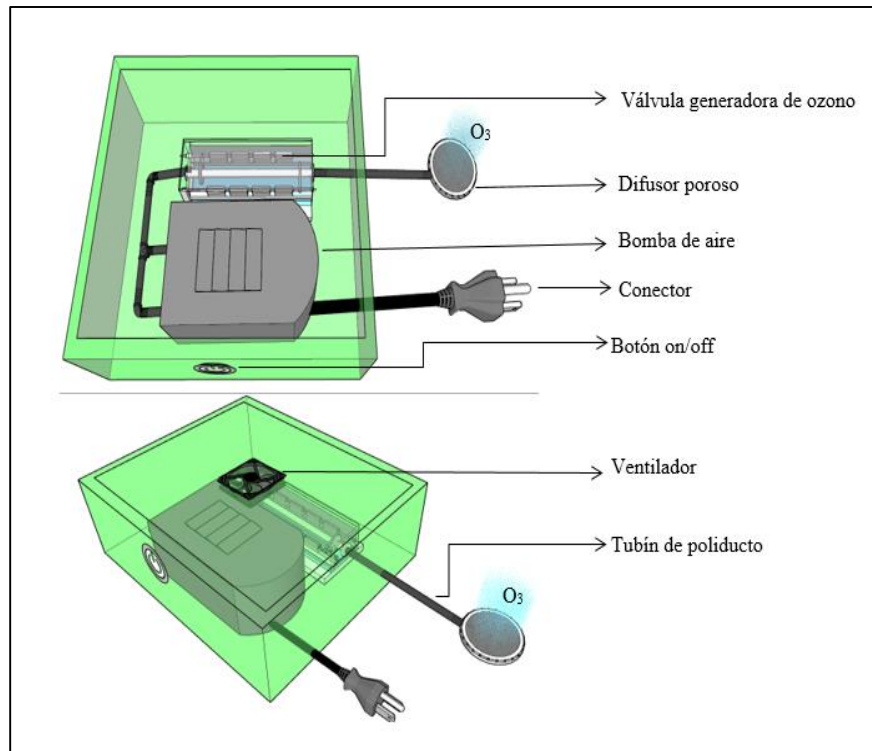


Figura 6. Diagrama del generador de ozono.

5.3.4 Medidor del potencial de oxidación-reducción

Para tener un señalizador de la concentración de ozono presente se utilizó un medidor portátil tipo ORP (oxidation and reduction potential), el cual se emplea para medir el nivel del potencial de oxidación-reducción (indicador para monitorear la calidad del agua), este nos da una lectura en milivoltios (Figura 7).



Figura 7. Medidor de la capacidad de oxidación-reducción.

5.4 Diseño experimental

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar en arreglo factorial 3^2 . Se utilizaron nueve repeticiones por tratamiento, correspondiendo una planta a cada unidad experimental. El área experimental se ubicó en la parte central del invernadero con una superficie de 113.44 m².

Los factores fueron dos (Cuadro 4); Concentración de ozono, en un periodo de una hora (COA), media hora (COB) y sin ozono (SO); por otra parte, tratamiento químico para el control de enfermedades fungosas con tres niveles: sin tratamiento químico (STQ), dosis media (DM) y dosis completa (DC). El arreglo de las combinaciones se puede observar en el Cuadro 5.

Cuadro 4. Factores evaluados en el experimento.

Factor A	Factor B
(Concentraciones de ozono)	(Tratamiento químico)
Concentración alcanzada en una hora (COA)	Dosis completa (DC)
Concentración alcanzada en media hora (COB)	Dosis media (DM)
Sin ozono (SO)	Sin tratamiento químico (STQ)

Cuadro 5. Tratamientos evaluados.

No. de tratamiento	Combinación de factores
1	SO, STQ
2	SO, DM
3	SO, DC
4	COA, DC

5	COA, STQ
6	COA, DM
7	COB, DM
8	COB, DC
9	COB, STQ

5.4.1 Croquis del área experimental

A continuación, se muestra el croquis del área experimental (Figura 8).

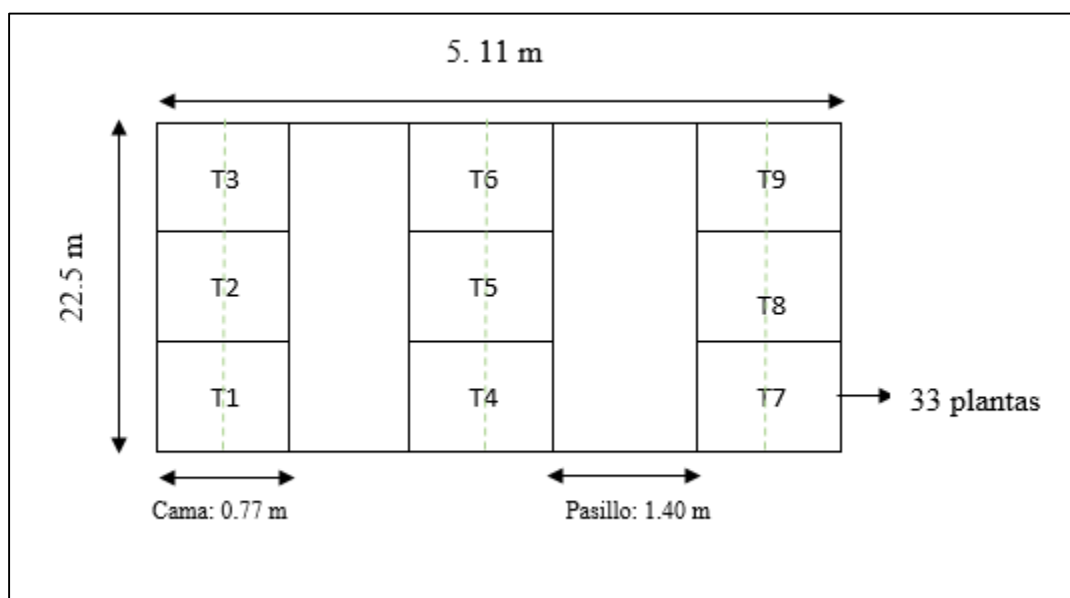


Figura 8. Croquis del área experimental.

5.5 Establecimiento del cultivo

La plántula de pepino se trasplantó en las camas el día 25 de mayo del 2020 a una distancia de 0.20 m entre plantas. Las plántulas se sumergieron en fungicida Tryfloxistrobin por un minuto considerando solamente a los tratamientos que recibirán producto químico a lo largo del experimento, los cuales son; tratamientos 2, 6 y 7 con una dosis de 0.25 mL/L y para los tratamientos 3, 4 y 8 con una dosis de 0.5 mL/L.

Después del trasplante a cada planta se le agregó en drench promotor de raíces (auxinas, citocininas, giberelinas y fósforo) y fertilizante inmunopotencializador.

5.6 Duración del experimento

A partir del trasplante realizado el 25 de mayo del 2020 el experimento tuvo una duración de 100 días siendo entonces su fecha de finalización el 2 de septiembre del 2020.

5.7 Manejo del cultivo

Se desarrollaron las siguientes prácticas culturales para el mantenimiento del cultivo (Cuadro 6).

Cuadro 6. Prácticas para el mantenimiento del cultivo.

Actividad	Descripción	Fecha de ejecución
Tutoreo	Para esta actividad se utilizó rafia agrícola una vez que alcanzó una altura considerable para ser enredada.	Dos veces a la semana desde el establecimiento.
Eliminación de los primeros tres frutos	A cada planta se le quitaron los tres primeros frutos para evitar su arrastre al suelo, fitopatologías y promover un mejor desarrollo del resto de los frutos.	20 de junio del 2020.
Eliminación de los zarcillos.	Cada zarcillo que aparecía en la planta fue erradicado para evitar crecimientos secundarios de las plantas. Durante el corte de los zarcillos se utilizó sanitizante al cortar con una dosis de 1.5 mL/L.	Dos veces a la semana desde el establecimiento.

Eliminación de las hojas basales.	A cada planta se le eliminaron de 2 a 3 hojas basales. Durante el corte se usó sanitizante con una dosis de 1.5 mL/L.	8 de Julio del 2020.
Control biológico	Se utilizaron trampas de color amarillo de 30 cm ² en cada tratamiento con miel y aceite adherida para que se pegaran los insectos.	Durante todo el ciclo

5.7.1 Riego del cultivo

El riego que se le aplicó al cultivo fue de acuerdo a las necesidades hídricas en cada una de sus etapas fenológicas. Estimados los cálculos para cada una de las camas del cultivo de pepino, se aplicaron los volúmenes diariamente en cada uno de los tinacos con capacidad de 550 L, es importante mencionar que el riego se efectuaba diariamente a las 6 a.m. (Cuadro 7), debido a que el generador de ozono iniciaba el proceso de ozonización a las 5 a. m. para el primer tinaco y después continuaba en serie de acuerdo al tiempo de aplicación para cada tratamiento.

Cuadro 7. Riego aplicado en cada etapa.

Etapas	Días etapa	Dosis diaria	Volumen diario
		L / cama	mL / planta
Establecimiento	20	40	404
Desarrollo vegetativo	20 a 45	50	505
Floración	45 a 70	65	656
Producción	70 en adelante	85	858

5.6.2 Fertilización del cultivo

La solución nutritiva se preparaba acumulando la cantidad de tres días y estaba basada en los requerimientos nutricionales de la planta de pepino (Cuadro 8). El día que se fertilizaba no se aplicaba ozono al agua de riego.

Cuadro 8. Dosis de fertilización del cultivo de pepino.

Etapa	Días etapa	Cantidad en g / día					
		NH ₄ NO ₃	KNO ₃	Ca(NO ₃) ₂	KH ₂ PO ₄	MgSO ₄	K ₂ SO ₄
Establecimiento	20	15	10	17	24	13	0
Desarrollo vegetativo	20 a 40	5	32	34	19	27	0
Floración	40 a 60	1	61	34	16	27	0
Producción	60 en adelante	0	29	34	8	27	38

5.7.3 Programa de aplicación de productos químicos

Durante el desarrollo del cultivo de pepino se hizo la aplicación de diferentes productos químicos para fortalecer su producción, es importante mencionar que los fungicidas se emplearon de acuerdo al diseño experimental (Cuadro 9).

Cuadro 9. Programa de aplicación de productos químicos.

Fertilizantes foliares				
Producto		Dosis	Descripción de la aplicación	
Abono foliar líquido (Bayfolan®)		5 mL/L	Cada siete días desde el establecimiento del cultivo.	

Fertilizante foliar líquido que contiene calcio, boro y zinc.	3.75 mL/L	Cada quince días a partir del inicio de floración.
Fertilizante foliar para evitar la caída de flores (Everex®).	5 mL / L	Se aplicó cada 20 días después del trasplante y se suspendió al inicio de llenado.
Control de plagas		
Thiametozam *	3 g / L	
Bifentrina *	1.5 mL / L	Empleado para el control de mosquita blanca (<i>Bemisia Tabaci</i>)
Imidacloprid y lambda cyalotrina *	1.5 mL / L	*La aplicación se hacía cada ocho días y se intercalaban los productos.
Argemonina + Berberina + Ricinina *	3 mL/L	
Control de enfermedades fungosas		
Trifloxistrobyn	0.5 mL/L para dosis completas. 0.25 mL/L para dosis medias.	Se aplicó fungicida vía foliar cada 15 días a partir del trasplante variando los fungicidas.

	2 g / L para dosis completas.
Clorotalonil + Cymaxanil	1 g / L para dosis medias.

5.7.4 Prácticas posteriores a la cosecha

- a) Cosecha. Los frutos fueron cortados de las plantas de pepino cuando alcanzaron una longitud de 25 a 30 cm.
- b) Poda de saneamiento. Después de la cosecha a las plantas se les deshojó hasta donde había frutos en proceso de formación.

5.7.5 Identificación de enfermedades

La presencia de enfermedades se inspeccionó cada diez días de forma visual, posteriormente si existió presencia en plantas u órganos, se procedió a su análisis en el laboratorio y se aplicó el procedimiento denominado “aislamiento e identificación morfológica” para el caso de los hongos y para las bacterias se identificaron a través de su sintomatología. Para el aislamiento de hongos se siguió la metodología que muestra Agrios (2004) y para la identificación se usaron las claves de morfología que propone Barnett y Barry (1986).

5.8 Medición de variables

5.8.1 Evaluación de las variables de crecimiento y desarrollo

El crecimiento de la planta se evaluó a los 20, 30, 60 y 70 días después del trasplante.

- a) Altura de planta (AP). Se evaluó con ayuda de una cinta métrica desde la base del tallo hasta el ápice terminal de la planta.
- b) Diámetro de tallo (DT). La medición se hizo con ayuda de un vernier y se tomó como referencia la base del tallo.

- c) Número de hojas (NH). Se contó manualmente el número de hojas verdaderas bien desarrolladas.

5.8.2 Evaluación del rendimiento

Las siguientes variables asociadas al rendimiento y calidad del fruto se valoraron después de cada cosecha en cada una de las unidades experimentales.

- a) Número de frutos (NF). Se contaron los frutos obtenidos a lo largo del ciclo de cultivo.
- b) Peso promedio (PP). Se estimó el peso promedio alcanzado (g).
- c) Peso total (PT). Se determinó el peso total de los frutos cortados a lo largo de la cosecha en (kg/p).
- d) Longitud del fruto (LF). Para saber la longitud del fruto se utilizó un flexómetro, iniciando la medición desde la base hasta la punta de la planta (cm).
- e) Diámetro del fruto (DF). Para el diámetro se utilizó un vernier (mm).

5.8.3 Porcentaje de incidencia y severidad

- a) Se calculó la incidencia de las plantas afectadas por las enfermedades a través de la fórmula sugerida por Anculle (1999). Para el análisis se agruparon los datos de cada tratamiento y de esta manera se obtuvo el porcentaje de daño en cada uno de ellos.

$$\text{Incidencia (\%)} = \left(\frac{\text{Número plantas enfermas}}{\text{Número total de plantas}} \right) * 100$$

- b) El estado de severidad por parte de las enfermedades en que causaron afectaciones a la superficie foliar de cada tratamiento se evaluó usando la escala de Horsfall-Barratt (1=0 %, 2=0- 3 %, 3=3-6 %, 4=6-12 %, 5=12-25 %, 6=25-50 %, 7=50-75 %, 8=75-88 %, 9=88-94 %, 10=94-97 %, 11=97-100 %, 12=100 % (Horsfall y Barrat, 1945; Keinath, 2000; Abbassi *et al.*, 2002), la cual fue resultado de determinar el promedio de área foliar dañada en cada tratamiento y al final se le asignó el grado de severidad.
- c) Los frutos (FA) enfermos y las plantas con raíces afectadas (RA) por enfermedades se registraron en cada evaluación para que al final se contabilizara el número total.

5.8.4 Análisis de las condiciones ambientales

El experimento tuvo una duración de 100 días y durante este periodo se tomaron registros de los factores ambientales con ayuda de la estación meteorológica ubicada en el invernadero número uno.

5.9 Análisis de datos

La evaluación sobre el control de las enfermedades fungosas en el cultivo de pepino fue de índole descriptiva, mientras que los estudios asociados al desarrollo vegetativo y al rendimiento se analizaron a partir de un análisis de varianza y pruebas de comparación de Tukey ($P \leq 0.05$) mediante el paquete Statical Analysis System (SAS, 2004).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1 Capacidad oxidante de agua

La aplicación de ozono tiene un efecto deletéreo en los microorganismos patógenos cuando el agua alcanza una capacidad oxidante de 200 a 500 milivoltios (Bucio-Villalobos *et al.* 2016). La capacidad oxidante del agua antes de la aplicación de ozono en promedio fue de 180 milivoltios, posteriormente el agua de riego mantuvo en los distintos niveles del factor ozono para COA un rango de 250 a 350 milivoltios y COB un rango de 200 a 250 milivoltios.

6.2 Factores ambientales durante la investigación

Los factores ambientales tienen una gran influencia entre el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Porter y Delecolle, 1988; Fischer, 1983), en el cultivo de pepino existen factores que repercuten negativamente y favorecen la incidencia de enfermedades (Arias, 2007).

6.2.1 Registro de la temperatura

En las plantas, la temperatura tiene un impacto en el área foliar y la producción de la misma, se considera de suma importancia ya que es el medio por el cual los cultivos captan la radiación solar y ejecutan procesos metabólicos con tendencia a la acumulación de fotoasimilados (García y López, 2002; García *et al.*, 2000). El pepino, es una de las especies que se desarrolla más rápidamente desde la siembra hasta la cosecha (Wehner y Guner, 2004) y en ocasiones su respuesta a las condiciones ambientales depende del genotipo (Qadir *et al.*, 2006), habitualmente se desarrolla muy bien con temperaturas de 18 a 25 °C, sobre los 40 °C el crecimiento de la planta se detiene, cuando son inferiores a 14 °C el crecimiento cesa y las plantas mueren cuando la temperatura desciende a menos de 1 °C (CENTA, 2003). Las temperaturas dentro del invernadero número uno durante el desarrollo del experimento fueron inestables, incluso con variaciones drásticas de un día a otro, en general, su promedio fue de 19.7 °C que significa un valor aceptable para el desarrollo del cultivo, de forma más detallada las temperaturas más bajas se registraron en los primeros 6 y 7 días después del trasplante con una media de 16.6 °C y las más altas en el periodo de los 12 a los 16 días después del trasplante con una media de 21.9 °C (Figura 9).

La aplicación del ozono a su vez está fuertemente ligada con la temperatura y de ella en gran medida depende la efectividad del gas para el ataque de los microorganismos, entre más bajas sean las temperaturas mayor garantía existe de sus efectos (Bataller *et al.*, 2010), gracias a los datos tomados por la estación se identificó que a las 6 a.m. (hora de inicio de aplicación del agua ozonizada) la temperatura se mantenía entre las temperaturas más bajas a lo largo del día.

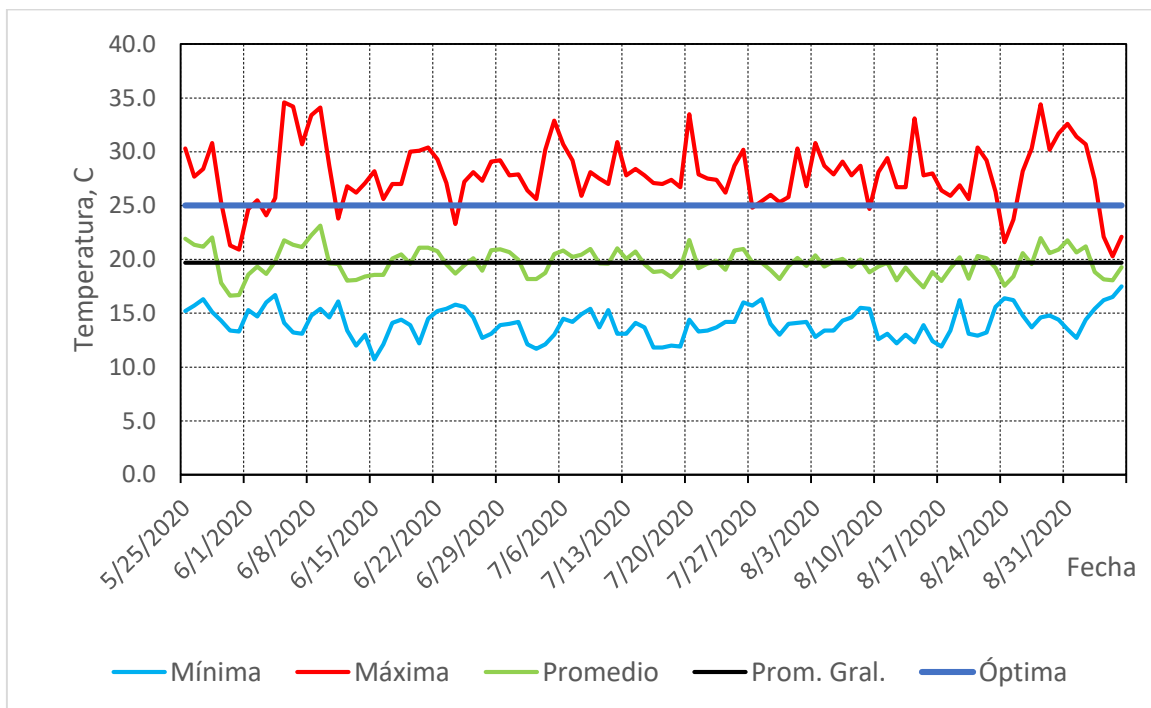


Figura 9. Temperaturas registradas dentro del invernadero número uno.

6.2.2 Registro de la radiación

El pepino es una planta que crece, florece y fructifica con normalidad en días cortos (con menos de 12 horas de luz), también resiste elevadas intensidades luminosas, consecuencia de esto, entre más radiación exista la producción irá en aumento. De forma concreta no existe una relación cuantitativa entre la reducción de luz con la disminución de la producción, debido a que esta interacción es dependiente de la intensidad de luz y la fase del cultivo (Schapendonk *et al.*, 1984; Wang *et al.*, 2007). La radiación durante el periodo experimental en el cultivo de pepino mantuvo valores versátiles que alcanzaron un promedio de 6.2 MJ/m²/día, esta radiación se encuentra abajo de la media óptima que es de 12 MJ/m²/día,

además a partir de los 64 días la radiación disminuyó día con día hasta el fin del experimento con valores de hasta $1.8 \text{ MJ/m}^2/\text{día}$ que se alejan a la radiación óptima (Figura 10).

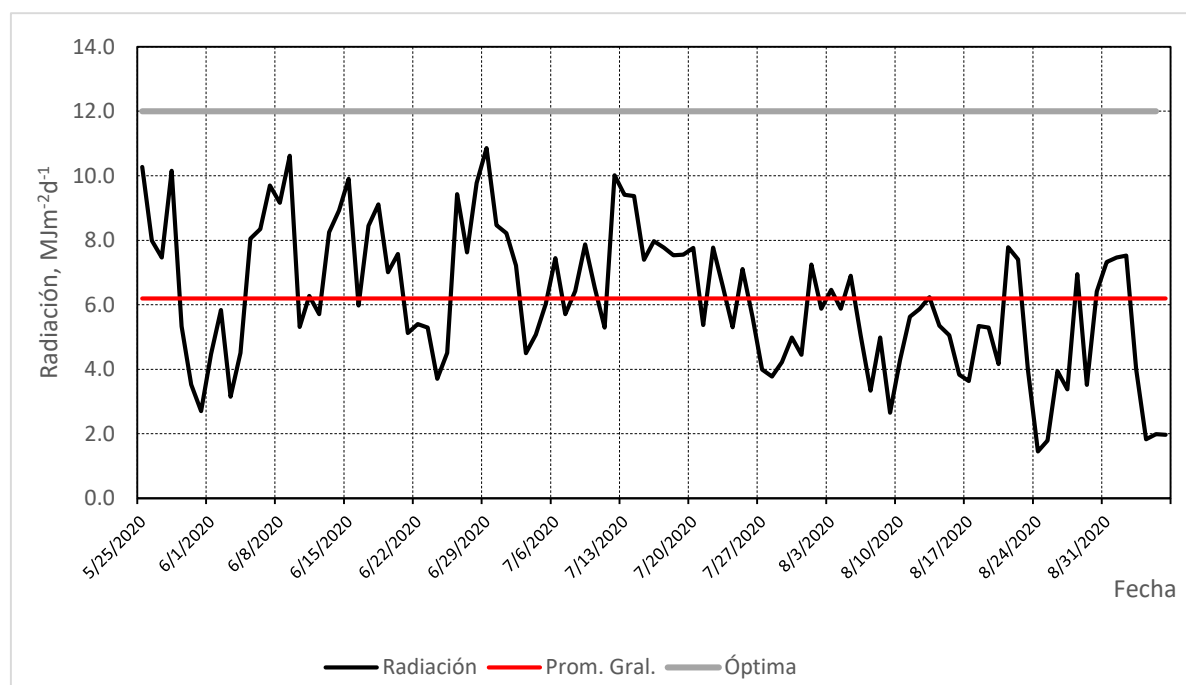


Figura 10. Radiación dentro del invernadero número uno.

6.2.3 Registro de la humedad relativa

El pepino es favorecido cuando la humedad relativa es baja, cuando es alta las plantas se vuelven susceptibles al ataque de enfermedades fungosas (CENTA, 2003), la humedad óptima durante su crecimiento es del 90 %, en la floración del 80 % y en el desarrollo del fruto es del 75 % (FUSADES, 1990). Los porcentajes de humedad relativa registrados fueron inestables durante el ciclo experimental, alcanzaron un valor promedio de 86.8 %, lo cual se distancia en gran medida de la óptima que es del 70 %, la fase donde la humedad relativa llegó a ser más elevada fue a partir de los 64 días después del trasplante hasta el final del cultivo, con un valor pico de 94 % de humedad relativa registrado a los 93 días después del trasplante (Figura 11).

Es imprescindible mencionar que la aplicación de ozono se ve favorecida cuando hay mayor porcentaje de humedad relativa (Bataller *et al.*, 2010)

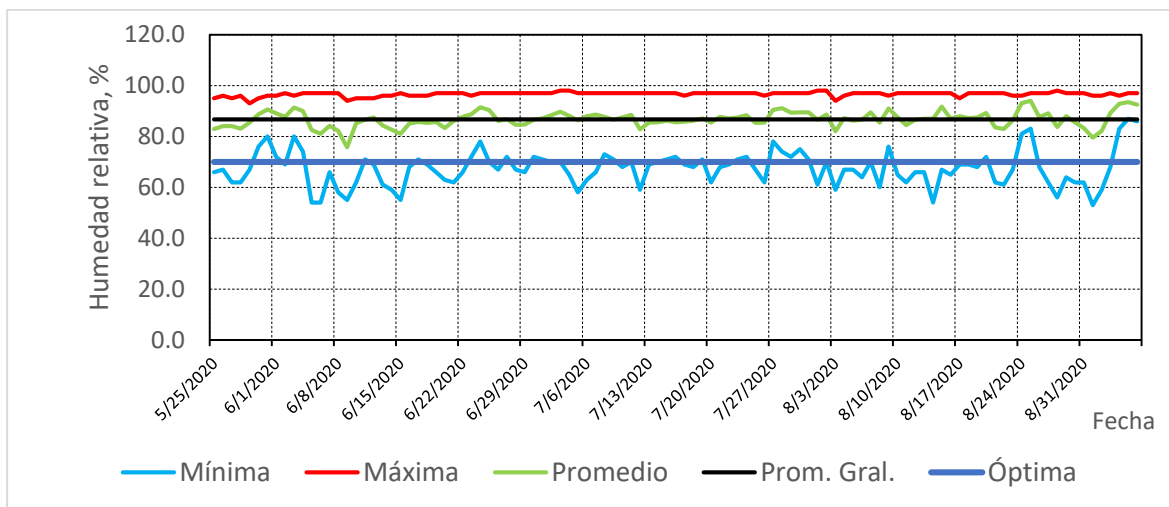


Figura 11. Humedad relativa dentro del invernadero número uno.

6.2.4 Registro del déficit de presión de vapor

La relación de temperatura y humedad relativa concibe otra condición conocida como déficit de presión de vapor (Shibairo *et al.*, 1997), este parámetro es un índice de la cantidad de vapor presente en aire, indica la cercanía a la condensación, y en consecuencia, de las condiciones que contribuyen a la presencia de enfermedades dentro del invernadero (Prenger y Ling, 2007). El comportamiento del déficit de vapor (DPV) dentro del invernadero en promedio fue de 0.73 KPa, los valores con un alto DPV se deben a las temperaturas altas y una baja humedad relativa y los valores con un DPV se originan por una baja temperatura y una alta humedad relativa (Figura 12).

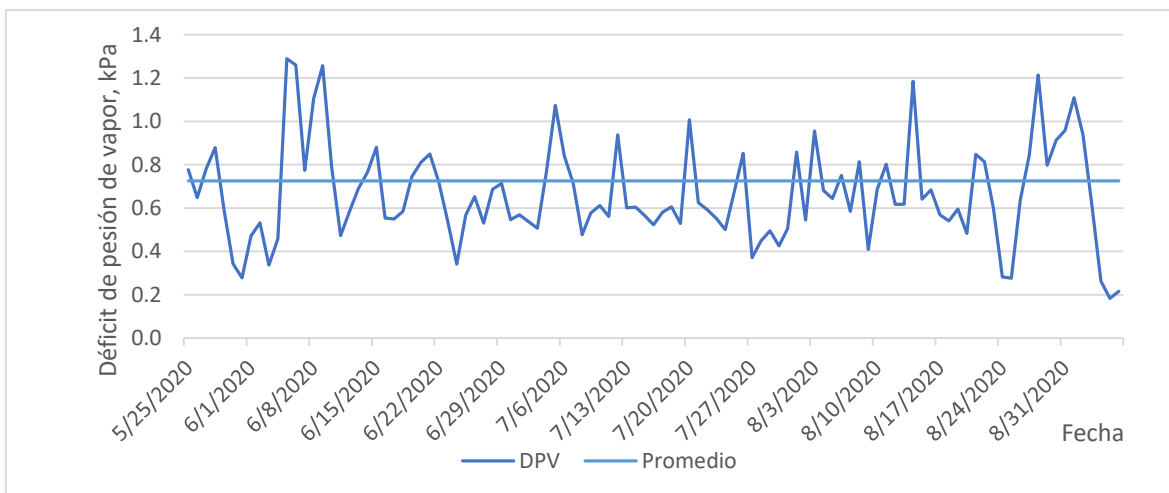


Figura 12. Déficit de presión de vapor dentro del invernadero número uno.

6.3 Incidencia y severidad de las enfermedades

6.3.1 Daño foliar

Durante el desarrollo del cultivo fueron identificados a los 60 y 80 días después del trasplante (ddt) a *Cladosporium* sp., el cual es un hongo que produce manchas cloróticas en el área foliar (Figura 12 y Anexo 3) y en la última evaluación 100 días después del trasplante (ddt) se registró la presencia de una bacteria (*Pseudomonas syringae*) que ocasiona manchas acuosas sobre el haz de la hoja (Figura 13).



Figura 13. Hojas de pepino afectadas por *Cladosporium* sp.



Figura 14. Hojas de pepino afectadas por *Pseudomonas syringae*.

La enfermedad *Cladosporium* sp. estuvo presente en gran medida a lo largo del ciclo del cultivo, de acuerdo a Agrios (2004) ataca principalmente al follaje (lo cual se refleja en el daño foliar durante el experimento), producen conidios de hifas que se forman en hifas libres individuales o agrupadas, los conidios son diseminados por el viento, la lluvia, el agua, los insectos y otros vectores hacia otras plantas, a veces invernán como conidios o micelio de plantas infectadas o bien en el suelo. El control de *Cladosporium* sp. se lleva a cabo mediante el uso de variedades resistentes o la aplicación de fungicidas, semillas libres de la enfermedad o la destrucción de los desechos contaminados puede ser importante. La bacteria *Pseudomonas syringae* se identifica como una enfermedad bacteriana Gram-negativa está vinculada con las condiciones húmedas y frías, puede llegar a la superficie de la hoja y sobrevivir epifíticamente o penetrar aperturas naturales como estomas o heridas, y crecer activamente en el apoplasto ocasionando la enfermedad, las estrategias por lo regular son insuficientes, con poca eficacia y contaminantes, para su tratamiento se utilizan productos químicos con base de cobre, uso de material libre de patógenos, variedades resistentes y la rotación de los cultivos (Beuzón y Ruiz-Albert., 2015)

En el cuadro 10 se muestra la interacción del ozono con las dosis de producto químico para el control de las enfermedades fúngicas. Entre los tratamientos más afectados a los 60 días se encuentra COBxDM con una incidencia de 44.44 % de *Cladosporium* sp., a los 80 días el tratamiento más perjudicado fue COAxSTQ con una incidencia del 33.33 % de *Cladosporium* sp., a los 100 ddt la presencia de enfermedades tanto fungosas como bacterianas aumentó drásticamente de un 50 a un 70 % donde no hay aplicación de riego con ozono. Los tratamientos con menos afectaciones de enfermedades fungosas son aquellos donde el agua alcanzó una mayor capacidad oxidante (COA) y donde se aplicó algún fungicida en una dosis media o completa, además de que no sufrieron presencia de bacterias, por otra parte, los tratamientos donde la capacidad oxidante del agua fue menor (COB) se contrarrestaron los daños por los patógenos cuando las dosis de fungicida fueron completas.

La respuesta que se tuvo con la aplicación del ozono concuerda con Llerena *et al.* (2015) quienes demuestran las propiedades fungicidas del ozono disuelto en agua para disminuir la severidad de enfermedades durante evaluaciones en campo.

El hongo *Cladosporium* sp. puede crecer en un variado rango de temperaturas entre 18 y 28 °C y tan bajos como - 6 °C, algunas especies pueden soportar niveles de sequedad, aunque de manera general requiere humedad para crecer porque tiene una actividad de agua elevada lo que señala que sus necesidades de humedad relativa son iguales o mayores a 80 °C (Nielsen, 2003; Górnay, 2004). Para que exista infección *Pseudomonas Syringae* las condiciones ambientales propicias están en un rango óptimo de 15 °C a 25 °C y una alta humedad relativa para el desarrollo de síntomas (Donoso, 2011).

De acuerdo a los valores presentados de las condiciones ambientales podemos discutir que la presencia de las enfermedades en el cultivo de pepino coincide con los ambientes desfavorables (principalmente alta humedad reactiva) en cada una de estas fechas de evaluación, esto concuerda con la declaración de Arias (2007) que considera al pepino susceptible a los factores ambientales.

Cuadro 10. Incidencia de daño foliar causados por *Cladosporium* sp. y *Pseudomonas syringae* en plantas de pepino.

Tratamiento	60 ddt	80 ddt	100 ddt		
	IC (%)	IC (%)	IC (%)	IP (%)	ITPE (%)
COAxDC	11.11	11.1	0	0	0
COAxDM	11.11	0	0	0	0
COAxSTQ	0	33.33	0	0	0
COBxDC	0	11.11	22.22	0	22.22
COBxDM	44.44	0	0	44.44	44.44
COBxSTQ	0	0	11.11	55.55	66.66
SOxDC	11.11	0	11.11	66.66	77.77
SOxDM	0	0	0	88.88	88.88
SOxSTQ	0	0	0	44.44	44.44

ddt: Días después del trasplante.

COA: Concentración de ozono alcanzada en una hora; COB: Concentración de ozono alcanza en media hora; SO: Sin ozono; DC: Dosis completa; DM: Dosis media; STQ: Sin tratamiento químico para el control de enfermedades fungosas; IC: Incidencia de *Cladosporium* sp.; IP: Incidencia de *Pseudomonas syringae*; ITPE: Incidencia total de plantas enfermas.

En el cuadro 11 podemos apreciar que a los 100 ddt aumentó en gran medida la presencia de enfermedades el grado de severidad que más se repite corresponde a un porcentaje de daño foliar entre un 25 y un 50 %.

Cuadro 11. Severidad de las enfermedades a nivel foliar en plantas del cultivo de pepino.

Tratamientos	60 ddt	80 ddt	100 ddt	
	SC	SC	SC	SP
COAxDC	2	3	0	0
COAxDM	3	0	0	0
COAxSTQ	0	7	0	0
COBxDC	0	5	5	0
COBxDM	6	0	0	6
COBxSTQ	0	0	4	3
SOxDC	4	0	6	3
SOxDM	0	0	0	6
SOxSTQ	0	0	0	6

ddt: Días después del trasplante.

COA: Concentración de ozono alcanzada en una hora; COB: Concentración de ozono alcanza en media hora; SO: Sin ozono; DC: Dosis completa; DM: Dosis media; STQ: Sin tratamiento químico para el control de enfermedades fungosas; SC: Severidad por *Cladosporium* sp.; SP: Severidad de *Pseudomonas syringae*.

6.3.2 Daño de raíz y frutos de pepino

Dentro de las diferentes evaluaciones para contabilizar los frutos enfermos solamente a los 70 ddt hubo registro de daño por *Sclerotinia* sp. (Figura 14). El tratamiento con más frutos

atacados por hongos fue COBxSTQ con un número de frutos cuatro veces mayor con respecto a las afectaciones mínimas en los otros tratamientos. En cuanto a las raíces enfermas el hongo que las degeneró y afectó drásticamente fue *Cladosporium* sp. (Figura 15), el tratamiento con más desventaja fue COAxSTQ con siete plantas dañadas, en este apartado el ozono no consiguió disminuir el problema, además se observa que la aplicación de productos químicos para el combate de hongos permitió que no aumentara el número de plantas perjudicadas (Cuadro 12).

Las características que muestra *Sclerotinia* sp. en frutos coinciden con la descripción de Delhey *et al.* (2009) quienes mencionan que cuando la humedad es elevada, la sintomatología por *Sclerotinia* sp. se puede visualizar sobre el tejido infectado micelio algodonoso de color blanco, a partir del cual se forman esclerocios, los que se forman al inicio tienen más denso el micelio del cual exudan gotas brillantes, los cuerpos son de color negro, redondeados de forma variable (Delhey *et al.*, 2009), cabe aclarar que la humedad relativa mantuvo valores elevados y posiblemente ese fue el factor que impulso su presencia en el cultivo de pepino. Los daños ocasionados por *Cladosporium* sp. en la raíz son poco comunes ya que el follaje es el principal objetivo de ataque por este hongo (Agrios, 2004).

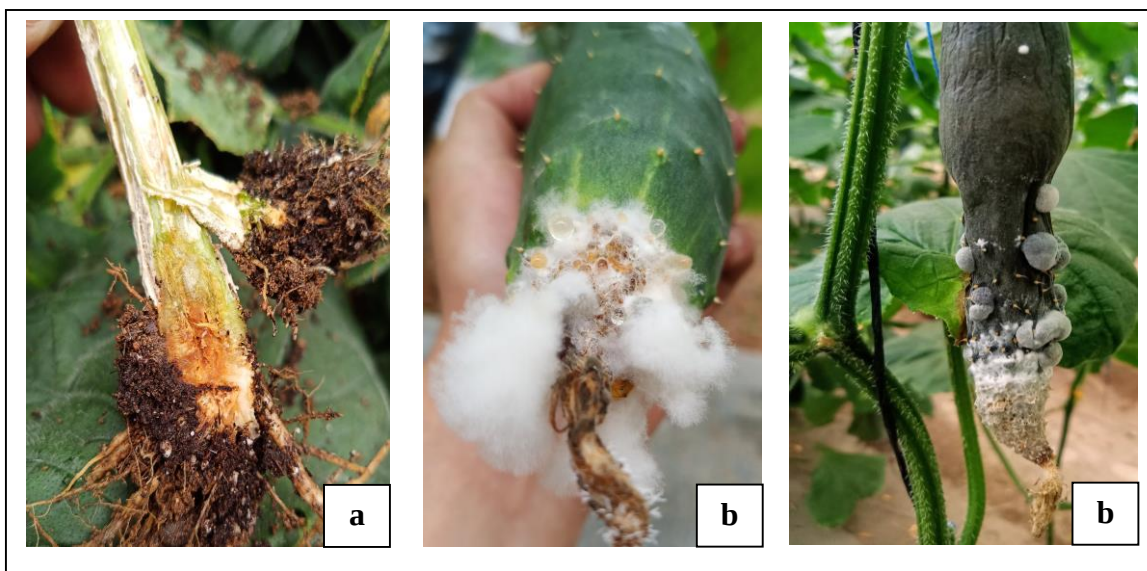


Figura 15. *Cladosporium* sp. en raíz (a) y *Sclerotinia* sp. en frutos (b) de pepino.

Cuadro 12. Plantas y frutos afectados por enfermedades en el cultivo de pepino.

Tratamientos	70 ddt	Durante todo el ciclo
	FAS	RAC
COA*DC	0	2
COA*DM	1	1
COA*STQ	1	7
COB*DC	2	1
COB*DM	0	5
COB*STQ	4	3
SO*DC	0	0
SO*DM	2	0
SO*STQ	0	2

ddt: Días después del trasplante; COA: Concentración de ozono alcanzada en una hora; COB: Concentración de ozono alcanza en media hora; SO: Sin ozono; DC: Dosis completa; DM: Dosis media; STQ: Sin tratamiento químico para el control de enfermedades fungosas; FAS: Frutos afectados por *Sclerotinia* sp.; RAC: Raíz afectada por *Cladosporium* sp.

6.4 Desarrollo vegetativo

6.4.1 Efecto de los factores en el desarrollo vegetativo

Durante las cuatro etapas de evaluación a lo largo del experimento los factores aplicados en esta investigación tuvieron distintos efectos (Cuadro 13).

El Factor A solamente tuvo consecuencias en el DT de forma significativa a los 30 ddt y de los 60 a 70 ddt se ubicó como altamente significativo, probablemente se debió a que la aplicación de ozono se hizo por medio del riego y por lo tanto existió mayor contacto de la base del tallo con este gas como lo señala Sudhakar *et al.* (2007) y Nagendra-Prasad *et al.* (2009) donde la respuesta a las diferentes tensiones en el ambiente se expresa con cambios morfológicos, fisiológicos y químicos provocados por el ozono.

El Factor B que corresponde a las dosis de producto químico para el combate de hongos tuvo un efecto altamente significativo en la AP de los 20 a los 30 ddt, ante esto Poh *et al.* (2011) mencionan que la aplicación de algunos productos químicos para el control de enfermedades fungosas dependiendo de su composición tienen efectos secundarios en las plantas, el efecto de este mismo factor disminuyó notablemente en las evaluaciones de los 60 y 70 ddt, lo cual pudo haber sido resultado de los cambios en las condiciones ambientales, ya que la aplicación de los productos químicos está ligada a tales condiciones como lo muestra Mazzilli *et al.* (2011) en su trabajo donde las condiciones ambientales son una herramienta para el suministro de fungicidas.

En el NH hubo un efecto variado por parte de los factores en cada una de las etapas de evaluación, a los 20 ddt el empleo del Factor B fue altamente significativo; mientras que a los 30 ddt cambió por una alta significancia dada por el Factor A, a los 60 ddt ambos factores no presentaron cambios significativos en el NH, esto puede ser causa de que en esta fase se dieron las primeras cosechas, por lo tanto, la planta ralentizó su desarrollo vegetativo ya que estaba en un periodo de llenado de frutos o bien por los ambientes desfavorables que se daban en esa etapa.

La variable LR de forma general no tuvo afectaciones positivas por ninguno de los factores durante las evaluaciones realizadas.

El efecto de la interacción de los factores (AxB), a los 20 ddt fue muy significativo en la AP, DT, y NH, a los 30 ddt en la AP y NH; a los 60 días las variables de DT y AP fueron significativas, finalmente a los 70 días la AP continuó con una moderada relevancia, mientras que el NH fue altamente significativo (Cuadro 13).

El coeficiente de variación (CV) en cada una de las variables a lo largo del desarrollo del cultivo de pepino mostró un comportamiento estable y aceptable en este tipo de estudios.

Cuadro 13. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables de desarrollo vegetativo en el cultivo de pepino.

Evaluación	Variable	Fuentes De Variación				
		FA	FB	FAxFB	ERROR	CV (%)
20 ddt	AP (m)	0.00*	0.03**	0.01**	0.00	13.70
	DT (mm)	0.81 ^{ns}	2.29**	1.58**	0.35	10.53
	NH	0.33 ^{ns}	5.77**	5.77**	0.39	12.43
30 ddt	AP (m)	0.06 ^{ns}	0.31**	0.52**	0.04	11.21
	DT (mm)	6.11*	17.44**	0.73 ^{ns}	1.60	12.30
	NH	23.59**	3.37 ^{ns}	35.68**	3.32	11.50
60 ddt	AP (m)	0.12 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.27*	0.09	13.07
	DT (mm)	25.71**	5.87 ^{ns}	5.09*	2.05	12.65
	NH	14.57 ^{ns}	19.11 ^{ns}	21.99 ^{ns}	10.96	14.19
70 ddt	AP (m)	0.11 ^{ns}	0.57 ^{ns}	0.67*	0.24	14.63
	DT (mm)	33.73**	5.65 ^{ns}	4.72 ^{ns}	2.46	10.64
	NH	6.25*	138.13**	226.46**	26.73	16.05
100 ddt	LR (cm)	36.9 ^{ns}	29.14 ^{ns}	18.98 ^{ns}	25.85	17.83

^{ns}, *, **: No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente.

ddt: Días después del trasplante.

CV: Coeficiente de variación.

FA: Concentración de ozono; FB: Tratamiento químico para el control de enfermedades fungosas; AP: Altura de planta; DT: Diámetro del tallo; NH: Número de hojas; LR: Longitud de raíz al final del ciclo del cultivo de pepino.

6.4.2 Niveles de los factores en el desarrollo vegetativo

Los efectos de cada nivel en las distintas etapas de valoración durante el desarrollo vegetativo se exponen en el cuadro 14.

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos observar que a lo largo del ciclo del cultivo de pepino la AP y el NH en su mayoría no fueron favorecidos por parte de aquellos niveles donde la capacidad oxidante del agua era mayor (COA y COB), este resultado obtenido puede ser parte de la declaración realizada por Mills *et al.* (2007) quienes señalan la variada susceptibilidad de los cultivos al ozono, en este caso no existió daño visible, pero es probable que el cultivo de pepino exponga su liviana sensibilidad a través de la diferencia de medias significativa entre los niveles de ozono. De forma contraria el efecto en el DT fue bastante significativo en las evaluaciones de los 30 y 60 ddt donde los niveles del agua alcanzaron una mayor capacidad oxidante (COA), si comparamos estas medias alcanzadas con las medias obtenidas en la investigación de Hernández (2012) que utilizó una variedad similar con un manejo convencional y con valores aproximadamente de 6.5 mm de DT promedio, los resultados obtenidos por efecto de COA duplican de un 40 a un 50 % el DT, lamentablemente este aumento no se mantuvo y disminuyó con el paso del tiempo, es probable que este cambio negativo esté relacionado con lo que afirman Goumenaki y Barnes (2009) quienes en su estudio hacen mención de efectos negativos del ozono asociados con alteraciones en la pared celular, la muerte celular programada y acumulación de metabolitos tóxicos producidos durante la pérdida de los mecanismos antioxidantes de protección.

En cuanto a los niveles del Factor B, de forma frecuente los más favorables para las variables AP y NH fueron STQ y DM, estos niveles coinciden con una baja o nula aplicación de productos químicos, se infiere que su creciente media a lo largo del ciclo se debe a que la planta, al no contar con protectores fúngicos sintéticos activó sus propios mecanismos de defensa, los cuales son las cucurbitacinas (SIAP, 2018), estos son terpenoides que se localizan en órganos como la hoja y tallo (Zangerl y Bazzaz, 1992), de esta manera se encuentra un posible origen al aumento de las medias en las variables NH y AP al no contar con dosis de productos químicos para el control de hongos.

La LR no sufrió alteraciones positivas significantes por parte de los niveles.

Cuadro 14. Variables de desarrollo vegetativo en los niveles de factores de concentración de ozono y dosis de producto químico para el control de enfermedades fungosas.

Evaluación	Variable	Concentración Ozono (FA)				Tratamiento Químico Para el Control de Enfermedades Fungosas (FB)			
		COA	COB	SO	DMSH	DC	DM	STQ	DMSH
20 ddt	AP (m)	0.24b ^z	0.25ab	0.26a	0.02	0.22c	0.24b	0.29a	0.02
	DT (mm)	5.82a	5.64a	5.48a	0.38	5.32b	5.88a	5.74a	0.38
	NH	5.07a	5.18a	4.96a	0.41	4.55b	5.22a	5.44a	0.41
30 ddt	AP (m)	1.77a	1.80a	1.87a	0.13	1.69b	1.85a	1.89a	0.13
	DT (mm)	9.79b	10.74a	10.37ab	0.82	9.40b	10.53a	10.96a	0.82
	NH	14.77b	16.48a	16.29a	1.18	15.44a	16.03a	16.07a	1.18
60 ddt	AP (m)	2.42a	2.31a	2.44a	0.20	2.40a	2.44a	2.3a	0.20
	DT (mm)	12.18a	11.55a	10.25b	0.94	10.81b	11.46ab	11.76a	0.94
	NH	22.96a	22.85a	24.19a	2.17	23.85a	23.77a	22.30a	2.17
70 ddt	AP (m)	3.29a	3.33a	3.42a	0.34	3.36a	3.51a	3.19a	0.34
	DT (mm)	13.81b	14.14b	16.00a	1.11	4.28a	14.76a	15.21a	1.11
	NH	29.22ab	27.76b	32.07a	4.14	26.88b	34.76a	28.60b	4.13
100 ddt	LR (cm)	14.64a	16.42a	17.60a	3.66	17.111a	16.712a	14.769a	3.6743

^z Valores con la misma letra dentro de las filas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

ddt: Días después del trasplante.

COA: Concentración de ozono alcanzada en una hora; COB: Concentración de ozono alcanza en media hora; SO: Sin ozono; DC: Dosis completa; DM: Dosis media; STQ: Sin tratamiento químico para el control de enfermedades fungosas; AP: Altura de planta; DT: Diámetro del tallo; NH: Número de hojas; LR: Longitud de raíz al final del ciclo del cultivo de pepino.

6.4.3 Interacción de los factores en el desarrollo vegetativo

En el Cuadro 15 se puede apreciar las distintas interacciones de los factores con sus respectivos niveles.

A los 20 ddt los mejores resultados en la AP fueron COBxSTQ y SOxSTQ con medias iguales de 0.32 m, el mejor tratamiento en el DT fue la COAxDM (6.44 mm) y en el NH fue COBxSTQ (5.88).

En la evaluación realizada a los 30 ddt la mejor interacción fue SOxSTQ (2.17 m), en el DT la mejor media fue de 11.77 mm correspondiente a la COBxSTQ y en NH fue SOxSTQ con 17.88 de promedio.

En cuanto a la estimación de las variables a los 60 ddt, los efectos en AP no fueron tan distintos en cada interacción, la media más alta fue de 2.62 m perteneciente a COAxDM, en el DT la media más prospera fue de 12.88 mm resultado de la interacción de COBxSTQ, en el NH las interacciones no difieren de forma significativa en las medias, pero la conjunción COBxDC ofrece una media ligeramente favorable de 24.66.

A los 70 ddt la media más significativa y que no varía en gran medida de las demás en la AP es la COAxDM con un valor de 3.50 m, a su vez en este último periodo el DT la media del tratamiento SOxDM 16.62 mm fue la más favorable, mientras que en el NH la mejor interacción es COBxDM con una media de 41.50.

La interacción con resultados más estables durante la investigación fue COBxSTQ que mantiene efectos equilibrados en desarrollo vegetativo en las plantas de pepino.

Cuadro 15. Efecto de las interacciones de los factores en las variables de desarrollo vegetativo del cultivo de pepino.

Interacción	20 ddt			30 ddt		
	AP (m)	DT (mm)	NH	AP (m)	DT (mm)	NH
COAxDC	0.23b ^z	5.48bc	4.55dc	1.68dc	9.00b	14.55dc
COAxDM	0.25b	6.44a	5.66ab	2.04ab	10.16ab	16.77abc
COAxSTQ	0.23b	5.55abc	5.00abcd	1.60d	10.22ab	13.00d
COBxDC	0.21b	5.54bc	4.77bcd	1.80bcd	9.66b	17.22abc
COBxDM	0.21b	5.38bc	4.88bcd	1.68cd	10.77ab	14.88bcd
COBxSTQ	0.32a	6.00ab	5.88a	1.91abc	11.77a	17.33ab

SOxDC	0.21b	4.94c	4.33d	1.59d	9.55b	14.55dc
SOxDM	0.26b	5.83abc	5.11abcd	1.85bcd	10.66ab	16.44abc
SOxSTQ	0.32a	5.66abc	5.44acb	2.17a	10.88ab	17.88a
DMSH	0.05	0.89	0.95	0.30	1.91	2.74
60 ddt				70 ddt		
Interacción	AP (m)	DT (mm)	NH	AP (m)	DT (mm)	NH
COAxDC	2.45a	11.66abcd	23.44a	3.50ab	13.71bc	34.33ab
COAxDM	2.62a	12.55ab	24.55a	3.58a	13.37bc	35.00ab
COA xSTQ	2.19a	12.33abc	20.88a	2.74b	14.42abc	24.33dc
COBxDC	2.43a	10.55bcd	24.66a	3.39ab	13.11c	22.40d
COB xDM	2.26a	11.22abcd	21.55a	3.44ab	15.75abc	41.50a
COB xSTQ	2.25a	12.88a	22.33a	3.20ab	14.50abc	32.71abc
SOxDC	2.33a	10.22dc	23.44a	3.23ab	15.88ab	30.22bcd
SOxDM	2.44a	10.61bcd	25.22a	3.49ab	16.62a	31.55bcd
SOxSTQ	2.57a	9.87d	23.87 ^a	3.57ab	15.55abc	34.75ab
DMSH	0.47	2.17	5.02	0.83	2.65	9.88

^z Valores con la misma letra dentro de las columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

ddt: Días después del trasplante.

COA: Concentración de ozono alcanzada en una hora; COB: Concentración de ozono alcanza en media hora; SO: Sin ozono; DC: Dosis completa; DM: Dosis media; STQ: Sin tratamiento químico para el control de enfermedades fungosas; AP: Altura de planta; DT: Diámetro del tallo; NH: Número de hojas; ddt: Días después de trasplante.

En la raíz las interacciones no tuvieron diferencias significativas, pero la combinación SOxDM ofrece un valor de la media de 19.50 cm que es un poco más representativo (Cuadro 16).

Cuadro 16. Interacciones de los factores en la longitud de raíz al finalizar el ciclo del cultivo de pepino.

100 ddt	
Interacción	LR (cm)
COAxDC	17.40a ^z
COAxDM	14.37a
COAxDSTQ	10.66a
COBxDC	17.14a
COBxDM	15.66a
COBxDSTQ	15.75a
SOxDC	16.83a
SOxDM	19.50a
SOxDSTQ	16.16a
DMSH	8.95

^z Valores con la misma letra dentro de las columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

ddt: Días después del trasplante.

COA: Concentración de ozono alcanzada en una hora; COB: Concentración de ozono alcanza en media hora; SO: Sin ozono; DC: Dosis completa; DM: Dosis media; STQ: Sin tratamiento químico para el control de enfermedades fungosas; LR: Longitud de raíz al final del ciclo del cultivo de pepino.

6.5 Rendimiento

6.5.1 Efecto de los factores en el rendimiento

De forma general el Factor A no fue representativo, mientras que el Factor B fue significativo en el número de frutos y, por lo tanto, en el peso total de los frutos obtenidos. De igual manera la combinación de estos factores logró afectar significativamente las variables PP y PT (Cuadro 17).

Cuadro 17. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables asociadas al rendimiento y calidad de fruto del cultivo de pepino.

Variable	Fuentes De Variación				
	FA	FB	FA* FB	ERROR	CV (%)
NF	2.90 ^{ns}	4.33*	2.69 ^{ns}	1.25	29.59
PP (g)	2821.6 ^{ns}	737.97 ^{ns}	3665.3 ^{ns}	2722.59	13.98
PT (Kg)	0.15 ^{ns}	1.05*	0.88*	0.25	30.89
D (mm)	18.00 ^{ns}	4.53 ^{ns}	3.37 ^{ns}	7.51	5.00
L (cm)	7.69 ^{ns}	1.12 ^{ns}	10.72*	3.57	7.03

^{ns}, *, **: No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente.

ddt: Días después del trasplante.

CV: Coeficiente de variación.

FA: Concentración de ozono; FB: Tratamiento químico para el control de enfermedades fungosas; NF: Número de frutos; PP: Peso promedio de los frutos; PT: Peso total cosechado; D: Diámetro de los frutos; L: Longitud de los frutos.

6.5.2 Niveles de los factores en el rendimiento

Las medias de los niveles que actuaron como representativos en el NF, PP, D y L no presentan significativas diferencias, la variable PT fue afectada ligeramente por los niveles del Factor A, entre la más alta esta COB (1.74 kg/p), pero por parte de los niveles del Factor B existe un poco más de diferencias, siendo DM con más significancia y un promedio de 1.92 kg (Cuadro 18).

En el estudio realizado por López-Elías *et al.* (2011) reportan valores de variedades de pepino partenocárpico - tipo americano de hasta 16.8 frutos por planta provenientes de plantas en el suelo, pero a pesar del buen número de frutos solamente alcanzaron un peso de fruto de 337 g. Los valores obtenidos como consecuencia de los niveles de cada factor no presentan grandes diferencias estadísticamente y ninguno logró un NF alto, pero se consiguió un PP en el nivel COA una diferencia de más de 120 g y en STQ arriba de 118 g mayor y a favor de los resultados obtenidos en esta investigación.

Cuadro 18. Variables asociadas al rendimiento y calidad de fruto del cultivo de pepino en los factores de concentración de ozono y dosis de producto químico para el control de enfermedades fungosas.

Variable	Concentración Ozono				Tratamiento Químico Para el Control de Enfermedades Fungosas			
	COA	COB	SO	DMSH	DC	DM	STQ	DMSH
NF	3.35a ^z	4.21a	3.84a	0.94	3.60a	4.31a	3.42a	0.95
PP (g)	457.55a	450.52a	433.23a	52.98	438.61a	447.75a	455.76a	53.13
PT(Kg/p)	1.54a	1.74a	1.65a	0.43	1.48b	1.92a	1.54ab	0.43
D (mm)	55.72a	54.65a	54.03a	1.85	54.79a	55.21a	54.25a	1.86
L (cm)	27.41a	26.94a	26.30a	1.28	26.90a	26.67a	27.06a	1.28

^z Valores con la misma letra dentro de las filas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

ddt: Días después del trasplante.

COA: Concentración de ozono alcanzada en una hora; COB: Concentración de ozono alcanza en media hora; SO: Sin ozono; DC: Dosis completa; DM: Dosis media; STQ: Sin tratamiento químico para el control de enfermedades fungosas; NF: Número de frutos; PP: Peso promedio de los frutos; PT: Peso total cosechado por planta; D: Diámetro de los frutos; L: Longitud de los frutos.

6.5.3 Interacción de los factores en las variables de rendimiento

Las interacciones no demostraron diferencias significativas, pero de forma más explícita las mejores medias de las variables que fueron resultado de la interacción son las siguientes; NF: COBxDM (5.66); PP: COAxDM (489.27 g); PT: COBxDM (2.35 kg/p); D: COAxDM (56.41); L: COAxDM (28.20 cm), si se comparan los resultados de las mejores medias obtenidas en cada variable con los de Hernández (2012) quien estudio una variedad de pepino partenocárpico americana, el DT alcanzado en este trabajo supera por más de 2 cm sus resultados, el peso de cada pepino en nuestra mejor interacción sobresale por poco más de 76 g, la longitud llegó a medir un poco más de 3 cm en comparación de sus valores (Cuadro 19).

En cuanto al rendimiento si el valor de kg/p se cuantifica para determinar kg/m² la media de COBxDM que es el mejor valor tendría 11.75 kg/m² y la interacción con menos que es COAxSTQ tendría un rendimiento de 5.15 kg/m².

La variación que existe en las interacciones de la media de PT se apegan a las aseveraciones de Vázquez-Ybarra *et al.* (2015) quienes indican que a pesar de que en las partes vegetativas exista un impacto negativo por parte del ozono no necesariamente los rendimientos quedan en desventaja a causa de este factor.

Cuadro 19. Interacción de los factores en las variables asociadas con el rendimiento y la calidad de fruto de pepino.

Interacción	NF	PP (g)	PT (kg/p)	D (mm)	L (cm)
COAxDC	3.16b ^z	440.86a	1.38ab	55.19a	27.4398
COAxDM	4.33ab	489.27a	2.11a	56.41a	28.2024
COAxSTQ	2.40b	439.50a	1.03b	55.47a	26.1806
COBxDC	3.80ab	446.26a	1.34ab	54.62a	27.3948
COBxDM	5.66a	425.21a	2.35a	54.62a	25.4940
COBxSTQ	3.83ab	466.72a	1.76ab	54.70a	27.8938
SOxDC	3.77ab	432.87a	1.61ab	54.56a	25.8815
SOxDM	3.71ab	421.83a	1.57ab	54.53a	26.2056
SOxSTQ	4.33ab	460.94a	1.95ab	52.88a	26.9011
DMSH	2.32	129.89	1.05	4.34	2.99

^z Valores con la misma letra dentro de las columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una P≤0.05.

DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

ddt: Días después del trasplante.

COA: Concentración de ozono alcanzada en una hora; COB: Concentración de ozono alcanza en media hora; SO: Sin ozono; DC: Dosis completa; DM: Dosis media; STQ: Sin tratamiento químico para el control de enfermedades fungosas; NF: Número de frutos; PP: Peso promedio de los frutos; PT: Peso total cosechado por planta; D: Diámetro de los frutos; L: Longitud de los frutos.

VII. CONCLUSIONES

La aplicación de ozono al agua de riego junto con una baja dosis de producto químico resultó una herramienta propicia que disminuyó la presencia de enfermedades fungosas y bacterianas en el cultivo de pepino.

El agua con una capacidad oxidante en un rango de 200 a 500 milivoltios tiene efectos en el desarrollo vegetal. Entre los efectos más notables está el aumento del DT y la ralentización de la AP y NH.

La ausencia de dosis de producto químico para el control de hongos estimuló el crecimiento de las plantas y número de hojas, sin embargo, las plantas sufren severas afectaciones por las enfermedades.

VIII. LITERATURA CITADA

- Abbasi, P. A.; Al-Dahmani, J.; Sahin, F.; Hoitink, H. A. J.; Miller, S. A. (2002). Effect of compost amendments on disease severity and yield of tomato in organic and conventional production systems. *Plant Disease* 86: 156-161.
- Achicanoy, H. (2001). Estrategias integradas para el control de enfermedades de las plantas. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*.54 (1-2). p.12451-1273.
- Agrios N. (2004). *Fitopatología*. D.F, México: Limusa.
- Anculle, A. y Álvarez, R. 1999. Evaluación de enfermedades de plantas. Versión 2. Arequipa (Perú).Senasa.http://www.senasa.gob.pe/intranet/capacitación/cursos/curso_arequipa/evaluación_enfermedades_plantas_1.pdf.>.
- Arencibia, R., Leyva, Y., Collymore, A. y Araújo, J. (2006). Producción científica sobre aplicaciones terapéuticas del ozono en el Web of Science. *ACIMED*, 14(1). Disponible en http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol14_1_06/aci07106.htm.
- Arias, S. (2007). Producción de pepino. La Lima, Cortés, Honduras, USAID-RED Proyecto de Diversificación Económica Rural. 24 p.
- Babor, J. & Ibarz, J. 1974. *Química general moderna*. Barcelona, España: Marín.
- Bataller, M., Cruz, B. y García M. (2010). El ozono: una alternativa sustentable en el tratamiento poscosecha de frutas y hortalizas. *CENIC, Ciencias biológicas*, 41(3), 155-164. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181220593001>
- Beuzón, C. & Ruiz-Albert. (2015). Mecanismos de activación y evasión de defensas mediados por efectores tipo III en *Pseudomonas syringae*. *Microbiología de las plantas* 60: 51-53.
- Bucio Villalobos, C. M., F. R. Díaz Serrano, O. A. Martínez Jaime y J. J. Torres Morales. (2016). Efecto del ozono sobre la población microbiana del suelo y el crecimiento de las plantas de fres. *Terra Latinoamericana*, 34: 229 – 237.
- CENTA. (2003). *Guía técnica: Cultivo del pepino* (17). Recuperado de <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Pepino%202003.pdf>

- Cosemar – Ozono. (2017). *El ozono en agricultura: Desinfección de suelos y plantas en agua de riego y fumigación*. Recuperado de https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/prod.agr.romera__fresas__
- Daelta.blogspot.com. (2018). *Cucumis sativus*. Disponible en línea: <https://daelta.blogspot.com/>
- Delhey, R., Kiehr, M., Allievi, M., Lusto, J., Frayssinet, S., Sidoti B., Kröger, I., Paoloni, P., D. Zappacosta & A. Servera. (2009). *Sclerotinia sclerotiorum* en plantas cultivadas e invasoras del sur pampeano y norte patagónico, Argentina. *Revista Internacional de Botánica Experimental* 78: 111-115.
- Donoso., E. (2011). *Manual: Manejo de bacteriosis en vivero*. Chile: Comisión Bacteriosis de la Asociación Gremial de Viveros Frutales de Chile (AGVF).2011. Manejo de bacteriosis en vivero. 17 p.
- EPA (United States Office Environmental Protection of water). (1999). Desinfección con ozono. *Folleto informativo de tecnologías de aguas residuales*. Washington, D. C. 9 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2011). *Ahorrar para crecer. Guía para los responsables de las políticas de intensificación sostenible de la producción agrícola*. Roma, Italia. 112 p.
- Fischer, R.A. (1983). Wheat. pp. 129-154. In: Smith, W.H. and S.J. Banta (eds.). Symposium on Potential Productivity of Field Crops Under Different Environments. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines. 526 p.
- Franklin J. (1997). Radicales libres. *Ciencia Cosmética* 3: 45-48.
- FUSADES. (1990). Producción comercial de pepino (4). Citado por <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Pepino%202003.pdf>
- García, A.D. & C. López. (2002). Temperatura base y tasa de extensión foliar del maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25(4): 381-386.

- García, H., C. Galán, M.T. Gómez & E. Domínguez. (2000). A comparative study of different temperature accumulation methods for predicting the start of the Quercus pollen season in Córdoba (South West Spain). *Grana* 39: 194-199.
- Gorny, R. (2004). Filamentous microorganisms and their fragments in indoor air: A review. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 11: 185-197.
- Goumenaki E. & J. Barnes (2009) Impacts of tropospheric ozone on growth and photosynthesis of lettuce. *Acta Horticulturae* 817:169-176.
- Han, Y., Floros, J., Linton, R., Nielsen, S. & Nelson, P. (2002). *Response surface modeling for inactivation of E. coli O157:H7 on green peppers (Capsicum annuum) by ozone gas treatment. Journal of Food Science.* 67(3), 118-1193.
- Hernández, B. (2012). *Cultivo hidropónico de pepino (Cucumis sativus L.) con diferentes relaciones mutuas de aniones y cationes* (Tesis profesional que para obtener el título de licenciada en Ingeniería Agrohidráulica). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería Agrohidráulica, San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México.
- Horsfall, J. G.; Barrat, R. W. (1945). An improved grading system for measuring plant disease. *Phytopathology* 35: 655.
- Keinath, P. 2000. Effect of protectant fungicide application schedules on gummy stem blight epidemics and marketable yield of watermelon. *Plant Disease* 84: 254-260.
- Landa, I. (2018). *Inactivación con ozono del nemátodo meloidogyne enterolobii en agua para riego agrícola* (Tesis para optar por el grado de maestra en ingeniería). Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- 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. *Alternativas*, 16(2), 66 – 75.
- López-Elías, J., Rodríguez, J., Huez, M., Garza, S., J. Jiménez y E. Leyva. (2011). Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda. *IDESIA* 29(2): 21 – 27.

- Maroto, J. V. (2002). *Horticultura herbácea especial*. Madrid, España: Mundi – Prensa.
- Mazzilli, Sebastián, Pérez, Carlos, & Ernst, Oswaldo. (2011). Una alternativa para optimizar el uso de fungicidas para controlar fusariosis de espiga en trigo. *Agrociencia Uruguay*, 15(2), 60-68. Recuperado en 28 de noviembre de 2020, de http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482011000200007&lng=es&tlng=es.
- Mills G., M. Holland, A. Buse, S. Cinderby, F. Hayes, L. Emberson, H. Cambridge, M. Ashmore and A. Terry (2003) Introducing response modifying factors into a risk assessment for ozone effects on crops in Europe. In: Karlsson, P. E., G. Selldén and H. and Pleijel (eds.). Establishing Ozone Critical Levels II. UNECE Workshop Report. IVL Report B 1523. IVL Swedish Environmental Research Institute, Gothenburg, pp.74-88.
- NAC (National Academy of Sciences). (2000). The Future Role of Pesticides in US Agriculture. Committee on the Future Role of Pesticides in US Agriculture, Board on Agriculture and Natural Resources and Board on Environmental Studies and Toxicology. Washington, D.C., USA. 301 p.
- 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.
- Nielsen, K. (2003). Mycotoxin production by indoor molds. *Fungal Genetics and Biology* 39: 103 -117.
- Obregón, V. (2017). *Guía para la identificación de las enfermedades de las cucurbitáceas*, Recuperado de <https://inta.gob.ar/documentos/guia-para-la-identificacion-de-las-enfermedades-de-las-cucurbitaceas>.
- Poh B.L., Gevens A., Simonne E., Snodgrass C. (2011). Estimating copper, manganese and zinc micronutrients in fungicide applications. UF/IFAS, University of Florida. Consultado el 28 de Noviembre del 2020 en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242013000100001&lng=en&tlng=es

- Porter, J.R. and R. Delecolle. (1988). Interaction of temperature with other environmental factors in controlling the development of plants. pp: 133- 156 *In*: Long, S.P. and F.I. Woodward (eds.). Plants and temperature. Symposia of the Society for Experimental Biology Number XXXXII. The Company of Biologists Limited, Department of Zoology, University of Cambridge, Great Britain.
- Prenger, J. & P. Ling. (2007). Greenhouse condensation control: Understanding and using Vapor Pressure Deficit (VPD). Extension FactSheet. The ohio State University. Wooster, Ohio.
- Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos mexicanos. (2009). *Teziutlán Puebla*. Recuperado de http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21174.pdf
- Qadir, G., S. Ahmad, F. Hassan & M. Cheema. (2006). Oil and fatty acid accumulation in sunflower as influenced by temperature variation. *Pakistan Journal of Botany* 38(4): 1137-1147.
- Quirós, J.I. (2015). Mercado mundial de pepino. Bol. *ProNap* 9(53):9-13.
- Roa, J. (2015). *Densidades de siembra y dosis de biol en la producción de pepino (Cucumis sativus L.) en Esmeraldas*. (Tesis en ingeniería). Quevedo, Ecuador, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 69 p.
- SADER (Delegación Michoacán). (2018). *El Cultivo de Pepino en Michoacán Rebasa los 400 Mdp en Valor de Producción*. Recuperado de <https://www.gob.mx/agricultura>
- SAS Institute. (2004). SAS/STAT User's guide, software 9.1. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA.
- Schapendonk, A., Challa, H., Broekharst, P. & Udink ten Cate, A. (1984). Dynamic climate control, an optimization study for earliness of cucumber production. *Scientia Horticulturae*. 23, pp. 137-150.

- Shibairo S., M. Upadhyaya & P. Toivonen (1997) Postharvest moisture loss characteristics of carrot (*Daucus carota* L.) cultivars during short-term storage. *Scientia Hort.* 71:1-12
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2017). *Agricultura protegida: el valor de la producción bajo esta técnica creció 47.9% en 2016*. Consultado en línea el 10 de octubre de 2020 en: <https://www.gob.mx/siap/articulos/agricultura-protegida-el-valor-de-la-produccion-bajo-esta-tecnica-crecio-47-9-en-2016?idiom=es>
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2019). *El consentimiento de la familia cucurbitaceae: el pepino*. Consultado en línea el 10 de octubre de 2020 en: <https://www.gob.mx/siap/articulos/el-consentido-de-la-familia-cucurbitaceae-el-pepino?idiom=es>
- SIAP. (2018). *Atlas Agroalimentario 2012 – 2018*. Recuperado de: www.gob.mx/siap
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional). (2010). *Normales climatológicas*. Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=pue>
- Solsona, F. y Méndez, JP. (2002). *Desinfección del agua*. PUB/O2.83. Lima, Perú: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (OPS/CEPIS).
- Sudhakar, N., D. Nagendra-Prasad, N. Mohan and K. Murugesan. (2007). Induction of systemic resistance in *Lycopersicon esculentum* cv. PKM1 (tomato) against cucumber mosaic virus by using ozone. *Journal of Virological Methods* 139: 71-77.
- Sudhakar, N., D. Nagendra-Prasad, N. Mohan, B., Hill, M., Gunasekaran and K. Murugesan. (2011). Assessing influence of ozone in tomato seed dormancy alleviation. *American Journal of Plant Sciences* 2:443-448.
- Vázquez-Ybarra, J., Peña-Valdivia, C., Trejo, C. Villegas-Bastida, A., Benedicto -Valdéz & Sánchez García-Prometeo. (2015). Promoción del crecimiento de plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) con dosis subletales de ozono aplicadas al medio de cultivo. *Rev. Fitotec. Mex.* 38 (4) 405 – 413.

- Wang, S., S. Kong, Y. Qingjun, C. (2007). Effect of light quality on the growth and photosynthetic characteristics of cucumber *Cucumis sativus* L. Under solar greenhouse. *Acta Horticulturae* 731, pp. 243-251.
- Wehner T.C. & N. Guner. (2004). Growth stage, flowering pattern, yield, and harvest date prediction of four types of cucumber tested at 10 planting dates. *Acta Horticulturae* 637: 223-229.
- Yañez, M. León, F; Godoy, T; Gastelum, R; López, M; Cruz, J; Cervantes, L. (2012). Alternativas para el control de la cenicilla (*Oidium sp.*) en pepino (*Cucumis sativus* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(2):259-270.
- Zangerl, R. A. & F. A. Bazzaz. (1992). Theory and pattern in plant defense allocation. In: Fritz, R. S., E. L. Simms (eds.) Plant resistance to herbivores and pathogens. Ecology, Evolution and Genetics. University of Chicago Press. pp. 345–362.

IX. ANEXOS

ANEXO 1. FICHA TÉCNICA DEL PEPINO

Pepino partenocárpico

CU-202

Pepino partenocárpico tipo Slicer que presenta planta vigorosa, de entrenudos cortos y abundante floración. Los frutos son rectos de color verde oscuro con tamaños entre 25-30 cm durante todo el ciclo, presentan muy pocas espinas y buena vida de anaquel. CU-202 es una variedad excelente tanto para mercado nacional como para exportación. Es una variedad con altos potenciales de rendimientos y buena adaptabilidad a las principales zonas productoras.

Resistencias: CVYV, CMV, PM, TLS

Toda información aquí presentada acerca de las variedades está basada en observaciones obtenidas en el campo y el laboratorio. La calidad y el rendimiento de los cultivos depende de varios factores fuera de nuestro control y no se ha creado ninguna garantía que avale el rendimiento y la calidad del cultivo.

Variedad: Cu-202

Lot: AX3000258

Batch: CU50-0919ZT

Pureza: 99%

Germ: 90%

Inert: 1%

Fecha de prueba: 08/2019

Tratamiento: Thiram

Semilla para siembra: Categoría Declarada

Cantidad: 1 M



ANEXO 2. FICHA TÉCNICA DE LA COMPOSTA

COMPOSTA

FICHA TÉCNICA



FERTILIZANTE ORGÁNICO SÓLIDO ELABORADO A PARTIR DE ESTIÉRCOL BOVINO

VioHache® Compostas, es un fertilizante orgánico elaborado a partir

de estiércol bovino y puede ser utilizado en todo tipo de plantas. Las sustancias húmicas contenidas en el producto incrementan la capacidad de intercambio catiónico del suelo, flocculan los agregados de éste en

suelos arcillosos y ayuda a retener cationes en suelos arenosos. Además aportan microorganismos beneficiosos que ayudan a generar un desarrollo radicular óptimo y sano.

Es elaborado a partir de una mezcla de estiércol bovino de engorda y rastrojo. El proceso de producción incluye una etapa de pasteurización en la cual todo el material se calienta por la misma descomposición, alcanzando más de 55°C y manteniéndose por 2 semanas, durante las cuales se realizan volteos frecuentes. Durante la segunda etapa llamada composteo, el material se descompone y se reorganiza en formas aprovechables para la planta, ésta etapa puede llevar de 3 a 5 meses.

Finalmente, la composta se madura o estabiliza durante 1 mes antes de salir a venta.

Para su aplicación puede distribuirse de manera homogénea en el terreno de cultivo e incorporarse posteriormente utilizando implementos agrícolas. La aplicación en banda antes de la formación del surco es ideal para cultivos de siembra directa. En transplante se recomienda depositar el producto en el surco debajo del cepellón de la plántula.

Como complemento nutricional es excelente mezclado con sustrato o medio de germinación para la producción de plántula. En cultivos como alfalfa o en césped puede esparcirse antes de aplicar riego.

Todo lote de composta que se ofrece a venta cumple con la norma NOM-004-SEMAR-NAT-2002. Además de contar con un registro OMRI, ya que los productos están elaborados a partir de materias primas orgánicas y no se añaden sustancias de síntesis químicas durante el proceso de elaboración.

El aseguramiento de calidad se basa en cinco análisis de laboratorio: Inocuidad (Coliformes totales, coliformes fecales, E. coli, E. coli O157H7, Salmonella y Listeria monocytogenes), Fitopatológico (Bacterias,

COMPOSICIÓN GARANTIZADA

Materia prima utilizada: Estiércol bovino y residuos lignocelulósicos.

COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL

Materia Orgánica 22.04% Calcio 0.26%
Nitrógeno 0.90% Sulfato 0.78%
Fósforo 0.02% Ácido Húmico 0.5%

Potasio 1.40% Ácido Fúlvico 0.5%

MICROORGANISMOS FITOBENÉFICOS VALORES (UFC/g)

Bacterias aeróbicas 2.2 X 10⁹ Aspergillus sp. 6.5 X 10⁹

Bacterias anaeróbicas 3.3 X 10⁹ Actinomicetos 6.3 X 10⁹
Bacterias nitrificantes 2.8 X 10⁹ Relación de bacterias
Pseudomonas fluorescens 3.0 X 10⁹ aeróbicas/bacterias anaeróbicas 67
Bacillus sp. 1.3 X 10⁹ Índice de biodiversidad 12
Trichoderma sp. 1.6 X 10⁹

VALORES DE CALIDAD

Materiales extraños (piedra, grava) <1.5%
Materiales inertes (vidrio, metal, plástico) <0.5%
Semillas viables <2/L

INOCUIDAD MICROBIOLÓGICA

Escherichia coli Ausente en 25 g
Salmonella spp Ausente en 25 g
Coliformes fecales < 3 NMP

Huevos de helmintos < a 1/g en base seca

COMPOSICIÓN DE METALES PESADOS*

Arsénico ≤ 41 Mercurio ≤ 17
Cadmio ≤ 39 Níquel ≤ 420
Cobre ≤ 1.500 Plomo ≤ 300
Cromo ≤ 1.200 Zinc ≤ 2.800

*En mg/kg: 1 (base seca), expresadas como contenidos totales.

PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS

Relación C/N: 32.4
Contenido de Humedad ≤ 25%
Apariencia física: Polvo granulado

pH: 8.89
Conductividad Eléctrica: ≤ 1.4 dS/m-1
Granulometría ≤ 10 mm
Capacidad de intercambio catiónico: < 40 cmol(+) 1

RECOMENDACIONES DE USO

CULTIVO	DOSIS RECOMENDADA	INDICACIÓN
hongos y nemátodos,	Hortalizas Frutales	De 10 a 20 ton/ha incorporado al suelo de cultivo o aplicado a la marca antes de levantar surco.
*Microorganismos fitobeneficiosos, *Perfil nutricional y *Metales pesados.	Ornamentales y plántulas	De 10 a 40 ton/ha incorporado al suelo de cultivo o aplicar al interior del cajete.
	Granos y forrajes	De 200 a 300 g/planta al fondo del hoyo antes de realizar el transplante.
	Césped Semillas	De 10 a 30 ton/ha incorporado al suelo de cultivo o aplicado a la marca antes de levantar surco. 2 kg/metro cuadrado.

INFORMACIÓN PARA MANEJO SEGURO

INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Movilidad. El producto no es un material volátil. El material no es soluble en el agua y forma una capa de material en la superficie.

Persistencia y degradabilidad. La composta puede ser absorbida y combinada con la superficie del suelo.

Ecotoxicología. No se considera tóxico para los organismos acuáticos.

Método de disposición. Relleno sanitario convencional. Según las regulaciones oficiales.

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL PARA APLICACIÓN Y MANEJO.

Protección de vías respiratorias. Utilizar mascarilla contra polvos.

Guantes de protección. Normalmente no se requiere.

Protección ocular. Utilizar lentes de seguridad transparentes u oscuros según se requiera.

Ropa o equipo especializado de protección. Ninguno.

PRIMEROS AUXILIOS.

Contacto con los ojos: Haga un lavado ocular con agua durante 10 minutos.

Contacto con la piel: Lave bien con agua y jabón.

Ingestión: No induzca el vómito. Trate los síntomas. Consulte al médico.

Inhalación: Busque aire fresco. Trate los síntomas. Consulte al médico.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Compatibilidad y fitotoxicidad. Este producto es compatible con la mayoría de los insumos agrícolas de uso común. Al mezclarse con agroquímicos las poblaciones y viabilidad de microorganismos beneficiosos puede disminuir o eliminarse.

Período de ingreso. Se puede ingresar inmediatamente a las áreas tratadas después de las aplicaciones.

PRECAUCIONES PARA EL MANEJO Y ALMACENAMIENTO

- Evite generar polvo excesivo durante el manejo.
- No es peligroso si se utilizan las precauciones estándares para el manejo de insumos agrícolas.
- Sus propiedades pueden disminuir después de 2 años de almacenamiento en su empaque.
- No almacene junto con productos herbicidas.

PRÁCTICAS HIGIÉNICAS DE TRABAJO.

Bañarse después de la jornada de trabajo.

GARANTÍA

El productor y el distribuidor garantizan que los contenidos del producto correspondan a los indicados en la etiqueta. Debido a que las condiciones y métodos de uso no están bajo el control de estos, no se hacen responsables ni se aceptan eventuales reclamos o daños derivados por su uso inadecuado.



INFORMACIÓN Y DISTRIBUCIÓN



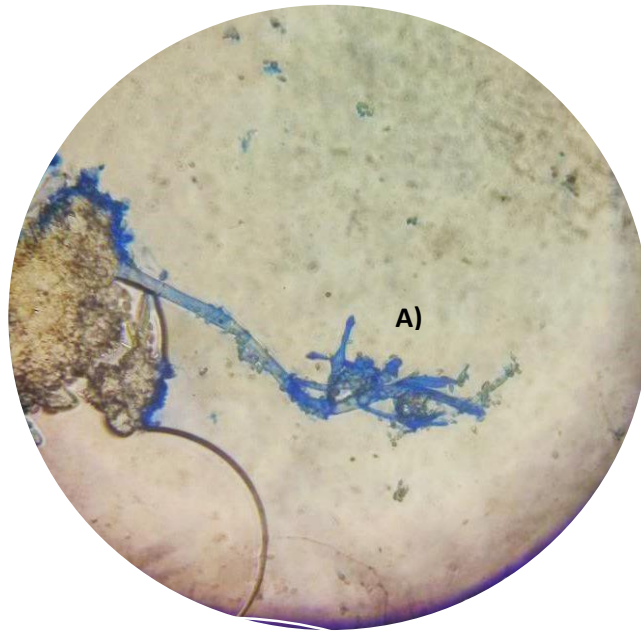
SUKARNE AGROINDUSTRIAL S.A. DE C.V.
Carretera Culiacán-Vitaruto km 14.5,
Ejido El Pinole, Culiacán, Sinaloa, México. CP. 80300.
Teléfono + 52 (667) 759 26 00 Ext. 2891

viohache.com

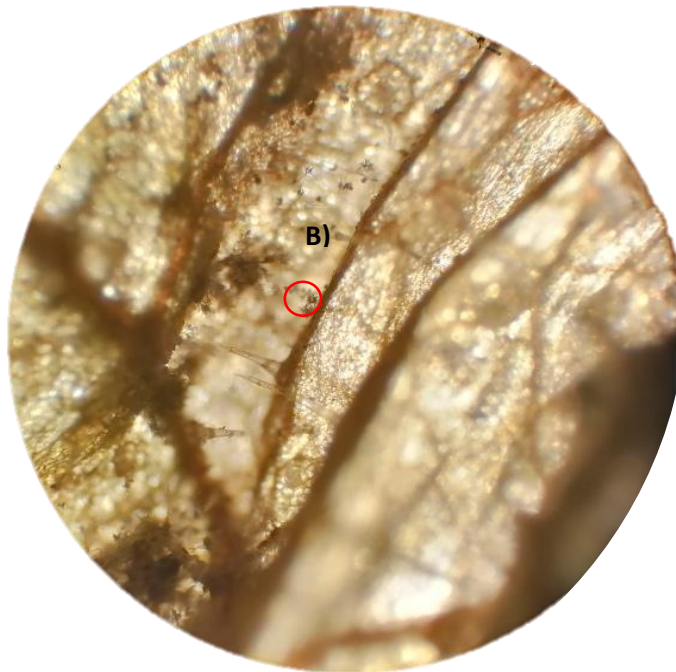
PRODUCTO ELABORADO BAJO LOS CRITERIOS Y LA NORMATIVIDAD EMITIDA POR USDA, AVALADOS POR EL INSTITUTO DE EVALUACIÓN DE MATERIALES ORGÁNICOS (OMRI), PARA SU USO EN LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA.



ANEXO 3. ENFERMEDADES FUNGOSAS EN EL MICROSCOPIO



A) *Cladosporium* sp. bajo el microscopio.



B) *Cladosporium* sp. bajo el microscopio.