

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Efecto de la Aplicación de Extracto de Fermento de Sargazo en el Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L.) Con Dos Concentraciones de Solución Nutritiva.

Por:

**FREDY LANDAVERDE ESPINOLA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 2022.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Efecto de la Aplicación de Extracto de Fermento de Sargazo en el Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L.) Con Dos Concentraciones de Solución Nutritiva.

Por:

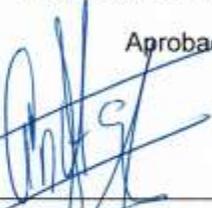
**FREDY LANDAVERDE ESPINOLA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Antonio González Fuentes  
Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
MC. Rosa Maria Paredes Camacho  
Asesor Principal Externo

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Norma Angélica Ruiz Torres  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Jerónimo Landeros Flores  
Coordinador Interino de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 2022

### **Declaración de no plagio**

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo es original.

Pasante



Fredy Landaverde Espinola

## **AGRADEIMIENTOS**

**A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por brindarme un espacio y un hogar para mi formación como profesionista, así también agradezco a los profesores que formaron parte de mi formación profesional.

A mi consejo particular por sus sugerencias, para enriquecer este trabajo.

**Al Dr. José Antonio González Fuentes**, por dirigirme este proyecto aportando sus habilidades y conocimientos aportados durante mi formación profesional, por su confianza y amistad.

**A la M.C. Rosa Maria Paredes Camacho**, por darme su conocimiento, tiempo, atención, paciencia y por guiarme paso a paso durante todo el proyecto desde el inicio hasta el final,

**A la Dra. Norma Angélica Ruiz Torres**, por sus sugerencias para poder realizar un mejor trabajo, gracias por sus conocimientos aportados durante mi formación profesional, por su apoyo y amistad.

**Al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar**, por sus sugerencias para concluir satisfactoriamente este trabajo y por sus conocimientos aportados para mi formación profesional.

Gracias a todos y cada uno de los que contribuyeron de alguna manera con este trabajo.

### **A Dios**

Gracias por permitirme llegar a cumplir una meta más en mi vida por mantenerme de pie, muy motivado y siempre darme esa fortaleza para seguir adelante.

### **A mis padres**

Estoy inmensamente agradecido con mi madre **Rosalina Espinola Tinajero** y mi padre **Elías Landaverde Mendieta** por todo su apoyo incondicional a pesar de los momentos difíciles siempre estuvieron ahí para apoyarme, motivarme, darme la mejor educación y guiarme por el buen camino.

### **A mis hermanos**

Muy agradecido con **Alma Delia Espinola, Maria de Jesús Landaverde, Cristian Landaverde** por siempre darme su apoyo y buenos consejos, así como también **Reymundo Landaverde, Ricardo Landaverde** y **Santiago Landaverde** por su gran aprecio.

### **A mi esposa**

Agradezco a mi esposa por su esfuerzo y dedicación que me ha dado en el transcurso de mi formación profesional además de todos los momentos compartidos, por ser la persona que me vuelve con más firmeza y más visión.

### **A mis cuñados**

A **Roma** y **Alejandro** por su apoyo cuando más lo necesite, así como también a mi suegra **Luisa** por su ayuda y apoyo en todo momento.

### **A Mis abuelos**

**Ernesta Tinajero, Petronilo Espinola (†), Imelda Mendieta, Ismael Landaverde** que formaron parte de mi disciplina como persona.

### **A mis tíos**

A **Ubaldo Landaverde Mendieta** y **Araceli Espínola Tinajero** por su convivencia muy cercana, consejos y enseñanzas.

### **A mis compañeros de cuarto**

A **Miguel Quevedo, Eliud Rivera, Arturo Hernández, Aldo Rey** por su hermandad y la buena convivencia.

### **A mis amigos de la Universidad**

A **Cesar García, Iván García, Marcelino García, Fernando Blanco, Orlando Alvarado, Gilberto Morales** y **Francisco Javier Morales** por su amistad y ayuda en diferentes aspectos o actividades realizadas en la Universidad.

## Dedicatorias

Con cariño y amor a...

Mis padres **Rosalina Espinola Tinajero** y **Elías Landaverde Mendieta** por haber formado una persona de bien con valores brindándome su amor, su cariño, su cuidado, son un gran ejemplo a seguir y fuente de inspiración.

A mis hermanas **Alma Delia Espinola**, **Maria de Jesús Landaverde**, **Cristian Landaverde** por siempre estar pendientes de mi persona, **Reymundo Landaverde**, **Ricardo Landaverde**, **Santiago Landaverde** por formar parte de mi vida.

A mi esposa por estar siempre a mi lado apoyándome a pesar de los obstáculos y los momentos difíciles, también a mis hijos **Eitan Santiago** y **Eidan Emiliano** por ser mi motivación y ser la razón para seguir adelante.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
ÍNDICE DE CUADROS .....	vii
RESUMEN .....	1
I. INTRODUCCIÓN .....	2
II. JUSTIFICACIÓN .....	4
III. OBJETIVOS .....	5
OBJETIVO GENERAL .....	5
OBJETIVOS PARTICULARES .....	5
IV. HIPOTESIS.....	6
V. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
2.1. Origen, distribución y taxonomía del pepino .....	7
2.2. Taxonomía y morfología del pepino .....	7
2.3. Requerimientos para el crecimiento del pepino .....	10
2.4. Importancia del cultivo .....	10
2.5. Composición química de los frutos de pepino.....	11
2.6. Usos del pepino .....	11
2.7. Fertilización química .....	11
2.8. Uso eficiente de los nutrientes .....	11
2.9. Bioestimulantes.....	12
2.9.1. Extractos de algas .....	13
2.10. Metabolitos.....	14
2.10.1. Fenoles .....	14
2.11. Antioxidantes.....	15
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
6.1. Ubicación del experimento .....	17
6.2. Material vegetal.....	17
6.3. Germinación de semillas.....	17
6.4. Establecimiento del experimento .....	17
6.4.1. Preparación del sustrato y llenado de macetas .....	17
6.4.2. Trasplante.....	17
6.5. Diseño experimental y tratamientos .....	18
6.5.1. Extracto de fermento de sargazo .....	18

6.5.2. Solución nutritiva.....	18
6.6. Registro de datos y variables de estudio .....	19
6.6.1. Variables agronómicas .....	19
6.6.2. pH y conductividad en fruto .....	20
6.6.3 Firmeza en fruto.....	20
6.7. Variables bioquímicas .....	20
6.7.1 Clorofilas en hoja .....	20
6.7.2. Grados brix en fruto .....	21
6.7.3. Preparación de los extractos .....	21
6.8. Análisis estadístico.....	23
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	24
7.1. Variables agronómicas.....	24
7.1.1. Número de frutos .....	28
7.1.2. Rendimiento por planta.....	31
7.1.3. Rendimiento por hectárea.....	35
7.1.4 Firmeza.....	38
7.3. Variables bioquímicas .....	41
7.3.1. Clorofila a.....	41
7.3.2. Clorofila b.....	43
7.3.3. Clorofila total.....	45
7.3.4. Conductividad eléctrica.....	46
7.3.5. pH .....	48
7.3.6. Sólidos solubles totales .....	50
7.3.7 Vitamina C .....	52
7.3.8. Flavonoides .....	55
7.3.9. Fenoles .....	59
7.3.10. Capacidad antioxidante total (DPPH) .....	63
7.3.11. Capacidad antioxidante total (ABTS).....	66
VIII. CONCLUSIONES .....	70
IX. LITERATURA CITADA.....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Número de frutos por planta de pepino, tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización. ....	29
<b>Figura 3.</b> Rendimiento por hectárea de frutos de pepino de plantas tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización. ....	36
<b>Figura 4.</b> Firmeza de frutos de pepino de plantas tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización. ....	39
<b>Figura 5.</b> Clorofila a de hojas de plantas de pepino tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización. ....	42
<b>Figura 6.</b> Clorofila b de hojas de plantas de pepino tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización. ....	44
<b>Figura 7.</b> Clorofila total de hojas de plantas de pepino tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización. ....	46
<b>Figura 8.</b> Conductividad eléctrica de frutos de pepino de plantas tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización. ....	47
<b>Figura 9.</b> pH de frutos de pepino de plantas tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización. ....	49
<b>Figura 10.</b> Solidos solubles en frutos de plantas de pepino tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización. ....	51
<b>Figura 11.</b> Vitamina C en frutos de plantas de pepino tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización. ....	54
<b>Figura 12.</b> Contenido de flavonoides en frutos de plantas de pepino tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización. ....	57
<b>Figura 13.</b> Contenido de compuesto fenólicos de frutos de plantas de pepino tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización. ....	61
<b>Figura 14.</b> Actividad antioxidante de frutos de plantas de pepino tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización, por la técnica de DPPH. ....	64
<b>Figura 15.</b> Actividad antioxidante de frutos de plantas de pepino tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización, por la técnica de ABTS. ....	68

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Tratamientos y su aplicación en el cultivo de pepino ( <i>Cucumis sativus</i> ). .....	18
<b>Cuadro 2.</b> Variables agronómicas en planta y en fruto de pepino al aplicar diferentes tratamientos. ....	24

## RESUMEN

El alto costo de los fertilizantes químicos y su impacto negativo en el ambiente obliga a los productores a buscar productos que reduzca los costos de producción y no afecten al medio ambiente. El cultivo de pepino es de los principales cultivos hortícolas y durante su ciclo de cultivo requiere de fertilización constante. Con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de extracto de fermento de sargazo y dos concentraciones de solución nutritiva en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero y se empleó un diseño completamente al azar con 22 tratamientos y 5 repeticiones. Los tratamientos consistieron en diferentes dosis de extracto de fermento de *Sargassum* spp., aplicadas vía drench y vía foliar, con solución nutritiva al 50% y 100%. Las variables evaluadas fueron: número de frutos, longitud de fruto, diámetro de fruto, altura de la planta, diámetro del tallo, biomasa, rendimiento por planta, clorofila a, b y total, además se evaluó en fruto firmeza, pH, conductividad eléctrica, sólidos solubles, vitamina C, flavonoides, fenoles y actividad antioxidante. La aplicación de extracto de fermento no mostro diferencias significativas con respecto al testigo, en la altura de la planta, diámetro del tallo, biomasa, longitud del fruto y diámetro del fruto, sin embargo, el extracto de fermento evito que el rendimiento se viera afectado cuando se aplicó solución al 50%. La dosis de 16 ml/L vía foliar donde se aplicó solución al 100%, mejoro la calidad nutracéutica del fruto. La aplicación arriba de 2 ml/L de extracto mejoro las características nutracéuticas de los frutos, donde se aplicó solución al 50%. Se concluye que se puede reducir la fertilización al 50% al aplicar extracto de fermento de sargazo sin tener efectos negativos en el rendimiento y en la calidad nutracéutica del fruto.

**Palabras clave:** *Cucumis Sativus* L., extracto de fermento, *Sargassum* spp., solución nutritiva y calidad nutracéutica.

## I. INTRODUCCIÓN

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una de las especies hortícolas perteneciente a la familia de las cucurbitáceas que más se cultiva en el mundo, principalmente para el consumo de sus frutos en fresco o en embutidos (Barraza, 2015; Ahmed *et al.*, 2020). El pepino está ubicado como la cuarta hortaliza más importante del mundo, ya que aparte de su consumo en fresco, se utiliza a nivel industrial para su uso en la industria cosmetológica y farmacéutica en la fabricación de productos que aprovechen sus propiedades antioxidantes (Barraza, 2015). Sin embargo, el desarrollo óptimo del cultivo de pepino necesita aplicaciones frecuentes de fertilizantes, debido a que esto aumenta los rendimientos, pero también eleva los costos de producción y contribuye a la contaminación del suelo, asimismo, el uso indiscriminado de fertilizantes puede provocar riesgos de salinización en el sustrato o suelo donde se desarrolla la planta (González *et al.*, 2018).

Por otra parte, la agricultura moderna se enfrenta a un gran desafío, debido a las presiones ambientales provocadas por el calentamiento global y por el incremento en los precios de los fertilizantes. Además de que las necesidades nutricionales en los siguientes años serán mayores a las actuales, sin embargo, hay una reducción considerable de tierras cultivables y un aumento en la degradación de suelos cultivables, por lo que ahora para contrarrestar los efectos mencionados, la agricultura debe considerar enfoques novedosos, en establecer sistemas agrícolas sostenibles, funcionales y eficaces (El Mehdi *et al.*, 2020).

Al mismo tiempo las hortalizas son cultivos susceptibles a las condiciones ambientales adversas, la producción en condiciones de agricultura protegida requiere mejorar los ciclos y calidad de producción, pues aún en estas condiciones se ven afectados por estrés biótico y abiótico, además como ya se mencionó requieren un alto contenido de nutrientes para lograr su desarrollo satisfactorio y en la búsqueda de incrementar la producción, se usan mezclas de diferentes fertilizantes y en grandes cantidades, pero pocas veces tienen en cuenta la eficiencia de los nutrientes (Barraza *et al.*, 2019), motivo por el cual la utilización de los bioestimulantes en la agricultura es cada vez más frecuente por la demanda nutricional de los cultivos y debido a que un bioestimulante al aplicarlos a la planta, se ha demostrado que ayudan a mejorar la eficiencia nutricional, igualmente ayuda a tolerar el estrés biótico y abiótico y estos al ser de origen orgánico no dañan el medio ambiente (Du Jardín, 2015; Ahmed *et al.*, 2020).

Se ha reportado en la literatura diferentes efectos positivos de los extractos de algas como bioestimulantes en las plantas, por cual el objetivo de esta investigación fue evaluar el extracto de fermentado de sargazo como bioestimulante en la fertilización química de pepino

## II. JUSTIFICACIÓN

Los fertilizantes químicos han contribuido al rendimiento de los cultivos, produciendo un aumento en la producción de alimentos, sin embargo, el uso indiscriminado de estos ha provocado impactos negativos en el medio ambiente, además de que el precio de estos ha ido en aumento en los últimos años, lo cual no resulta redituable para los productores, debido a esto muchas veces la producción hortícola se ve afectada, por lo que actualmente en la agricultura existe una tendencia a encontrar productos orgánicos que garanticen el rendimiento de los cultivos, pero también que se reduzca el uso de productos químicos y a su vez reducir los costos de producción, por lo tanto los bioestimulantes han tomado gran importancia en los últimos años y su uso en la agricultura se ha vuelto relevante, ya que ayudan a resolver gran parte de los problemas a las que se enfrenta la agricultura en la actualidad, al ser productos redituables y que están en sintonía con el medio ambiente. Así mismo, el uso de productos a base de algas marinas en la agricultura ha mostrado buenos resultados y en muchos casos dicho productos son de bajo costo, por su parte los extractos vegetales o de algas son de los productos más utilizados como bioestimulante, por la gran cantidad de compuestos bioactivos que contienen y el bajo costo de estos, en comparación con otros que resultan menos accesibles. También el cultivo de pepino es uno de los principales cultivos hortícolas, sin embargo, su producción requiere de constante fertilización, lo que eleva los costos. Debido a todo lo anterior se realizó esta investigación, ya que no existen trabajos donde se haya usado este tipo de extracto en el cultivo de pepino para reducir la fertilización química, además de que son pocos trabajos que comparen la vía de aplicación de productos a las plantas.

### **III. OBJETIVOS**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de la aplicación de extracto de fermento de sargazo, con dos concentraciones de solución nutritiva en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.).

#### **OBJETIVOS PARTICULARES**

Evaluar el efecto de la aplicación de extracto de fermento de sargazo vía drench y foliar sobre las variables agronómicas del cultivo de pepino, con dos concentraciones de fertilización química en el cultivo.

Evaluar el efecto de la aplicación de extracto de fermento de sargazo vía drench y foliar sobre la calidad nutracéutica del fruto de pepino, con dos concentraciones de fertilización química en el cultivo.

#### **IV. HIPOTESIS**

La aplicación del extracto de fermento de sargazo vía drench y foliar con una concentración del 100% de solución nutritiva, no afectará el rendimiento del cultivo de pepino, ni la calidad nutracéutica del fruto de pepino.

## V. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Origen, distribución y taxonomía del pepino

El cultivo del pepino data de hace 3000-4000 años en la India, algunos autores señalan que el origen es África tropical, sin embargo, la mayoría de los trabajos sitúan su origen en las regiones tropicales del sur de Asia. El cultivo de pepino se extendió de la India a Grecia y de ahí a Roma, y posteriormente se introdujo en China. El cultivo fue introducido por los Romanos a otras partes de Europa. Existen registros del cultivo de pepino en Norte América desde mediados del siglo XVI y se cree que fue Cristóbal Colón durante la colonización de América, quien introdujo semillas de pepino y de ahí se extendió en el continente americano. El primer híbrido apareció en 1872 (Gálvez, 2004).

### 2.2. Taxonomía y morfología del pepino

La jerarquía taxonómica de *Cucumis sativus* L. es la siguiente (USDA-NRCS 2020)

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Violales

Familia: Cucurbitaceae

Género: *Cucumis* L.

Especie: *Cucumis sativus* L.

### **2.2.1. Descripción Botánica**

El pepino es una planta herbácea de ciclo anual, su hábitat de desarrollo puede ser rastrero o trepador y su crecimiento determinado o indeterminado. En estado adulto la planta puede ser muy frondosa debido a las hojas de gran tamaño.

**Raíz.** El pepino presenta una raíz principal bien desarrollada, con ramificaciones que forman raíces secundarias superficiales, muy finas y abundantes, alargadas y de color blanco. La raíz principal puede alcanzar hasta 1.1m de profundidad, el pepino también puede formar raíces adventicias por encima del tallo de la planta y puede desarrollar raíces en el agua, según sea el sistema en el que se produce. Las funciones principales son proporcionar el anclaje de la planta al suelo, absorción de agua y nutrientes (Gálvez, 2001; Mejías *et al.*, 2015).

**Tallo** presenta un tallo principal de porte herbáceo, rastrero o trepador con tricomas, tallo es de color verde y con tricomas o pubescencias, de crecimiento intermedio. La planta joven tiene tallo erecto, pero durante su desarrollo va perdiendo rigidez debido al peso, tiene forma cilíndrica y durante su desarrollo adopta una forma cuadrangular. El tallo tiene nudos y entre cada nudo parte una hoja y un zarcillo en el lado opuesto de la misma. El número de nudos puede variar según la variedad, condiciones climáticas y del cultivo. En la axila de cada hoja se emite un brote lateral y una o varias flores. En el tallo puede formar raíces adventicias (Marmol, 2011; Zamudio *et al.*, 2014).

**Hojas** con peciolo largo y hendido, grandes, acorazonadas, simples con tricomas, alternas, pero opuestas por los zarcillos, con limbo lobulado, divididas en 3-4 lóbulos

más o menos pronunciados, el central es más puntiagudo en algunas ocasiones no se aprecian y esto depende de la variedad. Márgenes dentados recubiertos con tricomas, nervaduras pronunciadas en el envés. Las hojas jóvenes son de color verde claro y las más viejas son más oscuras y quebradizas (Marmol, 2011; Reche, 2001).

Flores la planta tiene flores masculinas y femeninas, es decir flores unisexuales, en las axilas de las hojas nacen flores gamopétalas. Las flores femeninas poseen un ovario ínfero el cual se aprecia notablemente por un diminuto pepino estar cubierto de vellosidad y que se desarrolla antes de la floración, las flores femeninas son solitarias y las masculinas nacen en grupo. Inicialmente se forman las flores masculinas y posteriormente las femeninas, las flores son de color amarillo y con un pedúnculo corto, delgado, veloso (López, 2003).

Fruto, es una pepónide de forma cilíndrica, oblonga, globulosa y alargada, la forma y el tamaño son variables, de color verde claro en frutos jóvenes y una vez que llegan a su madurez comercial son de color verde oscuro y amarillento en su madurez fisiológica, en el interior se encuentran semillas y la carnosidad es siempre de color blanca y acuosa, los frutos pueden alcanzar de 5 a 40 cm de largo. Con frecuencia y sobre todo en el estado jóvenes tienen a lo largo de su superficie espinas o verrugas, estas características la presenta algunas variedades mientras que otras no (Valdez, 1994).

Las semillas son alargadas, ovales, aplanadas, de color amarillento y miden de 8 a 10 mm (Valdez, 1994).

### **2.3. Requerimientos para el crecimiento del pepino**

El pepino se desarrolla en sustratos con pH entre 5.5-6.5 y una conductividad eléctrica entre 1.5 y 3 dS m<sup>-1</sup>. Las temperaturas óptimas para el desarrollo del pepino es de 27° en la etapa de germinación, durante el ciclo de la planta las temperaturas deben variar entre 19-21 °C. durante el día, y en la noche deben oscilar entre 16- 19 °C. La humedad debe ser relativamente baja, debido a que una humedad alta puede provocar enfermedades. Por otra parte, el pepino es una planta que crece, florece y fructifica con normalidad en periodos de días cortos con un aproximado a 12 horas luz. El pepino se adapta a cualquier tipo de sustrato, sin embargo, se ha observado que los suelos arcillo-arenosos a francos bien drenados favorecen su desarrollo y rendimiento, no tolera la salinidad (SAGARPA, 2018). En cuanto a la nutrición varía dependiendo del tipo de suelo, el agua a utilizar y la variedad utilizada. El pepino se cultiva en sistemas tradicionales en campo abierto y bajo condiciones protegidas con malla sombra o invernadero (Diaz *et al.*, 2018).

### **2.4. Importancia del cultivo**

El pepino es un producto con alta demanda mundial, siendo china el principal productor, México ocupa el séptimo lugar a nivel mundial en la producción de pepino. En México se siembra alrededor de 20 mil hectáreas y se cosechan alrededor de 956 mil toneladas, dentro de los principales estados productores esta Sinaloa, Sonora y Michoacán, dicho producto es exportado principalmente a Estados Unidos, siendo así México su mayor proveedor de pepino (SAGARPA, 2018).

## **2.5. Composición química de los frutos de pepino**

Los cultivares de pepino se dividen de acuerdo con la forma de consumo, ya que se consumen en fresco y en encurtidos o conservación. Se ha reportado que sus frutos son una buena fuente de minerales como calcio (14 mg), potasio (148 mg), hierro (0.16 mg), fósforo (21 mg) y magnesio, también se ha reportado que contiene vitamina B1, vitamina B2, vitamina B3 y vitamina C, carbohidratos (2.50 g), grasas (0.16 g), proteínas (0.57 g), fibra (0.7 g), cenizas (0.28 g), Tiamina (0.021 mg), riboflavina (0.011 mg), niacina (0.104 mg) y ácido ascórbico (2.8 mg), por otra parte, se menciona que el pepino contiene hasta 96.7% de agua ( USDA, 2012; Barraza 2015; Chacón y Monge, 2020).

## **2.6. Usos del pepino**

El pepino es usado principalmente en fresco como parte de ensaladas y algunas variedades se utilizan como encurtidos. De sus semillas pueden extraerse hasta el 42% de aceite comestible.

## **2.7. Fertilización química**

La principal meta del uso de fertilizantes químicos ha sido y sigue siendo incrementar la productividad en los cultivos, sin embargo, la producción no depende solo de la fertilidad del suelo, sino de la interacción.

## **2.8. Uso eficiente de los nutrientes**

El uso eficiente de los nutrientes o de los fertilizantes describen que también las plantas o un sistema de producción usan los nutrientes. La eficiencia se puede observar a corto o largo plazo y puede cuantificarse en base al rendimiento, recuperación o remoción. La eficiencia en el uso de los nutrientes se basa en la correcta aplicación de los fertilizantes, es decir dosis y fuente correcta, en el

momento correcto y en el lugar correcto. La eficiencia del uso de los nutrientes es de importancia a nivel productivo, económico y ambiental, debido a que un incremento en la eficiencia de la fertilización favorece la rentabilidad y hace sostenible el sistema de producción, pues esto disminuye el impacto ambiental (Bruulsema *et al.*, 2008; Ciampitti y García, 2008).

Las investigaciones sobre el uso eficiente de los nutrientes no son recientes, sin embargo, pocas veces se tienen en cuenta la eficiencia del uso de los nutrientes por la planta, lo cual se puede cuantificar en base a la biomasa total producida por la planta por unidad del nutriente absorbido. Además, en los últimos años este tema ha tomado interés por el costo de los fertilizantes y el impacto ambiental que estos generan.

## **2.9. Bioestimulantes**

La definición de que es un bioestimulante a la fecha sigue siendo tema de controversia, sin embargo, existen algunas definiciones más aceptadas que otras. Los bioestimulantes son cualquier sustancia natural o microorganismo que al aplicarlos a las plantas son capaces de modificar procesos fisiológicos en las plantas que mejoran la productividad de estas, además de mejorar la eficiencia nutricional, ayudan a tolerar el estrés biótico y abiótico, los cuales se aplican con el objetivo de lograr un rendimiento de alta calidad, sin dañar el medio ambiente (Du Jardín, 2015; Yakhin *et al.*, 2017; Ahmed *et al.*, 2020).

Du Jardín 2015 propuso una clasificación de tipo de bioestimulantes, la cual ha sido muy aceptada entre la comunidad científica, la cual se describe a -continuación:

- Ácidos húmicos y fúlvicos

- Hidrolizados de proteínas y otros compuestos que contienen N
- Extractos botánicos y de algas
- Quitosano y otros biopolímeros
- Compuestos inorgánicos
- Hongos benéficos
- Bacterias benéficas

### **2.9.1. Extractos de algas**

Los extractos naturales se originan a partir del tratamiento de materias primas vegetales o residuos agroindustriales, por procesos químicos, físicos o enzimáticos, por lo cual el producto final contiene una gran cantidad de compuestos bioactivos, que al aplicarlos a las plantas pueden beneficiar a la planta a lo largo de su desarrollo vegetal (El Mehdi *et al.*, 2020).

Los extractos de algas marinas se encuentran dentro de los bioestimulantes más utilizados. El uso de extractos de algas marinas como bioestimulante es muy antiguo dentro de las prácticas agrícolas, ya que se ha utilizado desde inicios del fitomejoramiento. La composición bioquímica de los extractos de algas es compleja, son embargo se ha reportado que son ricos en una variedad de compuestos bioactivos como aminoácidos, minerales, antioxidantes, polisacáridos, entre otros (Du Jardin, 2015; Yakhin *et al.*, 2017 El Mehdi *et al.*, 2020). Las algas han sido utilizadas como biofertilizantes debido a que comparten compuestos biológicos con las plantas, por lo cual coloca a los extractos de algas marinas como uno de los principales bioestimulantes para las plantas, pues facilita muchos procesos de las

plantas, principalmente para hacer sostenible a la agricultura orgánica (Craigie, 2001; Hassan *et al.*, 2021).

## **2.10. Metabolitos**

Existen dos tipos de metabolitos los primarios y los secundarios. Los metabolitos primarios son compuestos indispensables para el desarrollo fisiológico de la planta, se encuentran en grandes cantidades, son de fácil extracción y su explotación es relativamente barata y conducen a la síntesis de los metabolitos secundarios. Dentro de los cuales podemos encontrar los aminoácidos proteicos, proteínas, carbohidratos, lípidos, entre otros (Salisbury y Ross, 1994).

Los metabolitos secundarios son aquellos compuestos orgánicos sintetizados por la planta que no tienen una función directa en el crecimiento o reproducción de ella misma. El metabolismo secundario se define como la biosíntesis, transformación y degradación de compuestos de distribución restringida en grupos taxonómicos con un papel importante en la interacción del organismo con su ambiente, asegurando su sobrevivencia con el ecosistema (Piñol y Palazón, 1993).

Actualmente se conocen miles de metabolitos secundarios o tal vez millones, pero es importante recalcar que aún se siguen biosintetizando más, gracias a las interacciones bióticas, dentro y entre especies, además de que continua la evolución de los organismos (Anaya, 2003).

### **2.10.1. Fenoles**

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios y son unos de los grupos fitoquímicos más abundantes en el reino vegetal. Muchos de ellos, son de gran importancia fisiológica y ecológica, para las plantas que los producen. Los fenoles

poseen un anillo bencénico con uno o más grupos hidroxilo, libres o sustituidos. La biosíntesis del anillo bencénico es uno de los procesos fundamentales de la biología de importancia fisiológica, genética, fitoquímica y ecológica para la planta (Orozco *et al.*, 2002). Además, los compuestos fenólicos comprenden una amplia variedad de moléculas con estructura polifenólica, pero también con moléculas con un anillo fenólico, como ácidos y alcoholes fenólicos (Abu-Reidah *et al.*, 2011).

Dentro de los compuestos fenólicos podemos encontrar a los diterpenos, triterpenos, derivados de policetidos, también derivados del ácido shiquimico y flavonoides (Orozco *et al.*, 2002).

### **2.11. Antioxidantes**

Los antioxidantes se pueden definir como cualquier molécula capaz de prevenir o retardar la oxidación (pérdida de uno o más electrones) de otras moléculas. Los antioxidantes pueden actuar a nivel intracelular y otros a nivel de membrana, siempre en conjunto para evitar la degradación de proteínas, ADN, RNA y oxidación celular (Orozco *et al.*, 2002; González, 2013). Una sustancia o compuesto tiene propiedades antioxidantes cuando es capaz de neutralizar la acción oxidante de la molécula inestable de un radical libre sin perder su propia estabilidad electroquímica. El antioxidante al reaccionar con el radical libre le cede un electrón oxidándose a su vez y transformándose en un radical libre débil, con escasos o nulos efectos (Azcón-Bieto y Talón, 1993).

Los antioxidantes tienen diferentes mecanismos de acción; unos impiden la formación de los radicales libres y compuestos reactivos, otros inhiben la acción de los radicales libres y otros favorecen la reparación y la reconstitución de las

estructuras biológicas dañadas. Cada antioxidante posee una afinidad hacia un determinado radical libre o hacia varios, puede actuar a diferentes procesos de la secuencia oxidativa y tener más de un mecanismo de acción (Azcón-Bieto y Talón, 1993). En la naturaleza existen muchos compuestos con actividad antioxidante, además el incremento en la concentración de compuestos con propiedades antioxidantes en los cultivos hortícolas es una práctica agronómica que recientemente ha tomado importancia ya que el consumo de productos con compuestos antioxidantes se relaciona con la prevención y reducción de enfermedades crónico-degenerativas (Diaz *et al.*, 2018).

## **VI. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1. Ubicación del experimento**

El experimento se realizó en el ciclo de primavera-verano del 2020 de en un invernadero tipo cenital, sin control de temperatura y humedad, ubicado en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo Coahuila, México, con coordenadas 25°21'23.55" N, 101°25'16" O y 1763 msnm.

### **6.2. Material vegetal**

El material vegetal que se utilizó fue semillas de pepino (*Cucumis sativus*) del híbrido variedad Centauro F1 de crecimiento indeterminado y es de fácil adaptación a diferentes condiciones de cultivo.

### **6.3. Germinación de semillas**

Las semillas fueron germinadas en charolas de 200 cavidades, se colocó una semilla por cavidad y se mantuvo las charolas a una temperatura promedio de 26 °C y humedad cercana a la capacidad de campo.

### **6.4. Establecimiento del experimento**

#### **6.4.1. Preparación del sustrato y llenado de macetas**

Se utilizó una mezcla de peat moss + pelita en una relación 3:2, a dicha mezcla se le ajustó el pH (5.5) y conductividad (2 dS m<sup>-1</sup>) la humedad se dejó cercana a capacidad de campo. La mezcla fue colocada en bolsas negras de polietileno con capacidad de 10 litros.

#### **6.4.2. Trasplante**

A los 15 días de la emergencia, las plántulas de pepino fueron colocadas en las bolsas con sustrato previamente preparado, con una planta por bolsa.

Durante el ciclo del cultivo se mantuvo la humedad de las plantas cercana a la capacidad de campo.

### 6.5. Diseño experimental y tratamientos

Se estableció un diseño experimental completamente al azar con 22 tratamientos y 5 repeticiones por tratamiento (Cuadro 1).

#### 6.5.1. Extracto de fermento de sargazo

El extracto de fermento de sargazo fue proporcionado por el laboratorio de fermentaciones del Departamento de Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, el cual se obtuvo de un proyecto de investigación de doctorado.

#### 6.5.2. Solución nutritiva

La nutrición de las plantas se realizó con base a la solución nutritiva de Hoagland (Hoagland y Arnon 1938) en dos concentraciones (100% y 50%), esta fue aplicada diariamente una vez al día en el riego, manteniendo la humedad del sustrato cercana a la capacidad de contenedor y de acuerdo con los requerimientos de la planta en cada etapa fenológica.

**Cuadro 1.** Tratamientos y su aplicación en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*).

Tratamientos	Dosis extracto (mL/L)	Vía de aplicación del extracto	Concentración de solución nutritiva (%)
T1	0	0	100
T2	1	Drench	
T3	2		
T4	4		
T5	8		
T6	16		

<b>T7</b>	1	Foliar	50
<b>T8</b>	2		
<b>T9</b>	4		
<b>T10</b>	8		
<b>T11</b>	16		
<b>T12</b>	0	0	
<b>T13</b>	1	Drench	
<b>T14</b>	2		
<b>T15</b>	4		
<b>T16</b>	8		
<b>T17</b>	16		
<b>T18</b>	1	Foliar	
<b>T19</b>	2		
<b>T20</b>	4		
<b>T21</b>	8		
<b>T22</b>	16		

## 6.6. Registro de datos y variables de estudio

### 6.6.1. Variables agronómicas

Durante el ciclo de cultivo se midió el diámetro polar (D.P.) y ecuatorial (D.E.) del fruto, también se registró el peso fresco de los frutos por planta y número de frutos por planta.

Al final del ciclo de cultivo, el cual se estableció en mayo y finalizó a inicios de julio de 2020, se registró la altura de la planta desde la base hasta el ápice del tallo principal, el diámetro del tallo (DT) fue tomado en la base del tallo. Posteriormente las plantas se colocaron en bolsas de papel y se metieron a una estufa de secado a 80°C, hasta obtener peso constante y se registró el peso de la biomasa seca. También al final se calculó el rendimiento total por planta, al igual que se determinó

rendimiento por hectárea, extrapolando de acuerdo con la densidad de población de plantas usada en este experimento que fue de 20000 plantas/Ha.

### **6.6.2. pH y conductividad en fruto**

Los frutos fueron macerados hasta obtener líquido al cual se le midió el pH y la conductividad con la ayuda de un potenciómetro.

### **6.6.3 Firmeza en fruto**

La firmeza fue medida también durante el cultivo con la ayuda de un penetrómetro marca EXTECH® FTH200.

## **6.7. Variables bioquímicas**

### **6.7.1 Clorofilas en hoja**

Para la cuantificación de la clorofila se siguió la metodología descrita por Arnon (1949), con algunas modificaciones. Al finalizar el cultivo se tomaron muestras frescas de hojas jóvenes, donde se tomó la quinta hoja de cada planta y se colocaron en agua destilada para evitar su deshidratación, posteriormente se pesó 0.05 g de hoja fresca y se maceró con 10 mL de etanol al 80% en un mortero de porcelana, hasta obtener una muestra homogénea, enseguida se colocó en tubos con capacidad de 15 mL, para centrifugar a 2500 rpm por 5 min. Se tomó muestras del sobrenadante y se leyó la absorbancia a 645 y 663 nm, la concentración de clorofila se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Clorofila a} = (12.7 \times A_{663}) - (2.69 \times A_{645})$$

$$\text{Clorofila b} = (22.9 \times A_{645}) - (4.68 \times A_{663})$$

$$\text{Clorofila total} = \text{Clorofila a} + \text{Clorofila b}$$

### **6.7.2. Grados brix en fruto**

Los sólidos solubles totales se midieron con la ayuda de un refractómetro marca ATAGO® (Poket refractometer PAL-1), donde se tomó una muestra en fresco y se maceró hasta obtener líquido, el cual se colocó en el sensor del equipo.

### **6.7.3. Preparación de los extractos**

Se tomó 10 g de fruto en fresco, el cual fue macerado con 10 mL de agua destilada, hasta obtener una mezcla homogénea, posteriormente se filtró con papel filtro poro fino, dicho extracto se utilizó para la cuantificación de vitamina C.

Por otra parte, muestras de fruto de pepino de cada uno de los tratamientos fueron secados a 80°C, hasta obtener un peso constante. Se tomó 1 g de muestra seca por tratamiento con 5 repeticiones, la cual se colocó con 40 mL de agua destilada en un matraz Erlenmeyer con capacidad de 250 mL, y se puso a agitación por 20 min, a 150 rpm a temperatura ambiente, transcurrido el tiempo se filtró la mezcla con papel filtro poro fino y se obtuvo los extractos que fueron utilizados para la cuantificación de fenoles, flavonoides y antioxidantes.

#### **6.7.3.1. Vitamina C en fruto**

Para la cuantificación de vitamina C se utilizó el método descrito por Yen y Chen (1996), con algunas modificaciones, se tomaron alícuotas de 0.2 mL de extracto de pepino y se hizo reaccionar con el reactivo de 2, 6-diclorofenolindofenol (100µM), las muestras fueron leídas a 515 nm en un espectrofotómetro (Thermo Scientific UV-Vis Genesys). La concentración de vitamina C fue expresada como mg de ácido ascórbico por g de peso fresco (mg AA/100 g PF).

#### **6.7.3.2. Compuestos fenólicos en fruto**

Para la cuantificación de fenoles totales se utilizó el método de Folin-Ciocalteu® (Sigma-Aldrich, USA), descrito por Waterman y Mole (1994). Se tomaron alícuotas de 0.4 mL de extracto de pepino, los cuales se hicieron reaccionar con 0.15 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu y 0.5 mL de solución de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 20 %, finalmente se agregó 3.6 mL de agua y se incubó por 30 min, las muestras se leyeron a 760 nm en un espectrofotómetro (Thermo Scientific UV-Vis Genesys). La concentración de fenoles totales fue expresada como mg de ácido gálico (AG) por g de peso fresco (mg AG/g PS).

#### **6.7.3.3. Flavonoides en fruto**

La cuantificación de flavonoides se hizo mediante la técnica descrita por Chang *et al.* (2002), con algunas modificaciones. Se colocó 0.1 mL del extracto de pepino y se hizo reaccionar con 0.1 mL de AlCl<sub>3</sub> al 10% y 0.1 mL de CH<sub>3</sub>CO<sub>2</sub>K 1M, se incubó las muestras por 30 min y se leyó a 415 nm en un espectrofotómetro (Thermo Scientific UV-Vis Genesys). La concentración de flavonoides fue expresada como mg de quercetina (Q) por gr de peso seco (mg Q/100 g PS).

#### **6.7.3.4. Antioxidantes DPPH en fruto**

Para evaluar la actividad antioxidante se usó el método del radical libre descrito por Waterman y Mole (1994), que consiste en hacer reaccionar una cantidad conocida de DPPH® (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) (Sigma-Aldrich, USA) a una concentración de 100 µM. Se tomaron alícuotas de 0.1 mL del extracto de pepino, mismo que se hizo reaccionar con 3.9 mL de reactivo de DPPH, se incubó por 30 min y se leyó a 517 nm, en un espectrofotómetro (Thermo Scientific UV-Vis Genesys). Los resultados se expresaron como capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC).

#### **6.7.3.5. Antioxidantes ABTS en fruto**

La actividad antioxidante se midió por el método ABTS ([2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-ácido sulfónico)]) descrito por Re *et al.* (1999) y Kuskoski *et al.* (2004). Para la cuantificación se colocó 0.005 mL de extracto de pepino y se combinó con reactivo de ABTS, se incubaron las muestras por 7 min, y se leyó a 754 nm en un espectrofotómetro (Thermo Scientific UV-Vis Genesys). Los resultados se expresaron como capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC).

#### **6.8. Análisis estadístico**

Se realizó un análisis de varianza y prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) en el software estadístico Infostat 2019 y las gráficas se realizaron en el software SigmaPlot 12.3.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1. Variables agronómicas

El análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para las variables altura de la planta (A.T.) y diámetro del tallo (D.T.). Tampoco se observó diferencias significativas para las variables longitud del fruto (L.F.) y diámetro ecuatorial del fruto (D.F.). En la Cuadro 2 se observa el comportamiento de dichas variables, las cuales son algunas de las que se consideraron para determinar la calidad del fruto en el cultivo de pepino, en este caso en respuesta a la aplicación del extracto de fermento de sargazo, por dos vías de administración y con dos dosis de fertilización.

**Cuadro 2.** Variables agronómicas en planta y en fruto de pepino al aplicar diferentes tratamientos.

Tratamientos	Planta			Fruto	
	Altura (cm)	D.T. (mm)	Biomasa (g)	L.F. (cm)	D.F. (cm)
T1	274.40 a	0.72 a	65.92 a	22.40 a	4.04 a
T2	270.40 a	0.73 a	65.52 a	25.00 a	5.10 a
T3	274.00 a	0.72 a	65.26 a	23.68 a	4.87 a
T4	279.40 a	0.70 a	66.96 a	24.06 a	4.86 a
T5	276.80 a	0.74 a	60.90 a	23.46 a	4.90 a
T6	277.00 a	0.79 a	58.52 a	24.33 a	4.94 a
T7	277.40 a	0.72 a	64.92 a	23.76 a	4.96 a
T8	268.20 a	0.70 a	59.84 a	24.77 a	5.10 a
T9	269.60 a	0.72 a	64.52 a	23.07 a	4.80 a
T10	290.40 a	0.71 a	57.3 a	24.01 a	4.94 a
T11	284.80 a	0.72 a	72.68 a	24.10 a	4.94 a
T12	267.60 a	0.68 a	60.76 a	23.75 a	4.01 a
T13	263.80 a	0.64 a	64.54 a	25.36 a	5.22 a

<b>T14</b>	268.20 a	0.68 a	67.76 a	25.42 a	5.12 a
<b>T15</b>	259.20 a	0.70 a	68.16 a	25.38 a	5.12 a
<b>T16</b>	262.40 a	0.73 a	66.74 a	24.79 a	4.97 a
<b>T17</b>	258.60 a	0.76 a	67.58 a	24.86 a	5.04 a
<b>T18</b>	254.00 a	0.67 a	69.54 a	24.72 a	5.05 a
<b>T19</b>	255.60 a	0.72 a	59.76 a	24.20 a	4.99 a
<b>T20</b>	255.20 a	0.67 a	64.04 a	24.89 a	5.09 a
<b>T21</b>	263.60 a	0.70 a	69.8 a	24.85 a	4.99 a
<b>T22</b>	265.00 a	0.69 a	63.86 a	24.89 a	5.11 a

Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

Diaz *et al.* (2014) al aplicar vermicompost con arena, obtuvieron plantas con un tamaño promedio de 1.78-2.37 m de altura, al aplicar dosis bajas de dicha combinación obtuvieron mejores resultados en el cultivo de pepino, el promedio la altura de planta fue de 2.54-2.84 m de altura. A pesar de que en este trabajo no hubo diferencias significativas entre tratamientos, ni con el testigo, dichos valores son ligeramente superiores a los obtenidos por los autores antes mencionados. En cuanto a la biomasa (Cuadro 2), los resultados que ellos presentaron difieren con los obtenidos al aplicar extracto de fermento, debido a que ellos obtuvieron 171.7-725 g por planta de materia seca y el mayor contenido de biomasa lo obtuvieron al aplicar dosis bajas de vermicompost con arena, mientras los valores más bajos los obtuvieron al aplicar dosis más altas, por lo tanto, estos valores son superiores a los obtenidos en este experimento, donde la biomasa seca presentó un rango de 57.30-72.68 g. Lo anterior puede variar por las condiciones del cultivo, la variedad de la semilla, los tratamientos aplicados, la temporada del cultivo y el tiempo de cultivo.

Por otra parte, Farrag *et al.* (2015) reportaron que frutos de pepino con un diámetro de 3-4 cm, al aplicar extractos de algas, estos resultados son similares a los observados en este trabajo. Por su parte González *et al.* (2018), al aplicar QuitoMax en el cultivo de pepino obtuvieron resultados similares a los observados en este experimento, en cuanto diámetro del fruto, ellos obtuvieron un rango de 4.1-4.6 cm al aplicar diferentes dosis del producto, sin embargo, la longitud fue menor en comparación de la de los frutos evaluados en este experimento.

Santiago *et al.* (2016) al aplicar soluciones orgánicas como té de compost y té de vermicompost, obtuvieron frutos con tamaños de 19.6 y 19.5 cm de largo respectivamente, y un diámetro de 4.9 cm, mientras que los frutos del tratamiento testigo con solución Steiner tuvieron una mayor longitud (21.9 y 5.2 cm), lo cual se reflejó en el rendimiento por planta. La longitud del fruto obtenida en esta investigación fue ligeramente más alta, sin embargo, el diámetro fue similar.

Trejo *et al.* (2018) con la aplicación de algas marinas y compost en cultivo de pepino, obtuvieron frutos de 13-16 cm de longitud, en comparación con lo obtenido en este estudio, donde el promedio fue entre 24 y 25 cm de largo, sin embargo, el diámetro del fruto es similar. Hassan *et al.* (2021) reportaron que obtuvieron frutos de pepino de 13-15 cm de largo al aplicar un extracto de alga comercial en dos años diferentes, este promedio es ligeramente más bajo al reportado en este trabajo. Mientras que el diámetro de fruto tuvo un promedio de 3 cm, menor al obtenido en este trabajo, que el promedio estuvo entre 4 y 5 cm.

Calero *et al.* (2019) en un experimento con pepino al aplicar 200 mL/L de microorganismos y lixiviado de vermicompost, obtuvieron frutos de 20-21 cm de

longitud, mientras que el tratamiento control también fue similar. Por otra parte, al aplicar 100 mL/L de una combinación de ambas obtuvieron frutos de hasta 30 cm de longitud, es decir, la dosis alta no benefició la longitud de frutos. Los valores obtenidos en este experimento fueron similares a los observados donde se aplicaron 200 mL/L de macroorganismos y lixiviado.

Al respecto, Preciado *et al.* (2019) reportaron que, al aplicar diferentes concentraciones de ácido salicílico, observaron que la aplicación de 0.075 y 0.10 mM vía foliar favoreció la longitud del fruto, mientras que la aplicación de dosis por arriba de las mencionadas, no favorecieron de la misma manera, debido a que obtuvieron frutos más pequeños. La longitud promedio de los frutos en los diferentes tratamientos y el testigo fue de 19.2-23.3 cm, algunos de los valores obtenidos en esta investigación fueron similares, pero otros fueron un poco más largos, sin embargo, los diámetros de fruto (4.6-5.3 cm) son similares a dicho estudio.

Zamora *et al.* (2021) obtuvieron en la variable longitud del fruto valores de 19, 16.2, 19.4 y 17.8 cm, al aplicar 15, 20, 25 y 30 mL/L de extracto de algas (*Ulva* sp.) respectivamente, ellos observaron que la aplicación de la dosis alta de extracto no mejoró la longitud del fruto, incluso los frutos de las plantas testigo mostraron un tamaño ligeramente más grande en comparación al tratamiento donde se aplicó extracto. Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que al aplicar extracto de fermento de sargazo fueron ligeramente más largos a los antes mencionados, aunque a diferencia de dicho estudio, aquí no hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

Los resultados sugieren que el efecto de los tratamientos aplicados en tamaño de planta, fruto y biomasa no fueron diferentes debido a que el efecto en cultivos en sustrato a las dosis aplicadas pudo tener efectos inhibitorios en el caso donde se aplicó los tratamientos con solución nutritiva al 100%. En cuanto al tamaño la aplicación de los tratamientos pudo estar directamente relacionada con la alteración de la fuente y demanda y translocación de fotosintatos hacia los frutos, por lo cual los tratamientos no tuvieron un efecto positivo en el tamaño de estos.

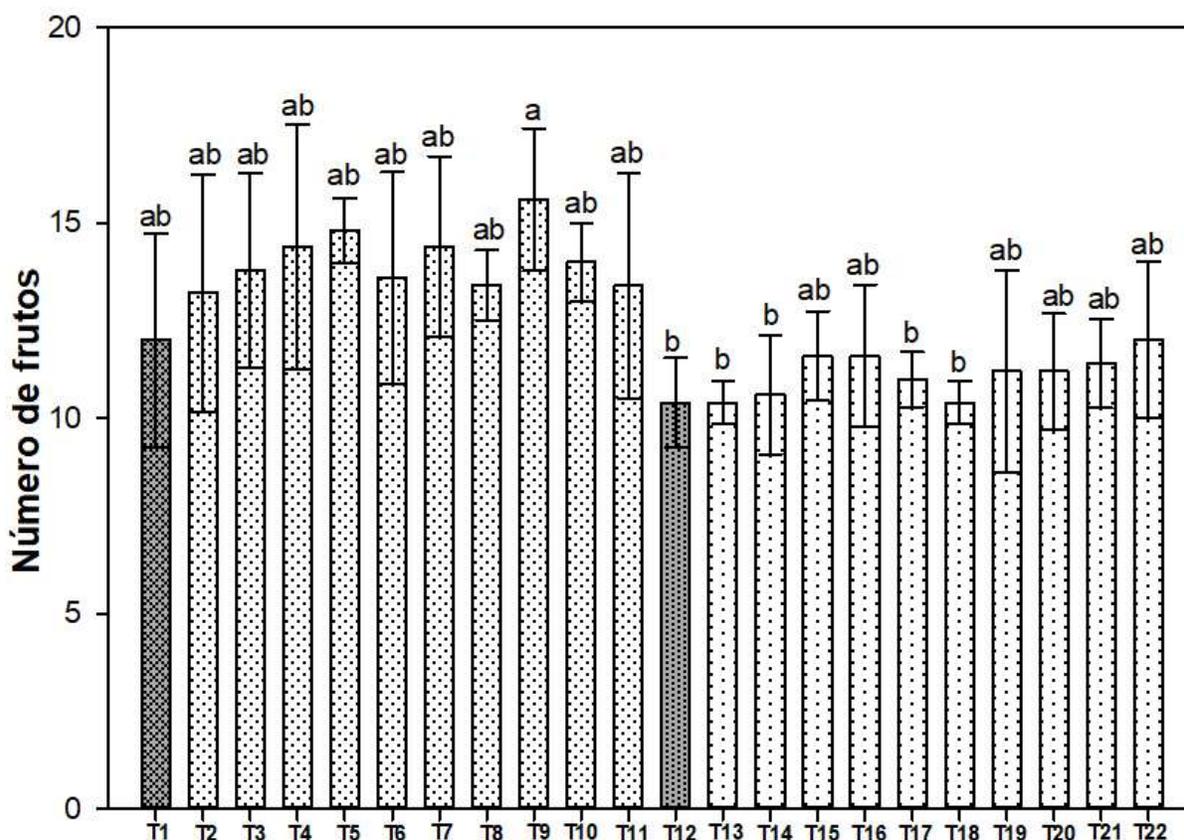
#### **7.1.1. Número de frutos**

En la variable número de frutos, las plantas a las cuales se les aplicó 4mL/L de extracto de fermento de sargazo vía foliar y solución nutritiva al 100% (T9) mostró un aumento del 32.05-29.48% en el número de frutos con un promedio de 15.6, esto a comparación del número de frutos de plantas donde se colocó 1mL/L (T13), 2 mL/L (T14), 16 mL/L (T17) de extracto de fermento vía drench y 1mL/L de extracto de fermento vía foliar (T18) con solución al 50%, ya que el promedio en el número de frutos fue de 10.4, 10.6, 11 y 10.4. En cuanto al resto de los tratamientos no hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, ni con respecto al testigo (Figura 1).

En cuanto al testigo con solución nutritiva al 50% (T12), presentó una reducción del 33.33 % en el número de frutos con un promedio de 10.4, esto con respecto al T9, por lo tanto, debido a los resultados se puede observar que la aplicación de 4 mL/L de extracto de fermento vía foliar con solución al 100%(T9) favoreció el amarre de frutos, esto se pudo deber a la presencia de algún compuesto en el extracto de fermento que interviene en este proceso y que tuvo efecto al aplicar solución nutritiva

al 100%, por lo cual dicha dosis y al aplicarse mediante esa vía pudo hacer más eficiente la presencia de algún elemento que contenía la solución nutritiva y que interviene en el proceso de amarre de frutos.

Aunque estadísticamente no se observaron diferencias, numéricamente si se pudo ver que la aplicación de 4 mL/L vía foliar con 100% SN (T9) fue mayor en 30% que el testigo (T1) con 100% SN, y la aplicación de 16 mL/L con 50% SN (T22) supera numéricamente al testigo (T12) con 50% SN en 15.38% (Figura 1).



**Figura 1.** Número de frutos por planta de pepino, tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización. T1 a T6 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L vía drench, T7 a T11 con 1, 2, 4, 8, y 16 mL/L vía foliar todos con 100%

SN. Del T12 a T17 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía drench y del T18 al T22 con 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía foliar todos con 50% SN. Cada barra representa el promedio por tratamiento  $\pm$  el error estándar. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

Se han reportado hasta 18-37 frutos por planta en diferentes tipos de pepino con un ciclo de cultivo de 10 semanas (Chacón y Monge, 2020), mientras que en este trabajo el número de frutos por planta fue de 10-16, con un ciclo de cultivo de 8 semanas, por lo que al ser menos tiempo, el número de frutos fue menor en comparación a lo reportado en la literatura, además de que el genotipo utilizado, también pudo influir en diferentes variables agronómicas, aun cuando las condiciones del cultivo hayan sido similares.

Al respecto, Calero *et al.* (2019) en un estudio donde aplicaron microorganismos eficientes y lixiviado de vermicompost, observaron que la aplicación de los microorganismos tuvo un efecto benéfico en el número de frutos en plantas de pepino, además de que el lixiviado también favoreció el número de frutos y también la combinación de ambos mostraron eficiencia el promedio en sus tratamientos fue de 8-11 frutos en promedio por planta, estos resultados son similares a los de este estudio donde se aplicó solución al 50%, pero el promedio de frutos en plantas donde se aplicó solución al 100% en combinación con los tratamientos, fue mayor, ya que se presentó por arriba de los 11 frutos.

González *et al.* (2018) al aplicar QuitoMax en cultivo de pepino en condiciones de organoponía, reportaron que las plantas tuvieron de 7-10 frutos en promedio por

planta al aplicar diferentes dosis de dicho producto, en comparación con la aplicación de extracto de fermento de sargazo, se obtuvieron más frutos por planta, es decir la aplicación del extracto favoreció más el desarrollo de frutos.

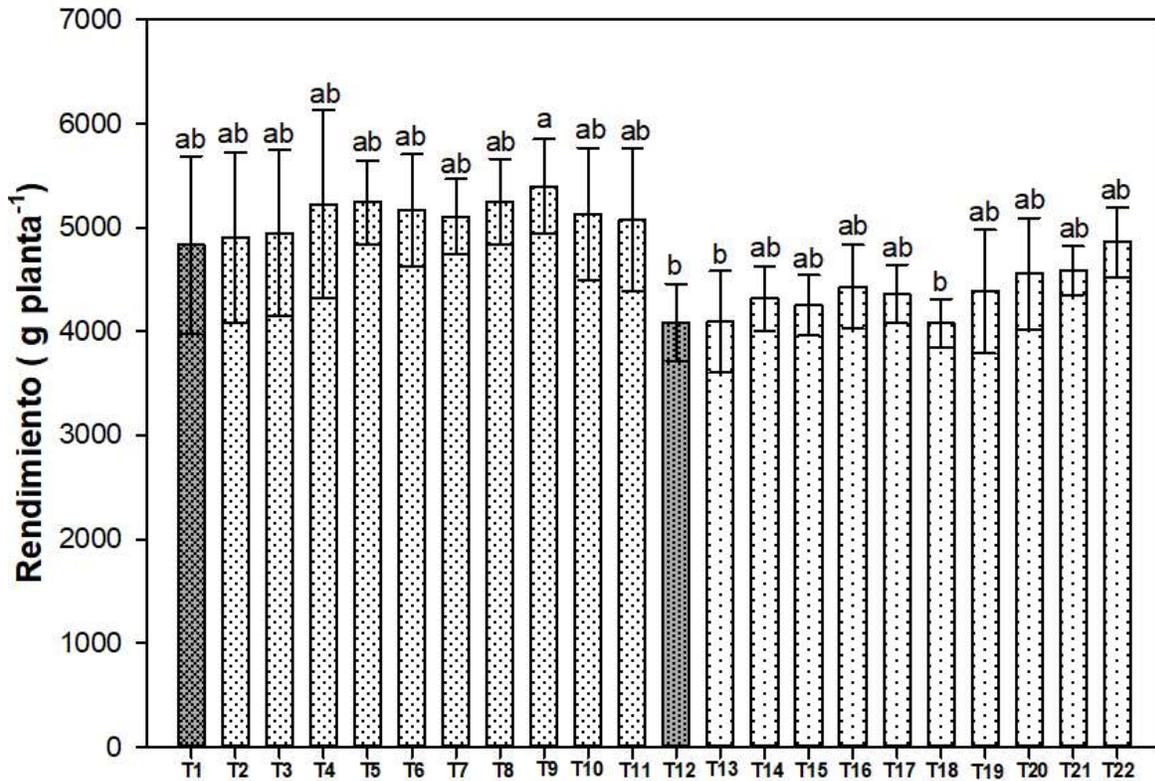
López *et al.* (2017) mencionaron que el incremento en el número de frutos se puede deber a la incorporación de sustancias y elementos que estimulan el crecimiento de las plantas, los cuales están presentes en la composición de los extractos o de cualquier sustancia o producto que se use para mejorar las características del cultivo.

### **7.1.2. Rendimiento por planta**

En los resultados obtenidos se observaron diferencias significativas en el rendimiento total de la planta con un aumento del 24.19-24.40%, donde se aplicó 4mL/L vía foliar (T9) de extracto de fermento de sargazo con solución nutritiva al 100%, el cual tuvo un promedio de 5396.56 g de rendimiento total de frutos por planta, esto en comparación del rendimiento de plantas tratadas con dosis de 1 mL/L de extracto de fermento vía drench (T13) y 1 mL/L de extracto de fermento vía foliar (T18) con solución nutritiva al 50%, que tuvieron un promedio de 4093.84 y 4079.72 g de frutos por planta. En cuanto al resto de los tratamientos no hubo diferencias significativas (Figura 2). Estos resultados pudieron ser el reflejo del número de frutos que hubo por planta en respuesta a cada uno de los tratamientos aplicados.

Con respecto al tratamiento testigo con solución nutritiva al 50% (T12) hubo una reducción del 24.20% de rendimiento total por planta con respecto al tratamiento T9, debido a que el primero tuvo un promedio de 4090.32 g por planta. Sin embargo, aunque no se observaron diferencias estadísticas, numéricamente la aplicación de 4 mL/L vía foliar con 100% SN (T9) fue mayor en 12% que el testigo (T1) con 100%

SN, y la aplicación de 16 mL/L vía foliar con 50% SN (T22) supera numéricamente al testigo (T12) con 50% SN en 19%.



**Figura 2.** Rendimiento total por planta de pepino tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización. T1 a T6 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L vía drench, T7 a T11 con 1, 2, 4, 8, y 16 mL/L vía foliar todos con 100% SN. Del T12 a T17 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía drench y del T18 al T22 con 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía foliar todos con 50% SN. Cada barra representa el promedio por tratamiento  $\pm$  el error estándar. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

En un trabajo realizado por Díaz *et al.* (2014), al aplicar dosis altas de vermicompost con arena a plantas de pepino se redujo la producción (883.3 g) en comparación a

la aplicación de dosis bajas, donde se obtuvo mayor rendimiento (2655.6 g). En la presente investigación se observó que la aplicación de extracto de algas a partir de 2 mL/L vía drench (T14) y vía foliar (T19) con solución al 50%, ayudó a que las plantas por efectos de la baja concentración de la solución nutritiva afectaran el rendimiento y dañara la calidad de los frutos, en comparación a donde se aplicó una dosis de 1mL/L sin la aplicación de extracto.

Por su parte Chacón y Monge (2015), en cultivo de diferentes tipos de pepino bajo condiciones de invernadero, obtuvieron por planta un rendimiento de 1000-5000 g/planta, estos resultados coinciden con los que se obtuvo en la presente investigación, con valores dentro del mismo rango.

En relación con esta variable, Santiago *et al.* (2016), al aplicar te de compost y te de vermicompost como biofertilizante, el rendimiento fue menor (1752.9-1721.7 g planta) al que obtuvieron en las plantas del tratamiento testigo donde aplicaron solución Steiner (2885.4 g planta). Los rendimientos obtenidos en este trabajo fueron superiores a los mencionados, sin embargo, no hubo diferencias entre tratamientos, ni con el testigo donde se aplicó solución al 100% (T1), pero si se observaron diferencias con el testigo donde se aplicó solución al 50%, con rendimientos más bajos.

Trejo *et al.* (2018) mencionan que la tendencia a futuro es producir pepinos orgánicos, ya que tienen una gran demanda por parte del consumidor, por lo tanto, la cotización de estos productos en el mercado externo podría ser mayor en relación con la cotización de los productos convencionales, esto mejoraría la relación costo-beneficio de su producción. Además de que, a comparación de la fertilización

química, la aplicación de algas es más amigable con el medio ambiente. Los mismos autores al aplicar extractos de diferentes especies de algas, obtuvieron rendimientos de 600-1600 g/planta, los cuales fueron menores a los obtenidos en este trabajo (4000-5000 g/planta).

El rendimiento que obtuvieron González *et al.* (2018), al aplicar diferentes dosis de QuitoMax fue de 3.2-3.9 kg en promedio por planta y su mayor rendimiento fue al aplicar dosis altas, con 3 kg para el testigo. Estos resultados contrastan con los obtenidos en este experimento, ya que estos fueron más altos, e incluso en el testigo, sin embargo, este resultado va a depender de la variedad usada y el tiempo del cultivo, además de la época y condiciones del cultivo.

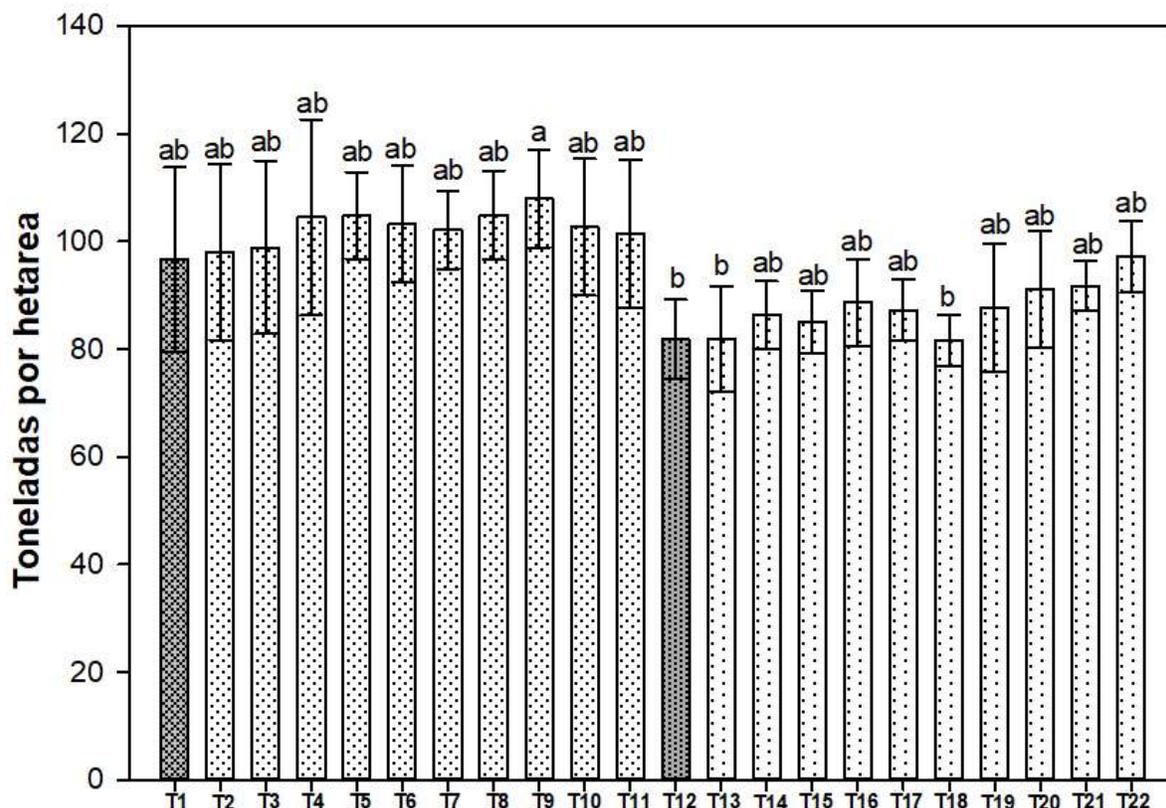
Los resultados obtenidos al aplicar extracto de fermento de sargazo fueron similares a los obtenidos por Calero *et al.* (2019), al aplicar 200 mL/L de microorganismos eficientes y lixiviado de vermicompost (5 kg), pero al aplicar 100 mL/L obtuvieron rendimientos mayores.

Al respecto Preciado *et al.* (2019), evaluaron diferentes concentraciones de ácido salicílico, obteniendo rendimientos de 1.41-3.58 kg, estos valores difieren con los obtenidos al aplicar extracto de fermento de sargazo, pues como se observa en la Figura 2, los rendimientos fueron superiores a estos valores, que también son influenciados por el número de frutos y las repeticiones por tratamiento.

### 7.1.3. Rendimiento por hectárea

Extrapolando los resultados anteriores a rendimiento por hectárea (Figura 3), las dosis bajas vía drench y vía foliar con solución nutritiva al 50 %, al igual que el testigo mostraron valores bajos, lo anterior de acuerdo con la densidad de población que se tuvo en este experimento, en comparación con otros estudios en donde han obtenido rendimientos altos. Sin embargo, la aplicación de solución nutritiva al 50% (T12) sin extracto de fermento afectó el rendimiento final, además de que la aplicación de la dosis baja vía drench y vía foliar con solución al 50% tampoco favoreció el rendimiento.

En la figura 3 se observa que la aplicación de 1 mL/L vía drench (T13) y 1 mL/L vía foliar (T18) de extracto de fermento de sargazo con solución nutritiva al 50%, no tuvo efectos positivos en el rendimiento por hectárea, debido a que hubo una disminución del 24% con un promedio de 81.88 y 81.59 comparado con lo obtenido en el rendimiento por hectárea donde se aplicó 4 mL/L de extracto de fermento vía foliar (T9) con solución nutritiva al 100% con un promedio de 107.93. El rendimiento por hectárea del tratamiento control donde se aplicó solución nutritiva al 50% (T12) se redujo un 24.20 % al tener un promedio de 81.81, en comparación con el T9. El resto de los tratamientos no mostraron diferencias significativas. Sin embargo, numéricamente la aplicación de 4 mL/L vía foliar con 100% SN (T9) fue mayor en 12% que el testigo (T1) con 100% SN, y la aplicación de 16 mL/L con 50% SN (T22) supera numéricamente al testigo (T12) en 19% (Figura 3).



**Figura 3.** Rendimiento por hectárea de frutos de pepino de plantas tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización. T1 a T6 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L vía drench, T7 a T11 con 1, 2, 4, 8, y 16 mL/L vía foliar todos con 100% SN. Del T12 a T17 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía drench y del T18 al T22 con 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía foliar todos con 50% SN. Cada barra representa el promedio por tratamiento  $\pm$  el error estándar. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

Zermeño *et al.* (2015) observaron que la aplicación de extracto de *Sargassum* spp. no tuvo efecto en el rendimiento de frutos en plantas de vid, esto concuerda con lo obtenido en el presente trabajo.

Con respecto al rendimiento se ha indicado que el aumento en el rendimiento y la biomasa en plantas de pepino puede atribuirse a que las plantas que son inoculadas con bioestimulantes tienen una mayor capacidad para mantener una alta tasa fotosintética y un mejor estado nutricional en comparación con plantas que no son inoculadas, sin embargo, con el rendimiento que se obtuvo en este trabajo, no se encontraron diferencias con respecto al testigo, en donde no se aplicó extracto (Youssef *et al.*, 2008). También se han mencionado que unas de las respuestas fisiológicas derivadas de la aplicación de algas marinas incluyen una mayor movilización de nutrientes, desarrollo radicular, aumenta la clorofila y el área foliar, además de que retrasa la senescencia de los frutos (Metting *et al.*, 2008), algunas de estas respuestas se pudieron observar al aplicar extracto de fermento de algas vía drench y vía foliar en cultivo de pepino.

Ayala *et al.* (2019) al realizar un estudio sobre densidad de plantas y poda de tallos en la producción de pepino en invernadero, obtuvieron rendimientos de 89.6-112.8 toneladas ha<sup>-1</sup>. Estos resultados son similares a los obtenidos en este trabajo, como se puede observar la Figura 3, la aplicación de extracto de fermento de sargazo no tuvo efectos en el rendimiento en la mayoría de los tratamientos, sin embargo, si tuvo un efecto positivo al no verse afectado el rendimiento al aplicar solución nutritiva al 50%, las dosis arriba de 2 mL/L vía drench y vía foliar, fueron las que mostraron mejores resultados.

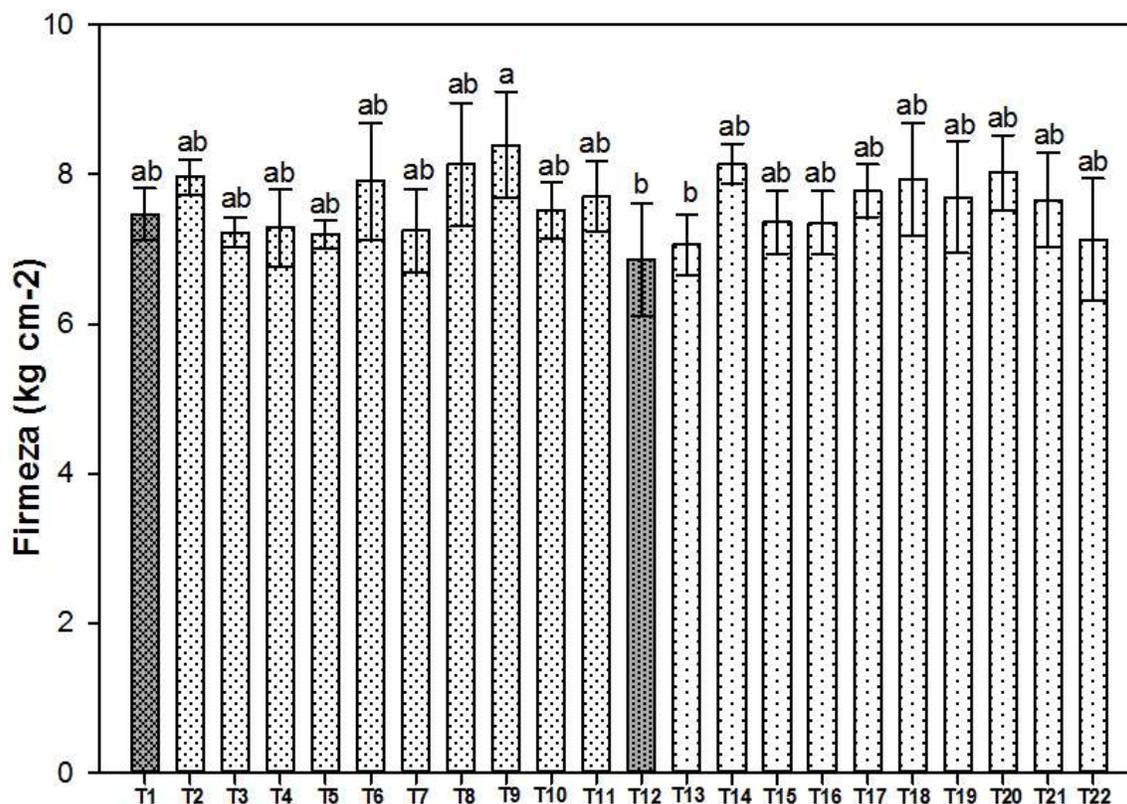
Para calcular el rendimiento por hectárea se consideran diferentes factores, uno de los más importantes es la densidad de población (SAGARPA, 2015). Zamora *et al.* (2021) al aplicar diferentes concentraciones de extracto de alga de *Ulva* sp. como

biofertilizante, obtuvieron rendimientos ( $5200-6000 \text{ kg ha}^{-1}$ ), más bajos a los observados en este trabajo (Figura 3).

#### **7.1.4 Firmeza**

Los frutos con mayor firmeza fueron los de las plantas donde se aplicó 4 mL/L de extracto de fermento de sorgo vía foliar (T9) con solución nutritiva al 100%, con un promedio de  $8.39 \text{ kg cm}^{-2}$ , en comparación de los frutos de las plantas que fueron tratadas con una dosis de 1 mL/L de extracto de fermento vía drench (T13) con solución nutritiva al 50%, y el testigo de solución nutritiva al 50% (T12), en ambos tratamientos hubo una disminución de la firmeza del 15.85% y 18.26%, y un promedio de 7.06 y  $6.86 \text{ kg cm}^{-2}$ , respectivamente. En cuanto al resto de los tratamientos, no hubo diferencias significativas entre tratamientos (Figura 4). Aunque numéricamente la aplicación de 4 mL/L vía foliar con 100% SN (T9) fue mayor en 12.31% que el testigo (T1) con 100% SN, y la aplicación de 2 mL/L vía drench con 50% SN (T14) supera numéricamente al testigo (T12) con 50% SN en 19%.

La firmeza está relacionada con la calidad del fruto, al haber una mayor firmeza el fruto tiene menos posibilidades de sufrir daños mecánicos durante su manipulación o traslado, además de proporcionar al fruto una mayor vida de anaquel, por lo cual esta variable es muy importante en post cosecha, en este estudio aun cuando no hubo diferencias en algunos tratamientos, la aplicación de 4 mL/L de extracto de fermento vía foliar (T9) con solución nutritiva al 100% favoreció la firmeza del fruto (Figura 4).



**Figura 4.** Firmeza de frutos de pepino de plantas tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización. T1 a T6 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 ml/L vía drench, T7 a T11 con 1, 2, 4, 8, y 16 mL/L vía foliar todos con 100% SN. Del T12 a T17 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía drench y del T18 al T22 con 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía foliar todos con 50% SN. Cada barra representa el promedio por tratamiento  $\pm$  el error estándar. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

Algunos autores mencionan que las consecuencias de la poca firmeza de los frutos de pepino, es la rápida pérdida de calidad visual y sensorial, observándose primero en marchitamiento, así como una alta susceptibilidad a pudriciones, amarillamiento y deshidratación, así como el desarrollo de tejido esponjoso y menor turgencia,

debido a la pérdida de agua de las células por la transpiración, producto de la plasmólisis y la menor acumulación de azúcares en las paredes celulares (Verheul *et al.*, 2013; Moreno *et al.*, 2013).

Estudios previos muestran que la aplicación de diferentes concentraciones de solución nutritiva se refleja en la calidad del fruto, por lo que Barraza *et al.* (2015), al aplicar solución Steiner al 25, 75, 125 y 175% obtuvieron diferencias significativas en la firmeza del fruto, los frutos a los que se les aplicó solución al 175%, tuvieron una firmeza más alta. Lo anterior no coincide con los resultados obtenidos en esta investigación, debido a que no hubo diferencias significativas al aplicar solución al 50 y 100%, además los valores (8.39-6.86 k cm<sup>2</sup>) obtenidos de los diferentes tratamientos fueron más altos.

Barraza (2015) menciona que la firmeza y el tamaño del fruto determinan la calidad del fruto de pepino, debido a que los frutos cosechados van sufriendo cambios a nivel morfológico y fisiológico, principalmente en el metabolismo, todo esto influye en la calidad y apariencia del fruto que llega al consumidor.

Al respecto, Preciado *et al.* (2019) observaron que al aplicar ácido salicílico vía foliar en diferentes concentraciones, los frutos tuvieron una firmeza de 16.4-33.6 N en los diferentes tratamientos, donde las dosis bajas y medias mejoraron la firmeza de los frutos, por lo tanto, una mayor firmeza de los frutos confiere una mayor vida de anaquel y tienen la capacidad de resistir durante el transporte, almacenamiento o comercialización. Los resultados obtenidos en esta investigación son diferentes a los de dicho estudio.

Por su parte Zamora *et al.* (2021) al aplicar extracto de algas como biofertilizante obtuvieron frutos con una firmeza de 4.4-5 kg en los diferentes tratamientos, estos resultados en comparación con los obtenidos en este trabajo son más bajos, esto también va a depender al igual que el resto de las variables del genotipo utilizado, entre otras cosas.

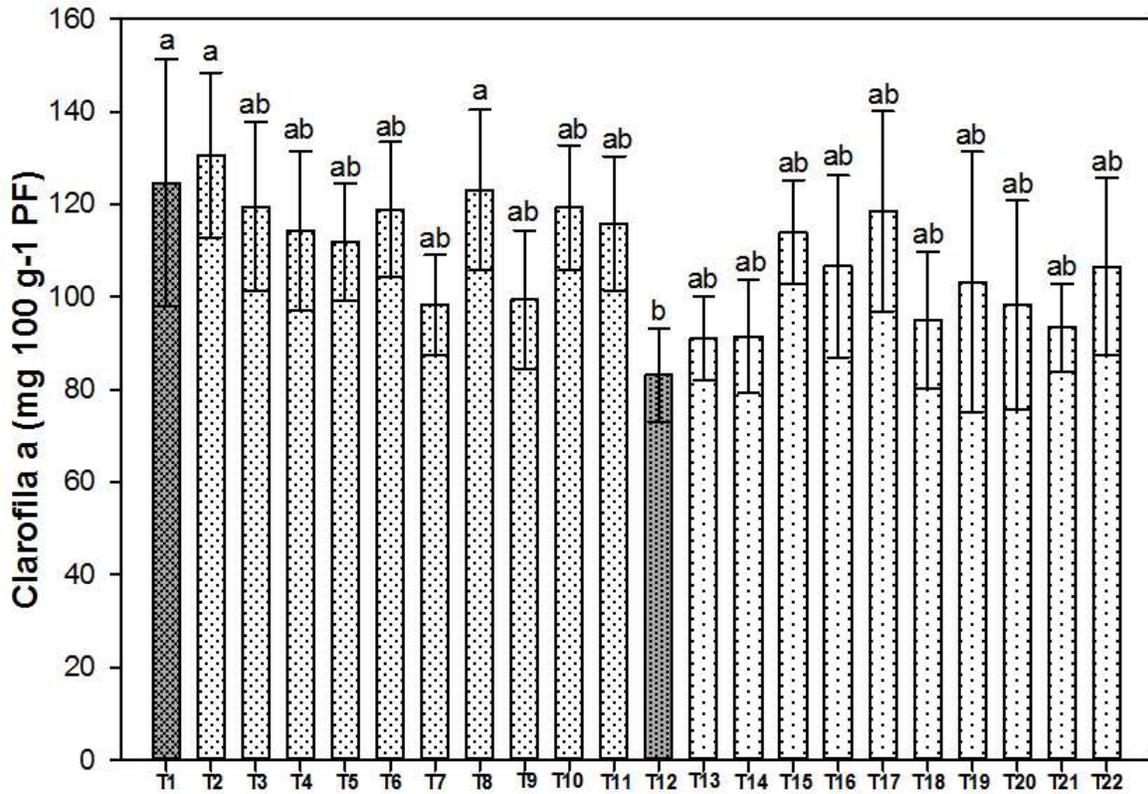
### **7.3. Variables bioquímicas**

#### **7.3.1. Clorofila a**

El contenido de pigmentos fotosintéticos mostró diferencias significativas en algunos tratamientos, como el caso del contenido de clorofila a en hojas, fue mayor (57.7%) en las plantas que fueron tratadas con dosis de 1 mL/L de extracto de fermento de sargazo (T2) con solución nutritiva al 100% y 2 mL/L de extracto de fermento de sargazo vía foliar (T8) con solución nutritiva al 100%, de la misma forma que en el testigo con solución nutritiva al 100% (T1), con un promedio de 130.69, 123.14 y 124.64 mg 100 g<sup>-1</sup> PF de clorofila a respectivamente, en comparación al testigo con solución nutritiva al 50% (T12), con un promedio de 83.15 mg 100 g<sup>-1</sup> PF de clorofila a. El resto de los tratamientos no mostró diferencias significativas entre tratamientos, pero, aunque estadísticamente no hubo diferencias, numéricamente la aplicación de 1 mL/L vía drench (T2) fue mayor en 4.84% que el testigo (T1) con 100% SN, y la aplicación de 16 mL/L vía drench con 50% SN (T17) supera numéricamente al testigo (T12) con 50% SN en 29.83% (Figura 5).

La clorofila está relacionada con la absorción de luz en la longitud del espectro visible, lo cual va a posibilitar la transformación de energía lumínica en energía química, por lo tanto donde hubo mayor cantidad de clorofila a las plantas tuvieron mayor posibilidad de absorber luz, para posteriormente transformarse en energía

química para la planta, por lo que pudimos ver en esta investigación que la aplicación del tratamiento testigo con solución nutritiva al 50% no favoreció la acumulación de dicho pigmento.



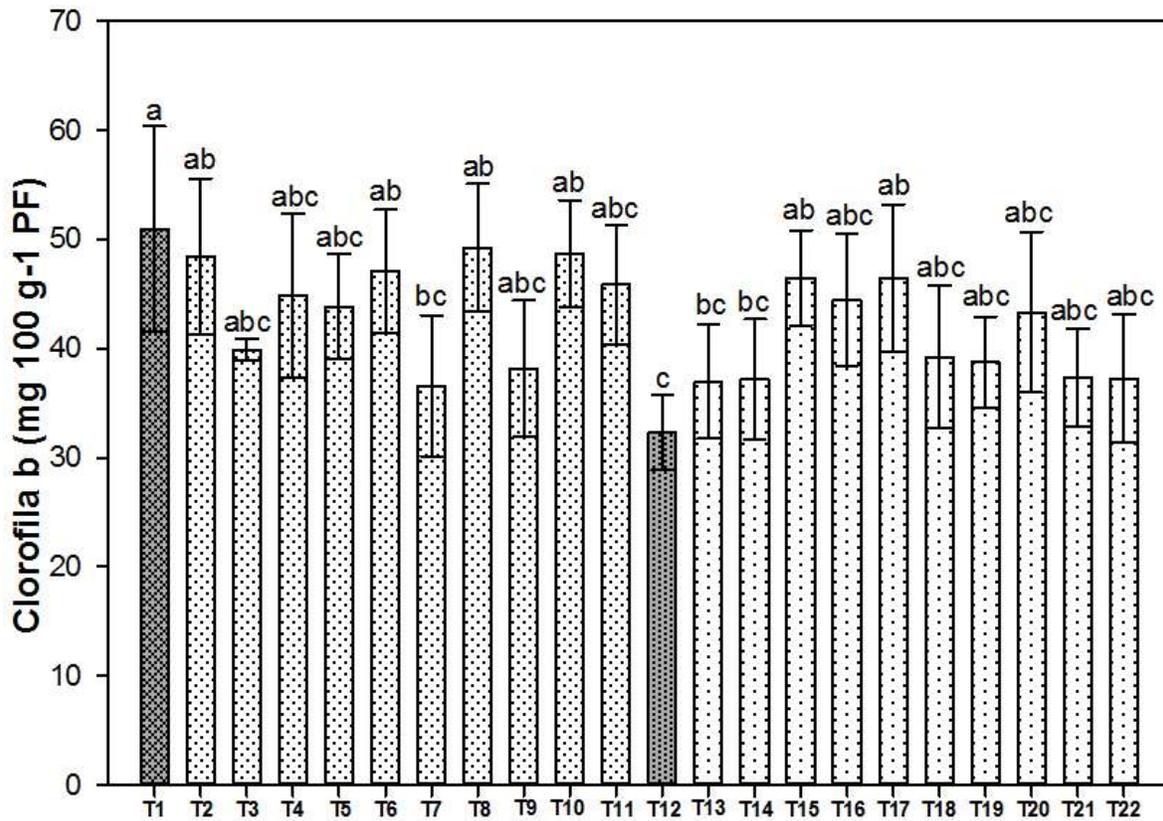
**Figura 5.** Clorofila a de hojas de plantas de pepino tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización. T1 a T6 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L vía drench, T7 a T11 con 1, 2, 4, 8, y 16 mL/L vía foliar todos con 100% SN. Del T12 a T17 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía drench y del T18 al T22 con 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía foliar todos con 50% SN. Cada barra representa el promedio por tratamiento  $\pm$  el error estándar. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

### 7.3.2. Clorofila b

Los resultados mostraron que la clorofila b, fue mayor hasta un 36.62% en las plantas testigo, donde se aplicó solución nutritiva al 100% (T1) 1 mL/L (T2), 16 mL/L (T6) de extracto de fermento de sargazo vía drench, 2 mL/L (T8), 8 mL/L (T10) vía foliar con solución nutritiva al 100%, 4 mL/L (T15) y 16 mL/L de extracto de fermento vía drench (T17) con solución nutritiva al 50%, cada una con un promedio de 50.98, 48.43, 47.09, 49.23, 48.70 y 46.45 mg 100 g<sup>-1</sup> PF de clorofila b, en comparación con el testigo con solución nutritiva al 50% (T12) con un promedio de 32.62 mg 100 g<sup>-1</sup> PF de clorofila b. Con respecto a de los tratamientos no se encontraron diferencias estadísticas (Figura 6).

El contenido de clorofila b también fue mayor en las hojas de las plantas, donde se aplicó solución nutritiva al 100% (T1) a comparación de donde aplicó 1 mL/L vía foliar con solución nutritiva al 100% (T7), 1 (T13) y 2 mL/L (T14) vía drench con solución nutritiva al 50% con promedio de 36.57, 36.96 y 37.17 mg 100 g<sup>-1</sup> PF de clorofila b. Con el resto de las variables no hubo diferencias estadísticas con dichos tratamientos. Sin embargo, numéricamente la aplicación de 16 mL/L vía drench (T17) con 50% SN fue mayor en 30.46% que el testigo (T1) con 50% SN.

La función de la clorofila b es aumentar la capacidad de la absorción de la luz de la clorofila a, por lo tanto, al haber una mayor concentración de clorofila a, favorecerá la capacidad de absorción de luz de la clorofila a, lo cual beneficiara a la planta al aumentar el proceso transformación de energía lumínica en energía química, de acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación la aplicación de los tratamientos no favoreció la acumulación de clorofila b.

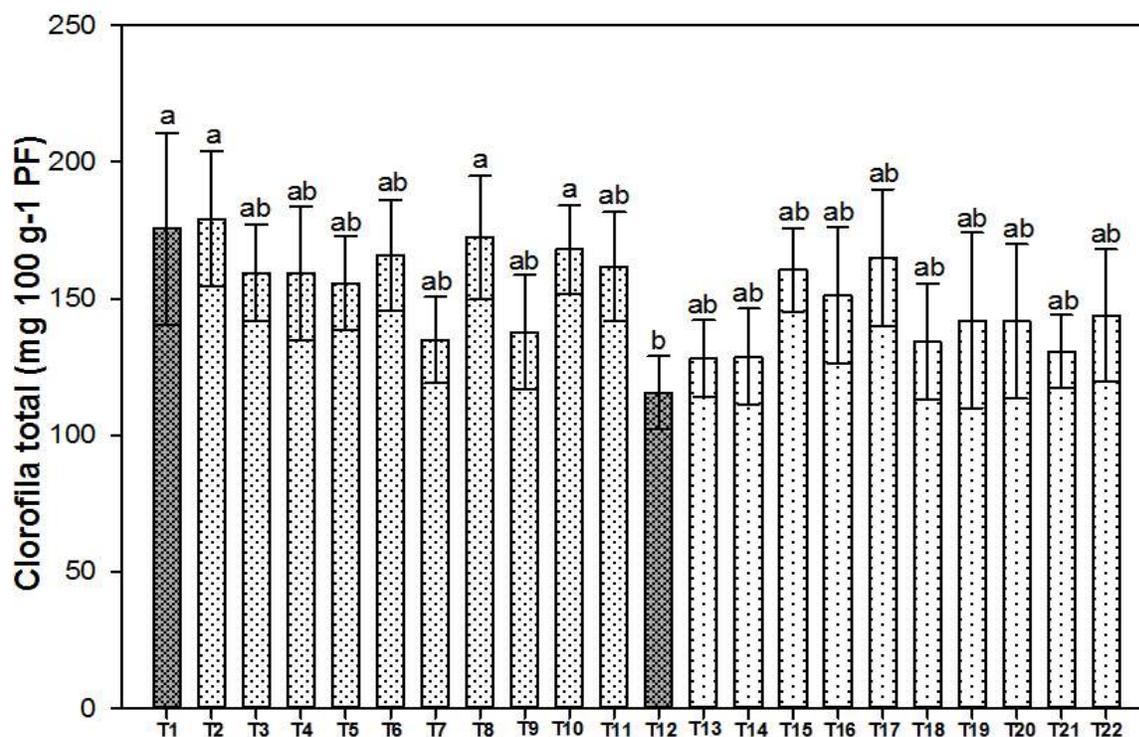


**Figura 6.** Clorofila b de hojas de plantas de pepino tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización. T1 a T6 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L vía drench, T7 a T11 con 1, 2, 4, 8, y 16 mL/L vía foliar todos con 100% SN. Del T12 a T17 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía drench y del T18 al T22 con 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía foliar todos con 50% SN. Cada barra representa el promedio por tratamiento  $\pm$  el error estándar. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

### **7.3.3. Clorofila total**

De acuerdo con las Figuras anteriores se observó que los pigmentos fotosintéticos variaron de acuerdo con los tratamientos, también se observó que el contenido de clorofila a y clorofila b fue menor en las plantas del testigo con solución nutritiva al 50% (T12). El contenido de clorofila total fue mayor en 35.55-31.26% en las plantas testigo tratadas con solución nutritiva al 100% (T1), 1mL/L de extracto de fermento de sargazo vía drench (T2), 2 mL/L (T8) y 8 mL/L (T10) de extracto de fermento vía foliar con solución nutritiva al 100% con un promedio de 175.62, 179.11, 172.36 y 167.98 mg 100 g<sup>-1</sup> PF, comparado con el contenido de clorofila total en hojas de las plantas testigos con solución nutritiva al 50% con un promedio de 115.46 mg 100 g<sup>-1</sup> PF. En cuanto al resto de los tratamientos, no se encontraron diferencias significativas. Sin embargo, numéricamente la aplicación de 16 mL/L vía drench con 50% SN (T17) supero al testigo (T12) con 50% SN en 30% (Figura 7).

La función de la clorofila en la planta es vital y útil, ya que por el proceso de fotosíntesis la planta puede respirar y conseguir energía útil. Los resultados obtenidos de clorofila total se pueden observar que es el reflejo de lo obtenido de la concentración de clorofila a y b.

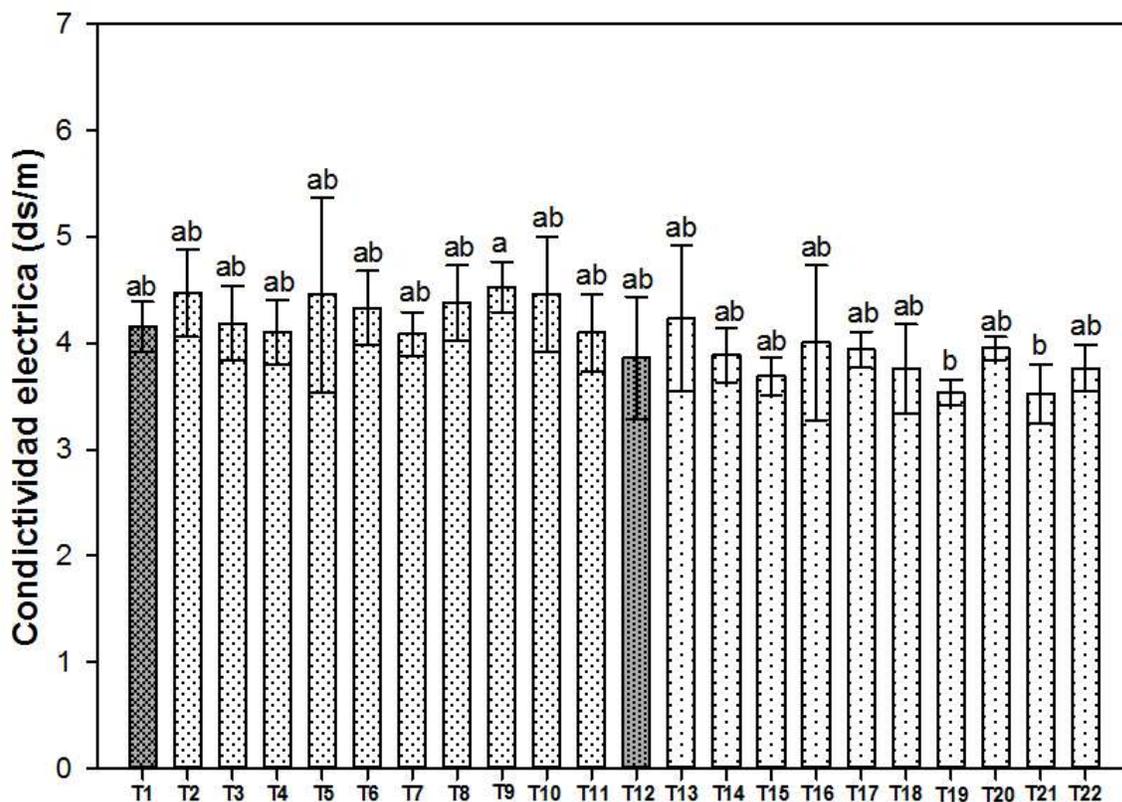


**Figura 7.** Clorofila total de hojas de plantas de pepino tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización. T1 a T6 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L vía drench, T7 a T11 con 1, 2, 4, 8, y 16 mL/L vía foliar todos con 100% SN. Del T12 a T17 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía drench y del T18 al T22 con 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía foliar todos con 50% SN. Cada barra representa el promedio por tratamiento  $\pm$  el error estándar. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

#### 7.3.4. Conductividad eléctrica

La aplicación de extractos de fermento de sargazo vía drench y vía foliar con solución nutritiva al 100% (T1) y 50% (T12) no provocó diferencias significativas en la conductividad eléctrica del fruto, excepto en los tratamientos donde se aplicó dosis de 2 mL/L (T19) y 8 mL/L (T21) de extracto de fermento vía foliar con solución

nutritiva al 50%, con un promedio de 3.53 ds/m, los cuales tuvieron diferencias significativas en la conductividad eléctrica de frutos de plantas tratadas con 4 mL/L de extracto de fermento vía foliar con solución nutritiva al 100% (T9), esto se pudo deber a que en dichos tratamientos hubo menor concentración de sales en el sustrato (Figura 8). Sin embargo, aun cuando no hubo diferencias estadísticas, numéricamente la aplicación de 4 mL/L vía foliar (T9) fue mayor en 8.91% que el testigo (T1) con 100% SN, y la aplicación de 1 mL/L vía drench con 50% SN (T13) supera numéricamente al testigo (T12) con 50% SN en 9.58% (Figura 8).



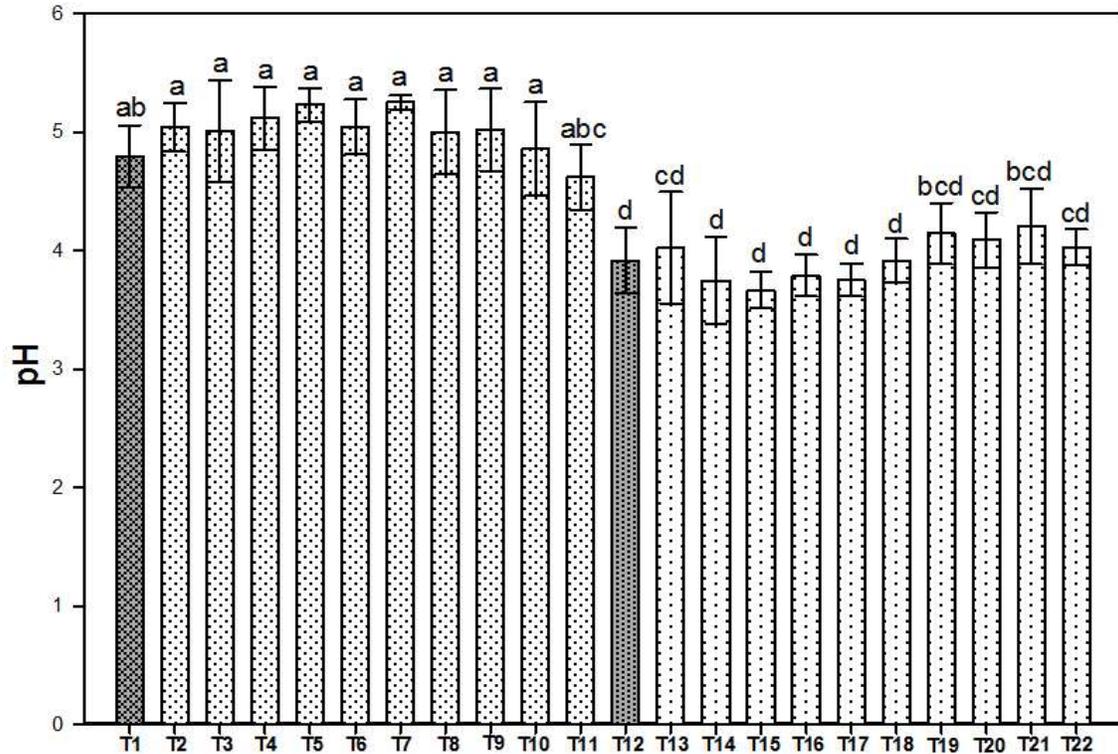
**Figura 8.** Conductividad eléctrica de frutos de pepino de plantas tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sorgo y dos dosis de fertilización. T1

a T6 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L vía drench, T7 a T11 con 1, 2, 4, 8, y 16 mL/L vía foliar todos con 100% SN. Del T12 a T17 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía drench y del T18 al T22 con 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía foliar todos con 50% SN. Cada barra representa el promedio por tratamiento  $\pm$  el error estándar. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

La concentración de la solución nutritiva en el caso donde se aplicó al 50%, ocasionó una menor acumulación de sales en el sustrato, por lo tanto, hubo una menor conductividad eléctrica.

#### **7.3.5. pH**

En la Figura 9 se observa que los frutos de las plantas tratadas con extracto de fermento de sargazo vía drench y vía foliar con solución nutritiva al 100% al igual que el testigo con solución nutritiva al 100% (T1) tuvieron mayor pH, con respecto a los frutos de plantas tratadas con extracto de fermento con solución al 50% y el testigo con solución nutritiva al 50% (T12), sin embargo, el testigo con solución al 100% no mostró diferencias significativas en pH de frutos de plantas a las que se les aplicó 2 mL/L (T8) y 8 mL/L (T10) extracto de fermento vía foliar con solución al 50%. También el pH de frutos que fueron tratados con dosis de 16 mL/L de extracto de fermento vía foliar (T11) con solución al 100%, no mostró diferencias significativas con respecto al pH de frutos donde aplicó 1 mL/L (T13) de extracto de fermento vía drench, 2 mL/L, (T19) 4mL/L (T20), 8 mL/L (T21) y 16 mL/L (T22) de extracto de fermento vía foliar con solución nutritiva al 50% (Figura 9).



**Figura 9.** pH de frutos de pepino de plantas tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización. T1 a T6 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L vía drench, T7 a T11 con 1, 2, 4, 8, y 16 mL/L vía foliar todos con 100% SN. Del T12 a T17 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía drench y del T18 al T22 con 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía foliar todos con 50% SN. Cada barra representa el promedio por tratamiento  $\pm$  el error estándar. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

En estudios sobre la aplicación de extracto de *Sargassum* spp. en el cultivo de vid Zermeño *et al.* (2015), observaron que el pH más bajo se obtuvo al aplicar el extracto en suelo y vía foliar (3.7), en comparación con esta investigación donde el menor pH se obtuvo al aplicar el extracto de fermento vía foliar, mientras que al aplicarlo al

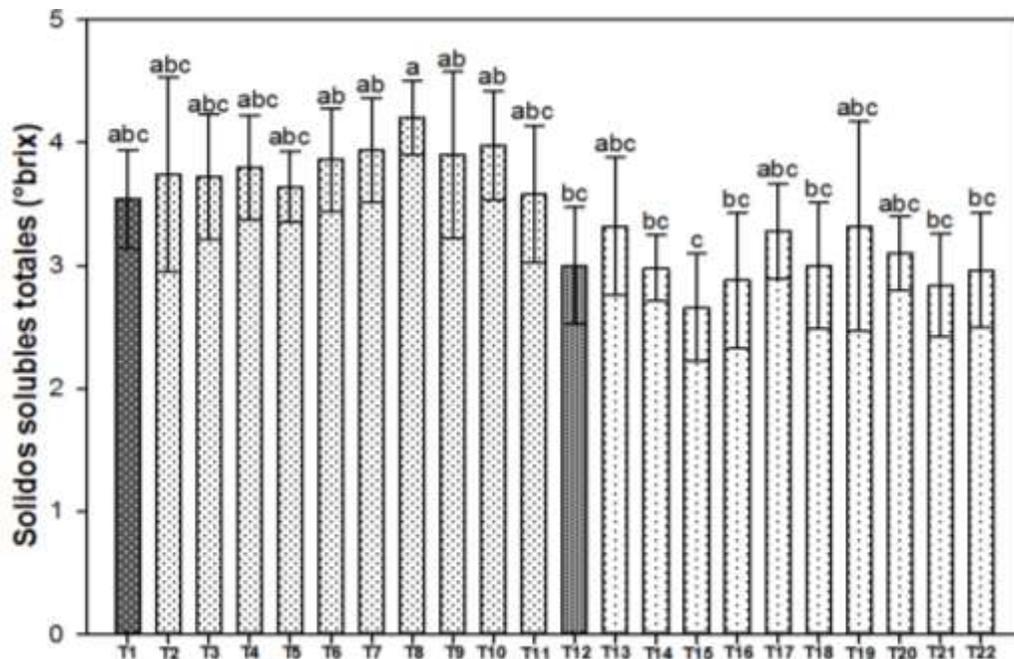
suelo se obtuvo un pH más alto, ellos encontraron que el pH más alto se encontró en los frutos donde no aplicó extracto (3.84). Sin embargo, los valores obtenidos en este trabajo están por arriba de los reportados por ellos.

#### **7.3.6. Sólidos solubles totales**

La Figura 10 muestra que el tratamiento donde se aplicó 2 mL/L de extracto de fermento de sargazo vía foliar (T8) con solución nutritiva al 100% incrementó el contenido de sólidos solubles totales en el fruto, mejorando la calidad nutraceútica de los frutos, el cual presentó un promedio de 4.2 de °brix, a diferencia con el testigo con solución nutritiva al 50% (T12), y donde se aplicó 2 mL/L (T14), 4 mL/L (T15), 8 mL/L (T16) de extracto de fermento vía drench con solución nutritiva al 50% (T12), también donde se aplicaron dosis de 1 mL/L (T18), 8 mL/L (T21) y 16 mL/L (T22) de extracto de fermento vía foliar con solución nutritiva al 50%, hubo una disminución de sólidos solubles del 28.57-36.66%, con promedios de 3, 2.98 2.66, 2.88, 3, 2.84 y 2.96, respectivamente con el T8.

Los tratamientos donde se aplicó 16 mL/L de extracto de fermento vía drench (T6), 1 mL/L (T7), 4 mL/L (T9) y 8 mL/L (T10) de extracto de fermento vía foliar con solución nutritiva al 100%, también mostraron diferencias en la cantidad de sólidos solubles de frutos de plantas donde se aplicó 4 mL/L de extracto de fermento vía drench (T15) con solución nutritiva al 50%, debido a que la concentración de sólidos solubles disminuyó un 33.16 %, con un promedio de 3.66. En cuanto al resto de los tratamientos no hubo diferencias entre tratamientos, ni con respecto a los testigos. Sin embargo, numéricamente la aplicación de 2 mL/L vía foliar (T8) fue mayor en 19% que el testigo (T1) con 100% SN, y la aplicación de 1 mL/L vía drench y 2 mL/L

vía foliar con 50% SN (T13 y T19) supera numéricamente al testigo (T12) en 11% (Figura 10).



**Figura 10.** Sólidos solubles en frutos de plantas de pepino tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización. T1 a T6 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L vía drench, T7 a T11 con 1, 2, 4, 8, y 16 mL/L vía foliar todos con 100% SN. Del T12 a T17 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía drench y del T18 al T22 con 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía foliar todos con 50% SN. Cada barra representa el promedio por tratamiento  $\pm$  el error estándar. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

En estudios previos, al aplicar extractos de algas marinas (*Macrosistis pirifera*, *Bryothamnión triquetrum*, *Ascophyllum nodoso*, *Grammatófora spp.* y *Macrocistis integrifolia*) y compost como sustrato, en cultivo de pepino, hubo una acumulación

de 3.44-4.91°brix en el fruto, por lo que la aplicación de dichos productos tuvo efectos positivos en el contenido de vitamina C (Trejo *et al.*, 2018). A comparación en esta investigación, no se observaron efectos positivos con la aplicación de extracto de fermento de sargazo con solución nutritiva al 100%. Sin embargo, si tuvo efectos positivos cuando se aplicó 1, 16 mL/L vía drench, 2 y 4 mL/L vía foliar, con solución al 50%.

Chacón *et al.* (2020) reportaron en frutos de pepino cultivados bajo condiciones de invernadero una concentración de 2-3°brix en los frutos. Estos resultados coinciden con los frutos obtenidos en algunos tratamientos, donde se aplicó extracto de fermento de sargazo vía foliar.

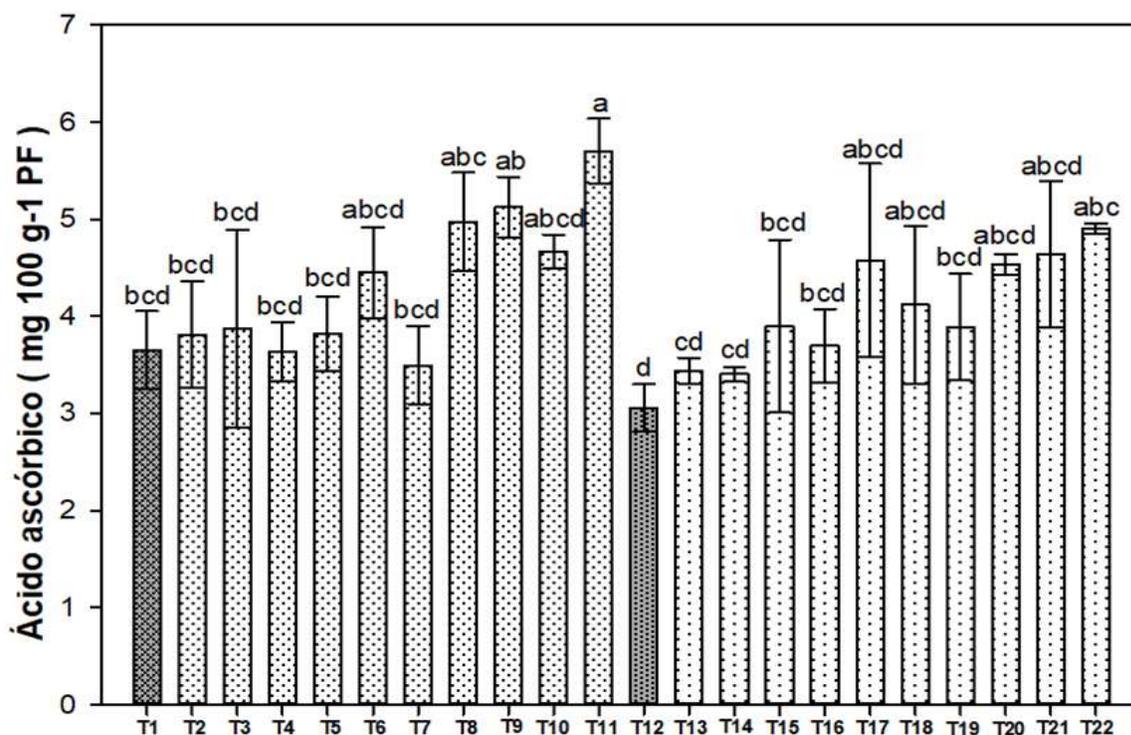
### **7.3.7 Vitamina C**

El contenido de ácido ascórbico equivalente a vitamina C aumentó 35.96-46.31 %, al aplicar 16 mL/L de extracto de fermento vía foliar (T11), y solución nutritiva al 100% con un promedio de 5.70 mg 100 g<sup>-1</sup> PF de vitamina C, esto con respecto a los tratamientos donde se aplicó 1 mL/L (T2), 2 mL/L (T3), 4 mL/L (T4), 8 mL/L (T5) de extracto de fermento vía drench con solución nutritiva al 100% y donde se aplicó 1 mL/L vía foliar (T7) de extracto de fermento con solución al 100%, debido a que estos tuvieron un promedio de 3.81, 3.87, 3.61, 3.82 y 3.50 mg 100 g<sup>-1</sup>PF de vitamina C, respectivamente. De la misma forma dicho tratamiento (T11) mostro diferencias significativas con los tratamientos donde se aplicó 1 mL/L (T13), 2 mL/L (T14), 4 mL/L (T15), 8 mL/L(T16) de extracto vía drench, 2 mL/L (T19) de extracto vía foliar con solución nutritiva al 50%, los cuales tuvieron un promedio de 3.44, 3.41, 3.90, 3.70 y

3.89 mg 100 g<sup>-1</sup> PF de Ácido ascórbico equivalente a vitamina C, respectivamente (Figura 11). Con el resto de los tratamientos no hubo diferencias significativas.

Con respecto a los testigos con solución nutritiva al 100% (T1) y 50% (T12) el tratamiento T11 tuvo mayor contenido de vitamina C en frutos hasta en 36.96 y 46.31 %. El tratamiento control con solución nutritiva al 50% (T12) también presentó diferencias estadísticas en el contenido de vitamina C, con respecto a los frutos de plantas donde aplicó 2 mL/L (T8), 4 mL/L (T9) con extracto de fermento vía foliar con solución nutritiva al 100% y 16 mL/L de extracto vía foliar (T22) con solución al 50%. Por otra parte, el tratamiento donde se aplicó 8 mL/L de extracto vía foliar (T9) con solución nutritiva al 100%, presentó diferencias con los tratamientos de 1 mL/L (T13) y 2 mL/L (T14) de extracto de fermento vía drench con solución al 50%, teniendo el primero mayor contenido de vitamina C.

Los resultados sugieren que el contenido de vitamina C se incrementó con la aplicación del extracto de fermento con la dosis más alta vía foliar y solución nutritiva al 100%, mejorando así la calidad nutracéutica de los frutos (Figura 11).



**Figura 11.** Vitamina C en frutos de plantas de pepino tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización. T1 a T6 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L vía drench, T7 a T11 con 1, 2, 4, 8, y 16 mL/L vía foliar todos con 100% SN. Del T12 a T17 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía drench y del T18 al T22 con 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía foliar todos con 50% SN. Cada barra representa el promedio por tratamiento  $\pm$  el error estándar. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

Al respecto se ha mencionado que el efecto positivo al aplicar un extracto de algas marinas se debe a un alto contenido de proteínas de buena calidad, aminoácidos, minerales esenciales, oligoelementos, vitaminas de complejo B y bioconstituyentes como las citoquininas (Nagy y Pinter, 2015).

Se ha demostrado que el pepino aporta una gran cantidad de vitamina C. En estudios previos por Trejo *et al.* (2018) al aplicar *Macrocystis pyrifera* obtuvieron una concentración de vitamina C de 5.07 mg 100 g<sup>-1</sup>PF y al aplicar *Macrocystis integrifolia* el contenido fue de 4.23 mg 100 g<sup>-1</sup>PF, sin embargo, al aplicar extracto de algas de *Grammatofora* spp. obtuvieron valores más bajos, mientras que en el tratamiento control se obtuvo una concentración de 3.70 mg 100 g<sup>-1</sup> PF.

En la literatura se ha reportado que la aplicación de extractos de algas y algas marinas aumentó el contenido de vitamina C en espinacas, los valores fueron de 120-130 mg 100 g<sup>-1</sup> PF de ácido ascórbico, sin embargo, el extracto de algas marinas fue el que dio mejores resultados (Rouphael *et al.*, 2018). Esto coincide con lo observado en esta investigación donde la aplicación de extracto de fermento vía foliar favoreció el incremento de vitamina C.

Soriano *et al.* (2019) al aplicar bacterias promotoras de crecimiento en combinación con otros productos en el cultivo de calabacita obtuvieron valores de 0.73-3.23 mg de ácido ascórbico 100 g<sup>-1</sup> PF en la concentración de vitamina C, por lo que estos valores son más bajos de los que se obtuvieron al aplicar extracto de fermento de sargazo

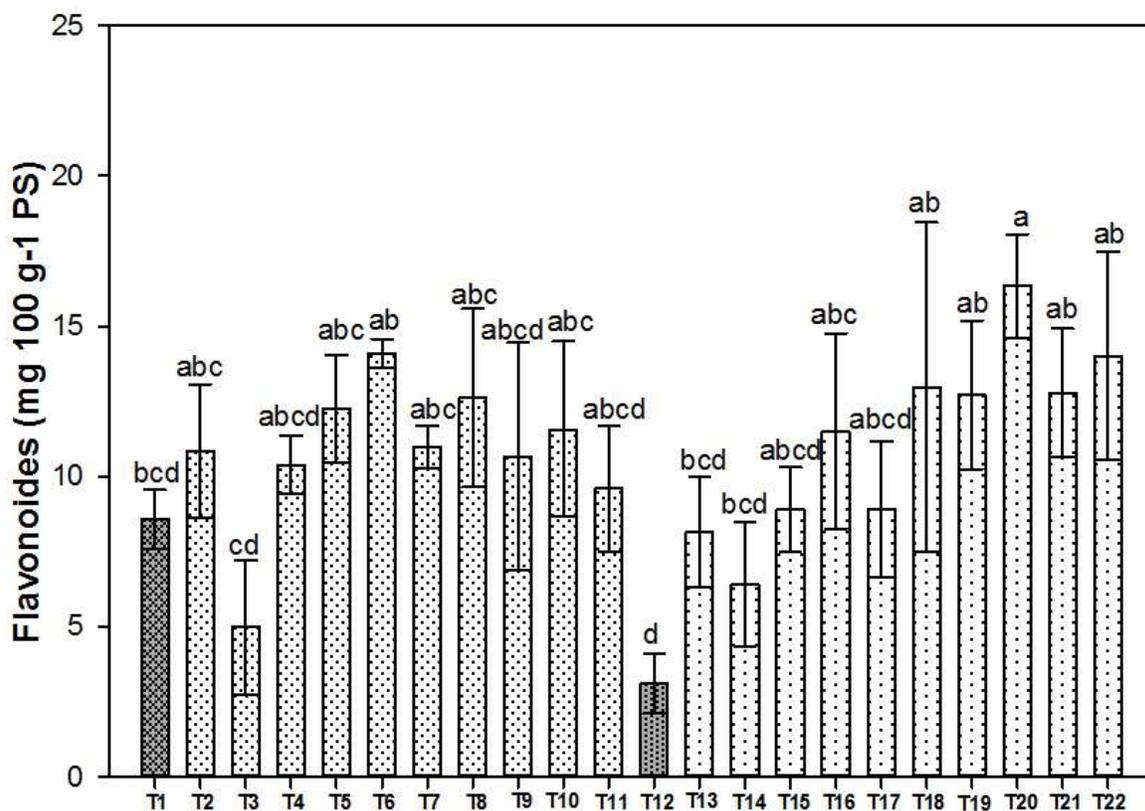
#### **7.3.8. Flavonoides**

La aplicación de extracto de fermento incrementó un 80.98% el contenido de flavonoides (16.3 mg 100 g<sup>-1</sup> PS de quercetina), al aplicar 4 mL/L de extracto de fermento de sargazo vía foliar (T20) con solución nutritiva al 50%, en comparación con los frutos de plantas testigo con solución nutritiva al 50% (T12), donde el contenido de flavonoides fue menor (3.10 mg 100 g<sup>-1</sup> PS de quercetina). También

hubo una disminución del 41.34-69.50% en el contenido de flavonoides en los frutos de plantas testigo donde se aplicó solución al 100% (T1), 2mL/L de extracto de fermento vía drench (T3) con solución nutritiva al 100%, 1 mL/L (T13) y 2 mL/L (T14) de extracto de fermento vía drench con solución nutritiva al 50% (9.56, 4.97, 8.16 y 6.41 mg 100 g<sup>-1</sup> PS de quercetina), con relación al tratamiento T20.

El contenido de flavonoides también fue mayor en frutos de plantas tratadas con 16 mL/L de extracto de fermento (T6) vía drench con solución al 100%, 1 mL/L (T18), 2 mL/L (T19), 8 (T21) y 16 mL/L (T22) de extracto de fermento vía foliar con solución nutritiva al 50% (14.10, 12.98, 12.71, 12.78 y 14.01 mg 100 g<sup>-1</sup> PS de quercetina), con respecto al testigo con solución nutritiva al 50% (T12) y 2 mL/L de extracto de fermento vía drench ( T3) con solución nutritiva al 100% (4.97 y 3.10 mg 100 g<sup>-1</sup> PS de quercetina).

Por otra parte, se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento testigo con solución nutritiva al 50% y los tratamientos de 1 mL/L (T2), 8 mL/L (T5) de extracto de fermento vía drench con solución al 100%, 1 mL/L (T7), 2 mL/L (T8), 8 mL/L (T10) de extracto de fermento vía foliar con solución nutritiva al 100% y 8 mL/L (T16) de extracto de fermento vía drench con solución al 50%, debido a que estos últimos mostraron una mayor concentración de flavonoides (10.84, 12.24, 10.98, 12.61, 11.57 y 11.51 mg 100 g<sup>-1</sup> PS de quercetina). En cuanto al resto de los tratamientos, los resultados observados indican que no hubo diferencias significativas, debido a que la acumulación de flavonoides entre esos tratamientos mostró una tendencia similar. Sin embargo, numéricamente la aplicación de 16 mL/L vía drench (T6) fue mayor en 39% que el testigo (T1) con 100% SN (Figura 12).



**Figura 12.** Contenido de flavonoides en frutos de plantas de pepino tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización. T1 a T6 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L vía drench, T7 a T11 con 1, 2, 4, 8, y 16 mL/L vía foliar todos con 100% SN. Del T12 a T17 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía drench y del T18 al T22 con 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía foliar todos con 50% SN. Cada barra representa el promedio por tratamiento  $\pm$  el error estándar. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

Cabe mencionar que los compuestos fenólicos y los flavonoides son un grupo inmenso de metabolitos secundarios de las plantas, los cuales se encuentran de forma natural y que tienen una gran variedad de ventajas, entre una de ellas es que

otorgan calidad nutracéutica a los frutos de las plantas (Lin *et al.*, 2018), por lo tanto, donde hubo mayor concentración de flavonoides la calidad nutracéutica del fruto incremento.

Los resultados obtenidos en este experimento contrastan con los obtenidos por Diaz *et al.* (2018), quienes aplicaron diferentes concentraciones de potasio, obtuvieron concentraciones de flavonoides de 1-2 mg 100 g<sup>-1</sup> PF, mientras que en este experimento se obtuvieron valores de 3-16 mg 100 g<sup>-1</sup> PS, los cuales fueron superiores a los que obtuvieron a la aplicación de sargazo.

La aplicación de 0.50 mM de ácido salicílico vía foliar benefició la concentración de flavonoides totales a comparación del tratamiento control, y donde se aplicó dosis bajas como 0.075 y 0.10 mM, hubo menor acumulación (Preciado *et al.*, 2019), por lo que la dosis más alta de ácido salicílico mejoró la calidad nutracéutica del fruto. Estos resultados son similares a los que se obtuvo al aplicar extracto con solución al 50%, con dosis arriba de 2 mL/L vía drench, pero difieren un poco con obtenidos al aplicarla vía foliar con solución al 50%, ya que desde una dosis baja incrementó el contenido de flavonoides totales, sin embargo, coinciden con el tratamiento control donde no se aplicó extracto, que obtuvo menor acumulación de flavonoides totales. Aun cuando hubo estas similitudes en el comportamiento a la aplicación de ambos productos, los resultados entre dichas investigaciones difieren, pues en el estudio antes mencionado obtuvieron concentraciones de 51.7-98.8 mg 100 g<sup>-1</sup> PF, los cuales son superiores a los obtenidos en este estudio.

Ji *et al.* (2021) al aplicar diferentes extractos, obtenidos por diferentes procesos de extracción, observaron que solo el extracto de hueso de pescado derivado por un

proceso de fermentación tuvo efectos positivos en la acumulación de flavonoides. Muchos extractos contienen una gran variedad de propiedades y sustancias bioactivas, por lo cual algunas de estas sustancias pueden interferir en la acumulación de flavonoides, fenoles y tener un efecto negativo en la actividad antioxidante.

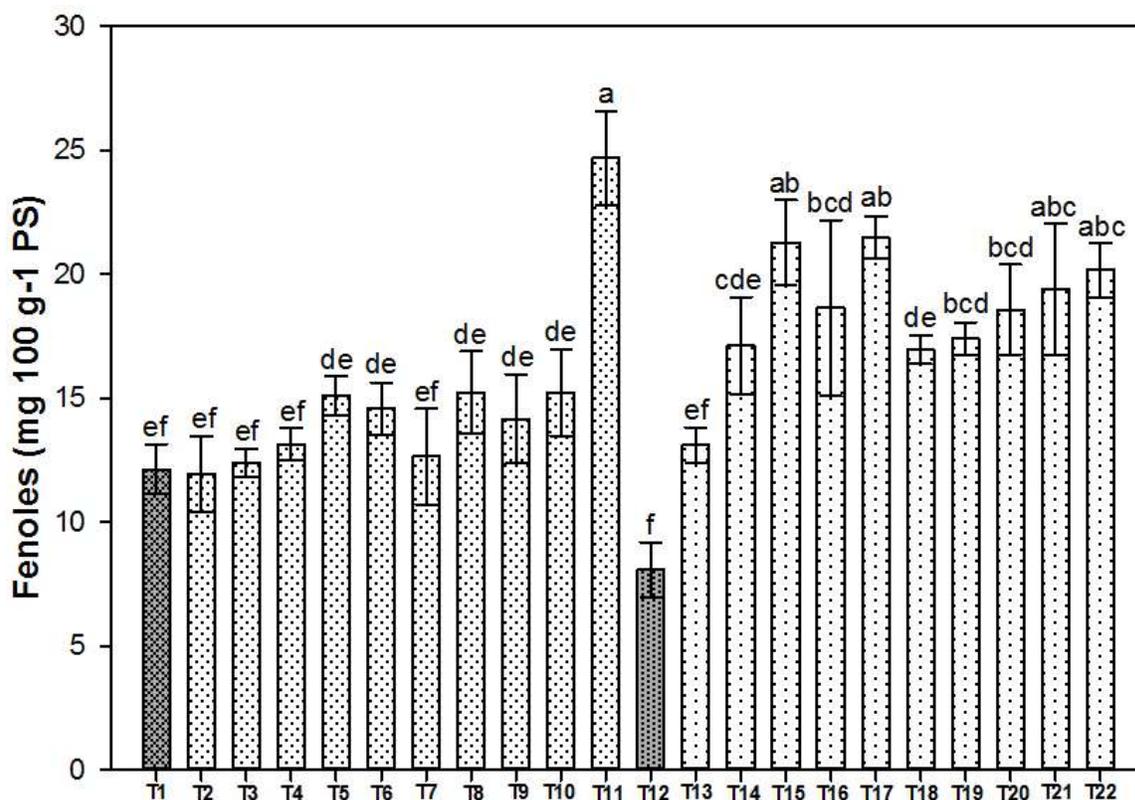
### **7.3.9. Fenoles**

Se encontró diferencias significativas en el contenido de fenoles totales en frutos de plantas donde se aplicó 16 mL/L de extracto de fermento de sargazo vía foliar (T11) con solución nutritiva al 100%, el cual presentó mayor concentración de fenoles (24.68 mg 100 g<sup>-1</sup> PS de ácido gálico), mostrando así diferencias estadísticas en el contenido de fenoles con la mayoría de los tratamientos, excepto con los tratamientos de 4 mL/L (T15) y 16 mL/L (T17) de extracto de fermento vía drench, 8 mL/L (T21) y 16 mL/L (T22) de extracto de fermento vía foliar con solución nutritiva al 50%, los cuales tuvieron concentraciones de fenoles de 21.29, 21.48, 20.73 y 20.17 mg 100 g<sup>-1</sup> PS de ácido gálico, respectivamente. Estos últimos tratamientos, presentaron diferencias significativas con el resto de los tratamientos donde se aplicó solución nutritiva al 100%, 1 mL/L (T13), 2 mL/L (T14) de extracto de fermento vía drench, 1 mL/L (T18) de extracto de fermento vía foliar con solución nutritiva al 50% y el testigo con solución nutritiva al 50% (T12).

El tratamiento T11 fue superior en 63.29% y significativamente superior al testigo con solución nutritiva al 50% (T12), el cual tuvo un contenido de 9.06 mg 100 g<sup>-1</sup> PS de ácido gálico, sin embargo, el T12 no mostró diferencias significativas con los tratamientos de 1mL/L (T2), 2 mL/L (T3), 4 mL/L (T4) de extracto de fermento vía

drench con solución al 100%, 1 mL/L (T7) de extracto de fermento vía foliar con solución al 100%, 1 mL/L (T13) de extracto de fermento vía drench con solución al 50% y con el testigo con solución al 100% (T1), los cuales tuvieron una concentración de 11.93, 13.02, 13.14, 12.64. 13.10 y 12.12 mg 100 g<sup>-1</sup> PS de ácido gálico respectivamente. Con el resto de los tratamientos si mostro diferencias estadísticas significativas (Figura 13).

En cuanto al testigo con solución nutritiva al 100% (T1) no tuvo diferencia con el resto de los tratamientos donde se aplicó solución nutritiva al 100%, pero si tuvo con los tratamientos 4 mL/L (T15), 8 mL/L (T16), 16 mL/L (T17) de extracto de fermento de fermento vía drench, 2 mL/L (T19), 4 mL/L (T20), 8 mL/L (T21) y 16 mL/L (T22) vía foliar con solución al 50%. Los compuestos fenólicos están relacionados con la calidad nutraceútica de los frutos y su acumulación muchas veces esta asociada como respuesta a un posible estrés en la planta, sin embargo, su acumulación se refleja en la actividad antioxidante de los frutos.



**Figura 13.** Contenido de compuesto fenólicos de frutos de plantas de pepino tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización. T1 a T6 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L vía drench, T7 a T11 con 1, 2, 4, 8, y 16 mL/L vía foliar todos con 100% SN. Del T12 a T17 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía drench y del T18 al T22 con 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía foliar todos con 50% SN. Cada barra representa el promedio por tratamiento  $\pm$  el error estándar. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

Díaz *et al.* (2018) reportaron valores de 10-17.5 mg 100 g<sup>-1</sup> PF, al aplicar diferentes concentraciones de potasio en cultivo de pepino hidropónico, dichos valores concuerdan con algunos de los obtenidos en este trabajo, debido a que estos oscilaron entre dichos rangos, sin embargo, los tratamientos donde se aplicó dosis

altas de extracto de fermento de sargazo vía foliar, tuvieron valores más altos a los ya mencionados, lo valores en el contenido de fenoles totales osciló entre los 9-24 mg 100 g<sup>-1</sup> PS.

Al respecto Preciado *et al.* (2019), obtuvieron los mismos efectos que en el contenido de flavonoides al aplicar ácido salicílico vía foliar, la aplicación de 0.50 mM favoreció la acumulación de fenoles totales, mientras que las plantas a las que no se les aplicó tratamiento (plantas control) presentaron frutos con menor concentración de compuestos fenólicos, y al igual que en el contenido de flavonoides las dosis bajas afectaron la acumulación de compuestos fenólicos, la concentración de compuestos fenólicos fue de 105.0-168.7 mg 100 g<sup>-1</sup> PF. Estos resultados coinciden con los obtenidos en este trabajo, debido a que la aplicación de dosis altas de extracto de algas vía drench y vía foliar, favoreció el contenido de compuestos fenólicos, mientras que las dosis bajas y el no aplicar extracto de fermento afectó el contenido de compuestos fenólicos.

Ji *et al.* (2021) al aplicar diferentes extractos obtenidos de diversos residuos agroindustriales, obtuvieron que la aplicación de estos no tuvo efectos positivos en la acumulación de compuestos fenólicos, flavonoides y capacidad antioxidante, solo las plantas tratadas con extracto de cebolla fueron las que tuvieron efectos positivos en la acumulación de compuestos fenólicos en el fruto de pepino. En comparación con la presente investigación, donde la aplicación de extracto de fermento de sargazo incrementó el contenido de compuestos fenólicos, flavonoides y capacidad antioxidante.

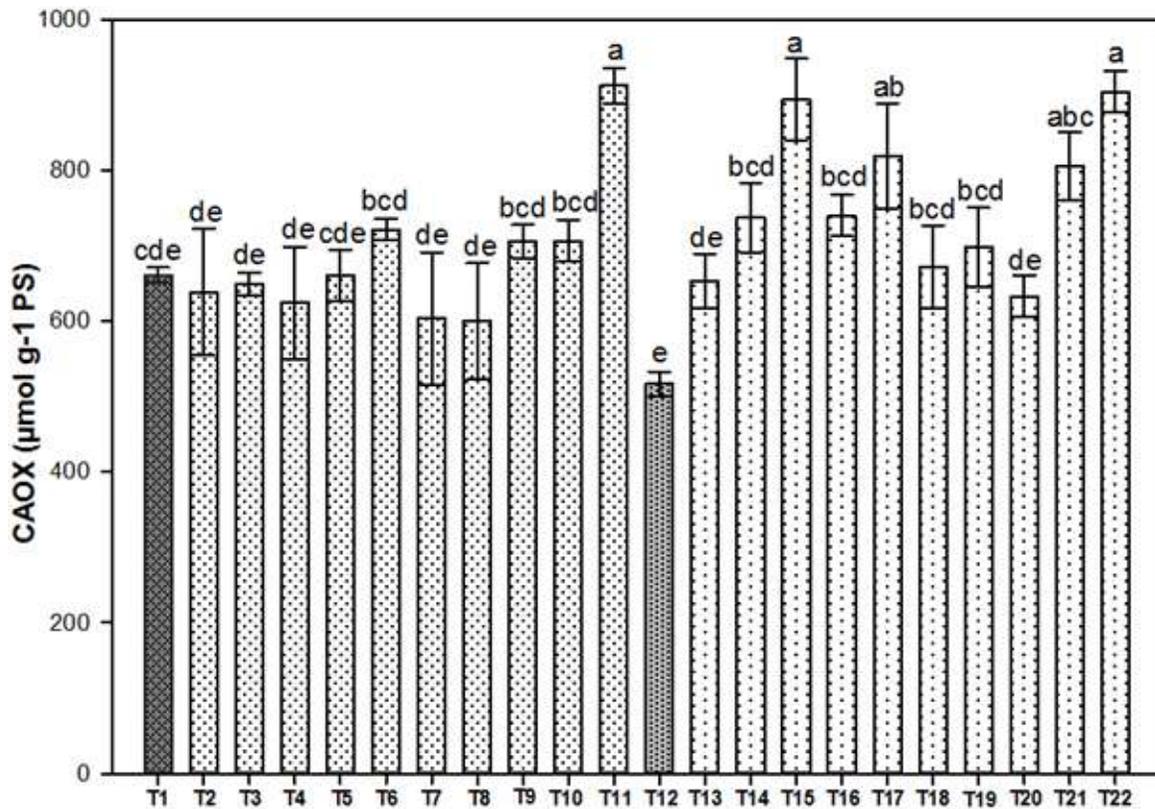
### **7.3.10. Capacidad antioxidante total (DPPH)**

La calidad fitoquímica de los frutos (antioxidantes) fue influenciada por los extractos de fermento en algunos tratamientos. Los valores más altos de actividad antioxidante se obtuvieron al aplicar 16 mL/L de extracto de fermento de sargazo vía foliar (T11) con solución nutritiva al 100%, 16 mL/L de extracto de fermento vía foliar (T22) con solución al 50%, 4 mL/L de extracto de fermento vía drench (T15) con solución al 50% (912.55, 904.59 y 893.78  $\mu\text{mol g}^{-1}$  PS de trolox), superando en un 43.38-42.19% a los tratamientos testigos con solución al 100% (T1) y 25% (T12).

El tratamiento testigo con solución nutritiva al 50% (T12) fue el que presentó menor actividad antioxidante (516.71  $\mu\text{mol g}^{-1}$  PS). Los tratamientos con los valores más altos tampoco mostraron diferencias significativas con el tratamiento de 16 mL/L de extracto de fermento vía drench (T17) con solución al 50% y 8 mL/L (T21) de extracto de fermento vía foliar con solución al 50% (819.71 y 805.48 un 43.38-42.19%), con el resto de los tratamientos si se observaron diferencias estadísticas (Figura 14).

Por otra parte, en la Figura 14 se observó que el tratamiento con 16 mL/L de extracto de fermento vía drench (T17) con solución al 50%, sus valores fueron estadísticamente diferentes a los del tratamiento control con solución nutritiva al 100% (T1), 1 mL/L (T2), 2 mL/L (T3), 4 mL/L (T4), 8 mL/L (T5) de extracto de fermento vía drench, 1 mL/L (T7), 2 mL/L (T8) de extracto de fermento vía foliar con solución nutritiva al 100%, 1 mL/L (T13) de extracto de fermento vía drench, 4 mL/L (T20) de extracto de fermento vía foliar con solución al 50% y con el testigo con solución al 50% (T12). De la misma forma el tratamiento donde se aplicó 8 mL/L (T21) de extracto de fermento vía foliar con solución al 50%, presentó diferencias

significativas con los mismos tratamientos, excepto con el control con solución al 100% (T1) y con tratamiento de 8 mL/L (T5) de extracto de fermento vía drench y solución al 100%. La actividad antioxidante está relacionada con la presencia de compuestos con propiedades antioxidantes, por ejemplo, los flavonoides y fenoles.



**Figura 14.** Actividad antioxidante de frutos de plantas de pepino tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización, por la técnica de DPPH. T1 a T6 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L vía drench, T7 a T11 con 1, 2, 4, 8, y 16 mL/L vía foliar todos con 100% SN. Del T12 a T17 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía drench y del T18 al T22 con 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía foliar todos con 50% SN. Cada barra representa el promedio por

tratamiento  $\pm$  el error estándar. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

Lo anterior coincide con lo reportado por Trejo *et al.* (2018), en un experimento realizado con pepino, observando que la aplicación de extractos de algas marinas como *Macrocystis Pyryfera*, aumentó el valor de antioxidantes en frutos de pepino, seguido de la aplicación de extracto del alga *Triquetrum de Bryothamnion*, los cuales superaron en 30 y 4% a los valores de antioxidantes a los tratamientos control, dichos extractos fueron aplicados vía foliar, en la presente investigación también se observó que la aplicación vía foliar favoreció la concentración de antioxidantes y los valores fueron superiores a comparación de los tratamientos testigo donde no se aplicó extracto de algas, sin embargo los resultados obtenidos a la aplicación de extracto de fermento de sargazo fueron superiores, a los que obtuvieron en dicho estudio, los valores de actividad antioxidante fueron incluso más altos en los testigo en comparación con los resultados que obtuvieron dichos autores al aplicar los extractos de algas (278.4-454.1  $\mu\text{mol g}^{-1}$  PF).

Santiago *et al.* (2016) al aplicar soluciones nutritivas orgánicas como té de compost y vermicompost, observaron que el té de compost favoreció la actividad antioxidante, obteniendo valores de 1391.1  $\mu\text{mol } 100 \text{ g}^{-1}$  PF, mientras que la aplicación de té de vermicompost no favoreció la actividad antioxidante (879.9  $\mu\text{mol g}^{-1}$  PF), incluso la actividad antioxidante de tratamiento control fue más alto (979.4  $\mu\text{mol g}^{-1}$  PF). Estos últimos valores son similares a los obtenidos al aplicar dosis altas de extracto de fermento, sin embargo, el té de compost incrementó más la actividad antioxidante, en comparación al extracto de fermento de sargazo. Al respecto, dicho autor

mencionó que el bajo contenido de nutrientes puede causar estrés nutricional en las plantas durante el crecimiento, promoviendo aumentos en la producción de compuestos fenólicos, lo cual aumenta la capacidad antioxidante. Este estudio también coincidió en que aun cuando la aplicación de extracto de fermento no mostró diferencias significativas con respecto al testigo, en las variables agronómicas, la aplicación de este si mejoró la calidad nutraceutica de los frutos lo mismo sucedió al aplicar té de compost, no mejoró las características agronómicas, pero si la capacidad antioxidante.

Díaz *et al.* (2018) al aplicar diferentes concentraciones potasio, los valores de flavonoides reportados fueron más bajos que los de este trabajo, mientras que para el contenido de fenoles, algunos valores fueron similares a los obtenidos en este experimento, sin embargo, los valores de capacidad antioxidante fueron más altos al aplicar diferentes concentraciones de potasio (1000-1600  $\mu\text{mol g}^{-1}$  PS), en comparación con los obtenidos al aplicar extracto de fermento de sargazo (516.61-912.55  $\mu\text{mol g}^{-1}$  PS).

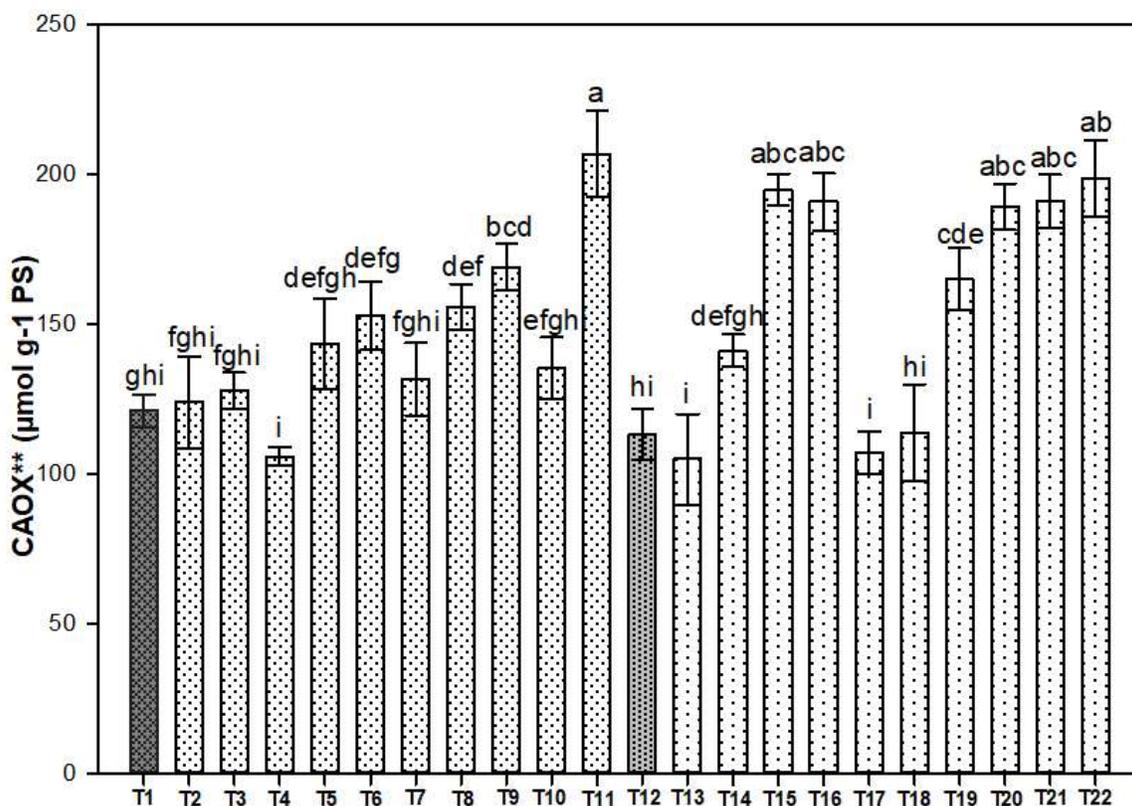
#### **7.3.11. Capacidad antioxidante total (ABTS)**

En cuanto a la actividad antioxidante bajo el método de determinación por ABTS, al igual que por el método DPPH, el valor más alto de actividad antioxidante se obtuvo en los frutos con 16 mL/L de extracto de fermento de sargazo vía foliar (T11) con solución al 100% (206.85  $\mu\text{mol g}^{-1}$  PS). Este tratamiento superó en un 18.24-49.23% a casi todos los tratamientos y a los 2 testigos (T1 y T12), excepto a los valores de actividad antioxidante de frutos donde se aplicó 4mL/L (T15), 8 mL/L (T16) de extracto de fermento vía drench con solución al 50%, 4 mL/L (T20), 8 mL/L (T21) y

16 mL/L (T22) de extracto de fermento vía foliar con solución al 50% (195.03, 190.88, 189.15, 191.09 y 198.06  $\mu\text{mol g}^{-1}$  PS). Sin embargo, estos tratamientos fueron estadísticamente diferentes al resto, excepto los valores de actividad antioxidante en los frutos donde se aplicó 4 mL/L de extracto de fermento vía foliar (T9) con solución al 100% y 2 mL/L de extracto de fermento vía foliar (T19) con solución al 50%.

Los tratamientos de 4 mL/L de extracto de fermento vía drench (T4) con solución al 100%, 1 mL/L (T13) y 16 mL/L (T17) de extracto vía drench con solución al 50%, mostraron diferencias significativas con los tratamientos donde se aplicó 8 mL/L (T5), 16 mL/L (T6) de extracto de fermento vía drench con solución al 100%, 2 mL/L (T8), 8 mL/L (T10) de extracto de fermento vía foliar con solución nutritiva al 100% y 2 mL/L (T14) de extracto de fermento vía drench con solución al 50%. Por otra parte, los valores de actividad antioxidante de los frutos donde se aplicó 1 mL/L (T18) de extracto de fermento vía foliar con solución al 50% y el testigo sin extracto con solución al 50% (T12), no presentaron diferencias significativas, debido a que tuvieron valores similares.

Los resultados obtenidos en la actividad antioxidante eran esperados, debido a que el tratamiento que generó mayor contenido de compuestos fenólicos fue el mismo que presentó mayor actividad antioxidante, es decir la aplicación de 16 mL/L vía foliar con solución al 100% favoreció la acumulación de compuestos fenólicos, presentando así mejor actividad antioxidante y como se puede observar en la Figura 15 hubo mucha variación en la actividad antioxidante en los diferentes tratamientos.



**Figura 15.** Actividad antioxidante de frutos de plantas de pepino tratadas con diferentes dosis de extracto de fermento de sargazo y dos dosis de fertilización, por la técnica de ABTS. T1 a T6 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L vía drench, T7 a T11 con 1, 2, 4, 8, y 16 mL/L vía foliar todos con 100% SN. Del T12 a T17 con 0, 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía drench y del T18 al T22 con 1, 2, 4, 8 y 16 mL/L respectivamente vía foliar todos con 50% SN. Cada barra representa el promedio por tratamiento  $\pm$  el error estándar. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

Bajo el método de determinación por ABTS también se obtuvieron valores más altos al aplicar extracto de fermento de sargazo, en comparación con lo obtenido por Trejo *et al.* (2018), donde aplicaron algunas especies de algas marinas con valores en un

rango de 90.6-149.4  $\mu\text{mol g}^{-1}$  PF, mientras que los de este experimento fueron de 105-206.85  $\mu\text{mol g}^{-1}$  PS.

## VIII. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, la aplicación de extracto de fermento de sargazo no favoreció la expresión de las variables altura de la planta, diámetro del tallo, longitud de fruto y diámetro de fruto. La aplicación del extracto de fermento de sargazo tampoco favoreció el resto de las variables agronómicas, debido a que no se mostró diferencias significativas con respecto al testigo. Sin embargo, la aplicación del extracto de fermento de sargazo favoreció cuando se aplicó solución nutritiva al 50%, debido a que el rendimiento no se vio afectado, ni la calidad nutracéutica de los frutos, la aplicación vía drench y vía foliar tuvo mejor efecto cuando se aplicó arriba de los 2 mL/L, en el caso donde se aplicó solución al 50%.

La dosis de 16 mL/L vía foliar fue la que presentó mejores resultados, cuando se aplicó solución nutritiva al 100%, mejoró las características bioquímicas del fruto de pepino, pues favoreció la acumulación de compuestos fenólicos e incrementó la actividad antioxidante.

Por lo tanto, se concluye que es posible disminuir la concentración de la solución nutritiva, cuando se aplica un bioestimulante, en este caso, el extracto de fermento de sargazo, sin que afecte la calidad de los frutos y el rendimiento. Así mismo, la aplicación del extracto mejorará la calidad nutracéutica de los frutos.

## IX. LITERATURA CITADA

- Anaya, L. A., L. 2003. Ecología Química. Editorial Plaza y Valdez. México, D.F. 39 P.
- Arnon DI. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoxidase in beta vulgaris. Plant physiology 24:1-15.
- Ayala, T., F., López, O., C., A., Yáñez, J., M., G., Diaz, V., T., Velázquez, A., T., J., y Parra, D., J., M. 2019. Densidad de plantas y poda de tallos en la producción de pepino en invernadero. Rev. Mex. Cienc. Agric. 10(1): 79-90.
- Ahmed, Y., Elzaawely, AA. And Al-Ballat, I. Menoufia J. Plant Prod. 5:63:75.
- Azcon-Bieto, J., y Talón, M. 1993. Fisiología y Bioquímica Vegetal. Valencia, España. Editorial McGraw-Hill-Interamericana. Pp. 237-284.
- Barraza A. F. V. 2015. Calidad morfológica y fisiológica de pepinos cultivados en diferentes concentraciones nutrimentales. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 9(1) 60-71. Doi: <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2015v9i1.3746>
- Calero, H., A., Quintero, R., E., Pérez, D., González, P., Y., González., L., T., N., 2019. Microorganismos eficientes y lixiviado de vermicompost aumentan la producción de pepino. Rev. U.D.C.A. Act. & Div Cient. 22(2):1167. <http://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1167>
- Chacón P. K. y Monge P. J. E. 2020. Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo invernadero: comparación entre tipos de pepino. Tecnología en Marcha. 33(1)17-35. <https://doi.org/10.18845/tm.v33i1.5018>
- Chang, C., C., Yang, M., H., Wen, H., M., and Chern, J., C. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of Food and Drug Analysis. 10(3):178-182.
- Díaz, M., H., A., Preciado, R., P., Sánchez, C., E., Esparza R. R. J.; Fortis H., M. y Álvarez R., V. P. 2014. Producción orgánica y capacidad antioxidante de frutos de pepino. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 20:4245-4250.
- Díaz-Méndez H. A., Preciado-Rangel, P., Sánchez, C., E, Esparza R. R. J.; Fortis H. M. y Álvarez R. V. P. 2018. El potasio en la calidad nutracéutica de frutos de pepino hidropónico. ITEA. 110(4):335-342. <http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.021>.
- Díaz. M., H., A., Preciado, R., P., Sánchez, C., E., Esparza, R., J., R., Fortis, H., M., Álvarez, R., V., P. 2018. El potasio en la calidad nutracéutica de frutos de pepino hidropónico. Rev. Mex. Cienc. Agric. 20: 4245- 4250.
- Du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories, and regulation. Scientia Horticulture. 196: 3-14. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>

EL Mehdi, EB., Barakate, M., Bouhia, Y. and Lyamlouli, K. 2020. Trends in Seaweed Extract Based Bioestimulants: Manufacturing Process and Beneficial Effect on Soil-Plant Systems. *Plants*. 9(3):359. doi:10.3390/plants9030359

Farrag D., K. H., Omara, A. A., El-Said, M. N. 2015 Importancia de la aspersion foliar con algunas rizobacterias promotoras de crecimiento y algunos bioestimulantes naturales sobre el rendimiento y la calidad de la planta de pepino. Egipto. *J. Hort.* 321 y 332.

Gálvez, H. F. 2004. El cultivo del pepino en invernadero. Editor manual de producción hortícola en invernadero. 2° Edición. P. 282-293.

González G., L. G., Jiménez A., M. C., Castillo C. D., Paz M. I.; Cambara R., A. Y. y Falcón R. A. 2018. Respuesta agronómica del pepino a la aplicación de QuitoMax en condiciones de organoponía. *Revista Centro Agrícola*. 45(3) 27-31.

Hassan, S., M., Mohamed, A., Nobumitsu, S., Lixin, Z., Hesham, A. Hassanien, A., G., and Gamal A. 2021. Impact of Seaweed Liquid Extract Biostimulant on Growth, Yield, and Chemical Composition of Cucumber (*Cucumis sativus*)" *Agriculture* 11(4): 320. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040320>

Hoagland, D., R., and Arnon, D., I., 1938. Water-culture method for growing plants without soil. University of California. Collage of Agriculture. Agricultural Experiment Station 39p.

Ji, J., S., Hwa, P., H., and In, K., Y. 2021. Application of various Extracts Enhances the Growth and Yield of Cucumber (*Cucumis Sativus* L.) without Compromising the Biochemical Content. *Agronomy*. 11(3):505. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030505>

Lin, M., Zhang, J., y Chen, X. Flavonoides bioactivos en Moringa oleífera y sus propiedades promotoras de la salud. 2018. *Función J. Alimentos*,47, 469–479.

López, E., Calero, A., Gómez, Y., Gil, Z., Henderson, D., Jiménez. 2017. Efecto agronómico del biosólido en el cultivo de tomate (*Solanun lycopersicum*): control biológico de *Rhizoctonia solani* *Cultiv. Trop.* 38(1):13-23.

López, Z. C. M. 2003. Guía técnica; cultivo del pepino. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y forestal. CENTA. 45 P.

Mármol R., J. 2011. Cultivo de pepino en invernadero. Editor Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino, Madrid España. 22 p.

Mejías, M., Molist, P., y Pombal A., M. 2015. Órganos Vegetales. Atlas de histología vegetal y animal I. Pp. 1-13.

Moreno, D., W. Cruz., E. García, A. Ibáñez, J. Barrios y B. Barrios. 2013. Cambios fisicoquímicos postcosecha en tres cultivares de pepino con y sin película plástica. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 4(6), 909-920.

Nagy, P.T.; Pintér, T. Effects of Foliar Biofertilizer Spray on Nutrient Uptake, Yield, and Quality Parameters of Blaufrankish (*Vitis vinifera* L.) Grapes. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **2015**, *46*, 219–227. <https://doi.org/10.1080/00103624.2014.989016>

Preciado, R., P., Reyes, P., J., J., Ramírez, R., S., C., Salas, P., L., Fortis, H., M., Murillo, A., B., and Troyo, D., E. 2019. Foliar Aspersion of Salicylic Acid Improves Phenolic and Flavonoid Compounds and Also the Fruit Yield in Cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plants*. *8*(4):1-8. [doi:10.3390/plants8020044](https://doi.org/10.3390/plants8020044)

Piñol, M., T. y Palazón. 1993. *Metabolismo secundario. Fisiología y Bioquímica Vegetal*. Madrid Iberoamericana McGraw Hill. Pp. 237-283.

Orozco, S. F., Hoyos, R. S. y Arias, Z. M. E. 2002. Cultivo de células vegetales en biorreactores: un sistema potencial para la producción de metabolitos secundarios. *Rev. Fac. Nal. Agr.* *55*(1):1473-1495.

Reche, G. J. 2011. *Cultivo de pepino en invernadero*. Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Secretaria General Técnica. Madrid. 59 p.

Rouphael, Y., Giordano, M., Cardarelli, M., Cozzolino, E., Mori, M., Kyriacou, M., C., Bonini, P. and Colla, G. 2018. Plant- and Seaweed-Based Extracts Increase Yield but Differentially Modulate Nutritional Quality of Greenhouse Spinach through Biostimulant Action. *Agronomy* *8*, no. *7*: 126. <https://doi.org/10.3390/agronomy8070126>

Santiago, L., G., Preciado, R., P., Sánchez, C., E., Esparza, R., J., R., Fortis, H., M., and Moreno, R., A. 2016. Organic nutrient solutions in production and antioxidant capacity of cucumber fruits. *Journal of Food and Agriculture*. *28*(7): 518-521. DOI: [10.9755/ejfa.2016-01-083](https://doi.org/10.9755/ejfa.2016-01-083)

SAGARPA 2015. *Agenda Técnica Agrícola para Baja California Sur*. Segunda edición. ISBN: 978-607-7668-11-4

SAGARPA. 2018. *Atlas Agroalimentario 2012-2018*, Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). SAGARPA, 1, p. 222. Doi:10.1111/resp.12002.

Salisbury, F. y Ross. 1994. *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamericana. México. 759p.

Soriano, M., LL. de A., Izquierdo, O., A., H., Saucedo, E., Y., A., y Cárdenas, F., A. 2019. Efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre la calidad y capacidad antioxidante de frutos de calabacita (*Cucurbita pepo* L. var. Grey Zucchini). *Tierra Latinoamericana*. *38*: 17-28. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.516>

Trejo, V., R., Sánchez, A., L., Fortis, H., M., Preciado, R., P., Gallegos, R., M., A., Antonio, C., R., C., and Vázquez, V., C. 2018. Effect of seaweed aqueous extracts and compost on vegetative growth, yield, and nutraceutical quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.) fruit. *Agronomy*. *8*(264): 1-13.

- USDA-NRCS. 2015. Natural Resources Conservation Service. *Cucumis Sativus* L.
- Valdez, L. 1994. Producción de hortalizas. Noneg editores, México DF. Pp.258-269.
- Verheul, M.J., R. Slimestad y L.R. Johnsen. 2013. Physicochemical changes and sensory evaluation of slicing cucumbers from different origins. *Europ. J. Hort. Sci.* 78(4), 176-183.
- Waterman, P., G., and Mole, S. 1994. Analysis of phenolic plant metabolites. Blackwell Scientific.
- Yen, G., C., and Chen, H., Y. 1996. Relationship between antimutagenic activity and major components of various teas. *Mutagenesis.* 11, 37-41
- Zamudio, G., B., A., Félix, R. 2014. Producción de pepino bajo invernadero en valles altos del Estado de México. Folleto Técnico. INIFAP.
- Zermeño, G., A., López, R., B., R., Melendres, A., A., I., Ramírez, R., H., Cárdenas, P., J., O., y Munguía, L., J., P. 2015. Extracto de alga marina y su relación con fotosíntesis y rendimiento en planta de vid. *Rev. Mex. Cienc. Agric. Pub. Esp. Núm.* 12: 2437-2446.
- Zamora, S., S., Loa, Z., J., L., Beltrán, M., F., A., Loya, R., J., G., Ruiz., E., F., H., y Palacios, E., A. 2021. Algae extract a biofertilizer in the quality of cucumber (*Cucumis sativus*). *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research.* 4(3): 3771-3776. DOI: [10.34188/bjaerv4n3-082](https://doi.org/10.34188/bjaerv4n3-082)