

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Efecto de Tres Bioestimulantes Sobre la Producción de Pepino Europeo (*Cucumis sativus* L.) Bajo Invernadero en Saltillo, Coahuila.

Por:

**OMAR UCAN TUCUCH**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Efecto de Tres Bioestimulantes Sobre la Producción de Pepino Europeo (*Cucumis sativus* L.) Bajo Invernadero en Saltillo, Coahuila.

Por:

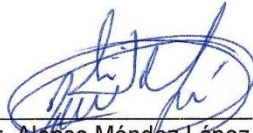
**OMAR UCAN TUCUCH**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



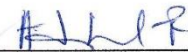
Dr. Alonso Méndez López  
Asesor Principal Interno



Dra. Miriam Sánchez Vega  
Asesor Principal Externo



Dra. Xóchitl Ruelas Chacón  
Coasesor



Dra. Aida Isabel Leal Robles  
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2019



## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios y a la Virgen de Guadalupe, por sus bendiciones, fuerzas, prestarme la vida y permitir terminar una meta más de mi vida, por ser mi guía y haberme acompañado durante toda mi vida profesional.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, mi Alma Terra Mater por haber permitido que me desarrollara académicamente dentro de sus instalaciones y poder terminar mi carrera profesional, sin duda me quedé con los recuerdos más agradables en mi estancia escolar.

Al departamento de Botánica y sus maestros, por su apoyo incondicional y dedicación como profesores, que me apoyaron brindándome sus conocimientos semestres tras semestre, y así poder tener la dicha de terminar mi carrera como ingeniero en Agrobiología.

Al Dr. Alonso Méndez López, por el gran apoyo brindado para la realización de este trabajo, gracias a su paciencia, de compartir conmigo su entusiasmo y sus consejos, así como sus conocimientos.

Al comité revisor Dra. Mirian Sánchez Vega, Dra. Xóchitl Ruelas Chacón y a la Dra. Aida Isabel Leal Robles, muchas gracias por su tiempo brindado y dar sus valiosas opiniones, contribuciones y sugerencias al presente trabajo.

A todos mis compañeros de clases en especial a todos los de la generación CXXVII de Ingenieros en Agrobiología, en especial a Everardo Agüero, Rolando Durantes, Mayeli Gurgua, Raúl Morales, por convivir con ellos momentos inolvidables como compañeros universitarios en todos esos momentos que convivimos juntos durante la carrera, así como mis amigos en casa Pedro Cab Palma y a todas esas personas que me consideran parte de su amistad.

De igual manera, he de mencionar a una persona, cuya presencia y forma de ser ha influido e impactado en prácticamente todos los aspectos de mi vida. Su llegada en el camino que decidí tomar me ha comprobado que tomé una de las mejores decisiones de mi vida, y me dan mil razones cada día para superarme y ser la mejor versión de mí mismo. No estaría completo sin agradecer a mi novia Lola por apoyarme en esta fase tan importante de mi vida.

## **DEDICATORIAS**

A mis padres:

**MARÍA VICTORIA TUCUCH VARGAS**

**MOISÉS UCAN CHAN**

Por haberme dado la vida, estar siempre en cada momento a mi lado demostrándome su cariño y dándome todo su amor, por sus consejos, confianza necesaria de creer en mí y por todos los momentos felices que he pasado a su lado. Este trabajo se los dedico agradeciéndoles su apoyo económico y esfuerzo realizado, para que yo pueda concluir mis estudios, este sacrificio no fue en vano fue suyo.

A mi hermano Eduardo por ser una persona que admiro, ser un amigo y apoyarme en todo, te dedico este trabajo con todo mi cariño.

A mis abuelos:

Eufrasia Vargas y Camilo Tucuch

Alicia Chan y Marco Antonio Ucan

Por su confianza y que siempre estuvieron al pendiente de mí.

A mis tíos, primos por su apoyo moral y los consejos que me brindaron en algún momento y a todas aquellas personas que contribuyeron en mi vida profesional.

A toda mi familia en general gracias por su apoyo.

## INDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iii
<b>DEDICATORIAS</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>RESUMEN</b> .....	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Justificación.....	2
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo general.....	3
1.2.2. Objetivo específico.....	3
1.3. Hipótesis.....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
2.1. Clasificación y origen del pepino.....	4
2.2. Importancia de la especie.....	4
2.3. Descripción de <i>Cucumis sativus</i> L.....	5
2.3.1. Semilla.....	5
2.3.2. Fruto.....	5
2.3.3. Sistema radical.....	6
2.3.4. Tallo.....	6
2.3.5. Flor.....	7
2.3.6. Hojas.....	7
2.4. Aspectos fenológicos de cultivo de pepino.....	7
2.5. Valor nutricional.....	8
2.6. Requerimientos climáticos.....	8
2.7. Producción en invernadero.....	9
2.7.1. Estructuras utilizadas para la agricultura protegida.....	9
2.7.2. Producción de pepino en invernadero en México.....	10
2.8. Nutrición foliar.....	11
2.9. Los bioestimulantes.....	11
2.9.1. Importancia de los bioestimulantes.....	12
2.9.2. Mecanismo de acción de los bioestimulantes.....	13

2.9.3.	Modo de acción de los bioestimulantes.....	13
2.9.4.	Tipos de bioestimulantes .....	14
2.9.5.	Uso de bioestimulantes en los cultivos agrícolas .....	16
2.10.	Tendencias en la agricultura.....	16
2.11.	Agricultura orgánica .....	17
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
3.1.	Ubicación del experimento.....	19
3.2.	Localización geográfica.....	19
3.3.	Material biológico.....	19
3.4.	Acondicionamiento de área de siembra.....	19
3.5.	Manejo del cultivo.....	20
3.6.	Diseño y establecimiento del experimento .....	21
3.7.	VARIABLES EVALUADAS .....	23
3.7.1.	VARIABLES VEGETATIVAS:.....	23
3.7.2.	VARIABLES DE CALIDAD POSCOSECHA: .....	24
3.8.	Análisis estadístico.....	26
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>27</b>
4.1.	VARIABLES VEGETATIVAS .....	27
4.1.1.	Análisis de varianza .....	27
4.1.2.	Comparación múltiple de medias .....	28
4.2.	VARIABLES DE CALIDAD POSCOSECHA DE FRUTO.....	32
4.2.1.	Análisis de varianza .....	32
4.2.2.	Comparación múltiple de medias .....	32
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>39</b>
<b>VI.</b>	<b>LITERATURA CONSULTADA.....</b>	<b>40</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Dosis comercial de biofertilizantes utilizados como tratamiento en la producción de pepino. UAAAN, Coahuila, México. 2018. ....	21
<b>Cuadro 2.</b> Características y componentes de bioestimulantes aplicados al cultivo de pepino bajo invernadero. UAAAN, Coahuila, México. 2018.....	22
<b>Cuadro 3.</b> Cuadrados medios del análisis de varianza para los componentes vegetativos y calidad del fruto, en pepino, mediante la aplicación de bioestimulantes. UAAAN, Coahuila, México, 2018. ....	27
<b>Cuadro 4.</b> Comparación múltiple de medias para variables vegetativas en pepino y calidad del fruto, mediante la aplicación de bioestimulantes. UAAAN, Coahuila, México, 2018. ....	31
<b>Cuadro 5.</b> Cuadrados medios del análisis de varianza para los componentes de poscosecha en pepino, mediante la aplicación de bioestimulantes, UAAAN, Coahuila, México, 2018. ....	32
<b>Cuadro 6.</b> Comparación múltiple de medias de Tukey para variables poscosecha de fruto en pepino, mediante la aplicación de bioestimulantes, UAAAN, Coahuila, México, 2018. ....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Comportamiento del contenido de clorofila en unidades SPAD a través del tiempo en el cultivo de pepino europeo. UAAAN, Coahuila, México, 2018.. 29

**Figura 2.** Pérdida porcentual de peso de frutos del pepino, evaluados después de la aplicación de bioestimulantes, UAAAN, Coahuila. 2018..... 37



## RESUMEN

La agricultura actual tiende hacia la búsqueda de alternativas que garanticen el incremento de los rendimientos y disminuya el uso de insumos químicos. Los bioestimulantes contienen principios activos, que actúan sobre la fisiología de las plantas generando un balance nutricional, aumentan el desarrollo y mejora la productividad en la calidad del fruto. En el presente trabajo se evaluó el efecto de tres bioestimulantes sobre la producción de pepino europeo variedad Espartaco en un sistema orgánico en condiciones de invernadero, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos los cuales fueron Biozyme TF<sup>®</sup> con una dosis de 3.0 mL·L<sup>-1</sup>, Optifert<sup>®</sup> con una dosis de 3.0 g·L<sup>-1</sup>, Profixx Zit<sup>®</sup> con una dosis de 3.0 mL·L<sup>-1</sup> y agua destilada como testigo. Se midieron los parámetros vegetativos [grosor de tallo (GT), número de frutos (NF), peso del fruto (PF), diámetro polar (Dpol) y ecuatorial del fruto (Decu), clorofila], y para parámetros de poscosecha del fruto [vitamina C (VitC), acidez titulable (Act), firmeza (Fza), grados brix (°Brix), porcentaje de materia seca (Pmat), color de la cascara y pérdida de peso (PP)]. Los mejores resultados se obtuvieron con Optifert<sup>®</sup> reflejados en las variables PF y Decu (610.73 g y 37.93 mm) y Biozyme TF<sup>®</sup> (585.31 g y 34.82 mm). En la variable número de frutos el mejor tratamiento fue Biozyme TF<sup>®</sup> con una media de 4.1 frutos por planta. Para las variables de poscosecha, el tratamiento Optifert<sup>®</sup> favoreció vitamina C, con 5.65 mg·100 g<sup>-1</sup>, seguido por el tratamiento Biozyme TF<sup>®</sup> con 4.02 mg·100 g<sup>-1</sup>. En la variable Act el mejor tratamiento fue Profixx Zit<sup>®</sup> con 0.1005% seguido por Optifert<sup>®</sup> con 0.0934%. Para las variable Pmat y Ccas, Profixx Zit<sup>®</sup> fue el bioestimulante que presentó la mejor respuesta con un valor de 1.91% de biomasa y 38,10 L\*, respectivamente. El bioestimulante Optifert<sup>®</sup> promovió los mejores efectos en la calidad de frutos en el cultivo de pepino.

**Palabras clave:** Pepino, bioestimulantes, orgánico.

## I. INTRODUCCIÓN

El pepino (*Cucumis sativus* L.), es una hortaliza que se cultiva prácticamente en todo el mundo e incluso en invernaderos en los países con clima templado durante el invierno; se cotiza a un alto precio en determinados meses del año. A nivel mundial los países que logran los mayores rendimientos son China 25 073.163 t, Turquía 1 750.000 t, Irán 1.350.000 t y Estados Unidos 1 046.960 t (González *et al.*, 2012).

Existe una problemática ecológica asociada a la utilización de productos químicos (insecticidas, fertilizantes, herbicidas, entre otros) para la producción de hortalizas, que pone en duda la capacidad de alimentar a las futuras generaciones (Laurin *et al.*, 2006; García-Gutiérrez *et al.*, 2012; Paradikovic *et al.*, 2013).

La tendencia actual en la agricultura es encontrar alternativas que garanticen el incremento de los rendimientos y disminuyan o eliminen el uso de fertilizantes, plaguicidas y reguladores del crecimiento producidos por las industrias químicas, ya que estos compuestos poseen un elevado riesgo de contaminación ambiental (Cabrera *et al.*, 2011). La producción orgánica se concibe como una visión holística de la agricultura, pues promueve la intensificación de los procesos naturales para lograr el incremento de la producción (Chen *et al.*, 2005).

Otra razón por la que se vuelve importante la producción orgánica de hortalizas es por la tendencia de los consumidores de preferir alimentos libres de contaminantes químicos dado que en los métodos de producción intensiva se utilizan gran cantidad de agroquímicos y fertilizantes, también se ha demostrado un alto contenido nutricional en las hortalizas que se producen orgánicamente por ello la preferencia de consumirlas (Márquez-Hernández *et al.*, 2006).

La producción orgánica de hortalizas bajo un sistema de invernadero tiene muchos beneficios, desde el aumento de la producción, eliminación de problemas de la agricultura orgánica establecida a cielo abierto y el aumento de la relación beneficio-costos, porque se pueden obtener frutos de buena calidad en cualquier época del año si tener contratiempos ambientales que afecten la producción (Márquez-Hernández *et al.*, 2006; Paradikovic *et al.*, 2013).

Por otra parte, los bioestimulantes son una variedad de productos, cuyo común denominador es que contienen principios activos, que actúan sobre la fisiología de las plantas, aumenta el desarrollo y mejora productividad en la calidad del fruto y contribuyen a que las especies vegetales tengan más resistencia a enfermedades (Díaz, 1995; Anatolyivna-Tsygankova *et al.*, 2014; Du-Jardin, 2015).

### **1.1. Justificación**

Tanto en México como en el mundo, uno de los problemas más grandes es la contaminación ocasionada por la materia prima utilizada en los sistemas de producción agrícola intensivos, estos degradan principalmente los suelos y los mantos acuíferos. El uso desmedido de productos químicos que se aplican a la agricultura y el incremento de la demanda de comida vislumbran un panorama muy preocupante en donde la sustentabilidad es casi nula.

Durante el proceso de producción de los cultivos generalmente se hacen aplicaciones periódicas de sustancias químicas para reforzar la nutrición mineral y para evitar o minimizar el daño por las plagas, sin embargo, estos productos tienen un impacto negativo en el ambiente y sobre todo en el personal encargado de realizar dichas aplicaciones; la presente investigación se realizó con el propósito de utilizar productos orgánicos en un sistema de producción ecológica reemplazando el uso de los productos químicos, además de obtener como beneficio la mejoría en calidad del producto.

Los bioestimulantes orgánicos son productos ecológicos y se utilizan como una alternativa a emplear en las prácticas de la agricultura sostenible dentro de un sistema de producción agrícola orgánica, los cuales ayudaran a mantener por debajo las tasas de contaminación, y favorecerá la competencia en cuanto a productividad y calidad, dentro de los mercados existentes.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de tres bioestimulantes en la producción de pepino europeo (*Cucumis sativus L.*) en un sistema de producción orgánica bajo invernadero.

### **1.2.2. Objetivo específico**

Comparar la productividad en cada tipo de bioestimulante, para determinar aquellos que favorezcan la mejor expresión de rendimiento vegetativo y calidad de frutos.

## **1.3. Hipótesis**

La aplicación de bioestimulantes promueve un desarrollo vigoroso de la planta ya que mejora sus procesos fisiológicos, propiciando una mejor calidad y sabor, así como mayor resistencia a diversas enfermedades gracias a sus principios activos como fitohormonas y elementos minerales que inducen en conjunto procesos fisiológicos en la planta, lo que promueve su productividad y calidad del fruto.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Clasificación y origen del pepino

El pepino es una hortaliza que pertenece a la familia de las cucurbitáceas es una planta dicotiledónea, herbácea y anual, cuyo nombre científico es *Cucumis sativus* L. En esta familia botánica podemos encontrar otros cultivos como el melón, la calabaza y la sandía (Fornaris, 2001).

El origen de este vegetal según investigaciones tiene lugar en las regiones tropicales del sur de Asia, existen registros de cultivos de pepino con más de 3 000 años de antigüedad, reportados para el noreste de la india, esta especie era conocida por los israelitas en el antiguo Egipto, también por los romanos y los griegos. Se sabe que era cultivado bajo condiciones protegidas para el consumo de los emperadores romanos. Se introdujo al continente europeo por los mismos romanos, y gracias a los exploradores como Cristóbal Colón, se introdujo al continente americano a principios del siglo XVI (López-Samora, 2003).

### 2.2. Importancia de la especie

Este vegetal es de alto potencial económico porque se consume en casi todas las regiones del mundo, se puede consumir en ensaladas, como jugo y adornos de diferentes platos. En México el cultivo de pepino ya sea bajo invernadero o en cielo abierto genera ganancias al ser exportado a otros países (Fornaris, 2001; López-Samora, 2003).

Las variedades que mayormente se cultivan en invernadero son el tipo europeo, esta especie es de importancia agrícola a nivel mundial, tan solo en México según datos del servicio de información agrícola y pesquera (SIAP), en 2014 se sembraron un total de 16 902 ha. El cultivo de pepino se establece mayormente en invernadero obteniendo rendimientos lo que ha hecho que esta tecnología se adopte preferentemente entre los productores (INTAGRI, 2019).

### **2.3. Descripción de *Cucumis sativus* L.**

Tipo fanerógamas por reproducirse por medio de semillas. Subtipo angiospermo cuyo gineceo posee ovario y estigma, y las semillas están encerradas en el fruto. Clase dicotiledóneas por disponer sus semillas de dos cotiledones. Subclase Dicotiledóneas gamopétalas por tener periantio (corola) con las piezas soldadas por lo menos en la base, flores pentámeras y de estambres insertos en ella con el cáliz soldado a la corola y, en general, no agrupadas en inflorescencias. Ovario ínfero adherente al cáliz o plantas inferoovaricas. Su fruto es pepónide carnoso y acuoso (Reche-Marmol, 2012).

#### **2.3.1. Semilla**

En las semillas de pepino existen tegumentos que tienen la funcionalidad de proteger las sustancias nutritivas y el embrión. Esto es muy importante porque de ahí depende si la semilla germina y si se desarrollara eficazmente y de forma normal una plántula.

Las semillas de pepino tienen como características un color amarillento blanquecino, un tamaño aproximado de 8 a 10 mm de longitud (algo más pequeños que las del melón) son lisas y aplastada de forma oval (Reche-Marmol, 2012).

#### **2.3.2. Fruto**

Botánicamente hablando el fruto del pepino es un pepónide procedente de un ovario ínfero con la forma cilíndrica y alargada, generalmente áspero o liso, que varía desde colores verde claro, verde oscuro, hasta un color amarillento cuando está totalmente maduro. Sin embargo, su recolección se realiza antes de la madurez.

La pulpa tiene características de color blanquecina, acuosa, refrescante y algunas veces amargo. El número de frutos por nudo oscila entre 1 y 3, esto depende la variedad del pepino que se esté utilizando. Los frutos maduran de los 55 a 60 días después del trasplante (Sánchez-Arrieta, 2011; Reche-Marmol, 2012; Casilimas, 2012).

### **2.3.3. Sistema radical**

Esta planta tiene un sistema radical muy potente y extenso, tiene una raíz principal pivotante que puede alcanzar de los 60 cm de profundidad hasta un metro en cultivos sueltos y profundos.

De esta raíz pivotante principal se ramifican numerosas raíces secundarias muy finas. De acuerdo con estas características la raíz de esta cucurbitácea crece de manera muy rápida y así absorbe gran cantidad de agua (Reche-Marmol, 2012).

### **2.3.4. Tallo**

Los tallos de pepino tienen crecimiento indeterminado, se encuentran muy ramificados, son de color verde y tienen sección cilíndrica o cuadrangular en plantas jóvenes. También en el tallo se encuentran diminutas formaciones vellosas estas se localizan tanto en los tallos principales como en los secundarios lo que le da una característica áspera. Dicha vellosidad está formada por diminutos pelos punzantes que lo hacen desagradable al tacto.

En el tallo principal se insertan las hojas de cuyas axilas brotaran las ramificaciones secundarias, las flores y los zarcillos opuestos a la hoja. La longitud de entrenudos de plantas adultas suele estar a 10 cm de distancia (Reche-Marmol, 2012).

### **2.3.5. Flor**

Contiene flores de ambos sexos en la misma planta, por lo que se considera botánicamente una planta dioica de polinización cruzada. Las flores son unisexuales, de localización axilar y color amarillento. Las flores masculinas tienen el cáliz acorazado con cinco dientes acumulados en forma de lesna, corola adherida al cáliz, en forma de campana. Mientras que las flores femeninas tienen la corola y el cáliz igual que las masculinas, tres filamentos estériles, un estilo y tres estigmas. También se menciona que los días con temperatura baja y suficiente agua inducen a la formación de mayor número de flores femeninas, por el contrario, si los días son de temperatura muy alta y sequías estas condiciones favorecen a la formación de flores masculinas (López-Samora, 2003; Sánchez-Arrieta, 2011; Casilimas, 2012).

### **2.3.6. Hojas**

Son simples acorazadas pecioladas, palmonervadas, alternas pero opuestas a los zarcillos, son de característica áspera y poseen de tres a cinco lóbulos angulados y triangulares, epidermis con cutícula delgada que minimiza la transpiración excesiva, también están recubiertos de un bello muy fino, lo cual es característico de esta planta (López-Samora, 2003; Sánchez-Arrieta, 2011; Casilimas, 2012).

## **2.4. Aspectos fenológicos de cultivo de pepino**

El ciclo de vida es relativamente corto, esto depende en gran medida del manejo agronómico que se le dé, así como las condiciones climatológicas en las que se encuentre. Se consideran cinco etapas fenológicas de importancia en este cultivo, todas marcadas en días después de la siembra: emergencia de 4 a 5 días, inicio de emisión de guías de 15 a 24 días, inicio de floración de 27 a 34 días, inicio de cosecha de 43 a 50 días y fin de cosecha de 75 a 90 días (López-Samora, 2003).



## **2.5. Valor nutricional**

Este vegetal contiene, para una muestra de 100 g de la parte comestible, tanto minerales como calcio (20 mg), fósforo (22 mg), hierro (0.3 mg); vitaminas A (17 µL), B1 (0.03 mg), B2 (0.04 mg) C (12.6 mg), miosina (0.09 mg), calorías (11 cal), agua (96.4), proteína (0.5 g), carbohidratos (2.6 g), fibra (0.4 g) y ceniza (0.4 g) los cuales son muy importante en la dieta de las personas. De la misma manera, es una hortaliza con bajo contenido energético lo cual ayuda a llevar una dieta balanceada y saludable (López-Samora, 2003).

## **2.6. Requerimientos climáticos**

Esta especie se puede adaptar a diferentes altitudes, desde 0 a 1200 msnm. Las temperaturas óptimas para este cultivo son las que van de 18 a 25 °C, dado que sobre los 40°C el crecimiento de la planta se detiene y cuando la temperatura es inferior a 14°C también el crecimiento cesa, las plantas mueren cuando la temperatura baja a 0°C.

En cuanto a la humedad relativa, generalmente la baja es la más idónea para el cultivo de pepino, esto debido a que cuando la humedad relativa sube, es más frecuente el ataque de enfermedades fúngicas dado que se promueve su crecimiento (López-Samora, 2003; Macedo-Castillo, 2004).

Las horas luz que la planta recibe al día son muy importantes dado que cuando los días son cortos es más probable que la planta forme flores femeninas, del modo contrario cuando los días son muy largos la planta genera más flores masculinas. En cuanto a los vientos, si éstos son mayores a 30 Km·h<sup>-1</sup> en un periodo por lo menos de 5 a 6 horas en adelante, existe una reducción significativa de la producción del cultivo (López-Samora, 2003; Macedo-Castillo, 2004).

El pepino es una planta que se puede cultivar en una gran variedad de suelos en casi todo el mundo, desde los arenosos hasta los francos arcillosos, del cual los suelos francos con abundante materia orgánica son los más ideales.

Las características de profundidad que deben tener los suelos son mayores a 60 cm, para que facilite la retención de agua y el crecimiento del sistema radical, teniendo un efecto benéfico para la planta que favorece el crecimiento y buen desarrollo de la misma. Con respecto al pH que debe tener un buen suelo para el cultivo de pepino, este no debe pasar de 5.5 a 6.8 (López-Samora, 2003; Macedo-Castillo, 2004).

## **2.7. Producción en invernadero**

La función de los invernaderos es la de modificar total o parcialmente aquellas condiciones de clima que son adversas, y si además se aplica agua y fertilizantes de acuerdo al estado de desarrollo de las plantas; esto se traduce en incrementos significativos de producción, tanto en cantidad como en calidad (López-Acosta *et al.*, 2011).

La producción agrícola en invernaderos ha permitido obtener productos de alta calidad en relación con los sistemas tradicionales de cielo abierto. El cultivo en condiciones protegidas nos ha permitido producir en cualquier época del año, permite también alargar el ciclo de vida del cultivo, con la finalidad de lograr mejores precios de los productos (INTAGRI, 2019).

### **2.7.1. Estructuras utilizadas para la agricultura protegida**

Actualmente la agricultura, además de la producción a campo abierto, se practica en una amplia variedad de ambientes modificados, entre los que destacan los invernaderos con o sin control ambiental con cultivos en sistemas hidropónicos, sustratos inertes o en suelo, mismos que representan un ejemplo de ecosistemas

artificiales para desarrollar la agricultura intensiva (Scarascia-Mugnozza *et al.*, 2011).

En México existen muchas regiones con condiciones naturales idóneas para el establecimiento de invernaderos, debido a ello la agricultura protegida se ha desarrollado en forma acelerada, ya que permite obtener productos de calidad tanto para mercado nacional como de exportación. De esta forma, el empleo de invernaderos y la agricultura protegida están contribuyendo ampliamente en la producción de alimentos y en el desarrollo de varias zonas agrícolas de México (Juárez-López *et al.*, 2011).

### **2.7.2. Producción de pepino en invernadero en México**

Para la economía agrícola del país la producción de hortalizas es muy importante, ya que contribuye con la generación de empleos rurales, se ubica como una de las actividades más relevantes en nuestra agricultura. Entre otras, la actividad productiva del pepino es, sin duda, de las más importantes. Es una hortaliza de alto potencial económico por ser un producto de exportación que se cultiva y consume en muchas regiones del mundo (Ramírez-Medina *et al.*, 2012; Olalde-Gutiérrez *et al.*, 2014)

Los frutos obtenidos en sistemas protegidos tienen un alto valor económico por su calidad (Vásquez-Hernández *et al.*, 2013).

En el 2009 se estimó una superficie de invernadero en México de alrededor de 10,000 ha, de las cuales el 60% son de plástico, el 34% casa sombra y un 6% son invernaderos de vidrio. Por otro lado, el 72% de la superficie nacional de invernadero se dirige a la producción de tomate en sus diferentes modalidades, seguido por el pepino y el chile bell. La producción de pepino europeo en invernaderos comerciales en el noroeste de México ha sido un éxito, al obtenerse rendimientos de 14 a 16 Kg·m<sup>-2</sup> durante el invierno, con una duración del ciclo de

solamente 108 días; lo que puede dar la oportunidad de realizar dos siembras consecutivas con el fin de prolongar la ventana de producción (Grijalva-Contreras *et al.*, 2011; López-Elías *et al.*, 2011).

## **2.8. Nutrición foliar**

La fertilización foliar se ha convertido en una práctica común e importante para los productores, porque corrige las deficiencias nutrimentales de las plantas, favorece el buen desarrollo de los cultivos y mejora el rendimiento y la calidad del producto. La fertilización foliar no substituye a la fertilización tradicional de los cultivos, pero sí es una práctica que sirve de respaldo, garantía o apoyo para suplementar o completar los requerimientos nutrimentales de un cultivo que no se pueden abastecer mediante la fertilización común al suelo (Trinidad-Santos *et al.*, 2000).

## **2.9. Los bioestimulantes**

Los fertilizantes foliares con acción bioestimulante se define como, productos no nutricionales que pueden reducir el uso de fertilizantes, aumentar el rendimiento y la resistencia al estrés por tensiones de agua y temperatura e influir positivamente en el crecimiento vegetal y la fisiología (Saa, 2005; Campos-Hernández, 2012; Fermin-Remberto *et al.*, 2009; Calvache-Ulloa *et al.*, 2009).

Los bioestimulantes se elaboran con base en extractos de algas marinas, ácidos húmicos, micorrizas, vitaminas y otros compuestos que pueden variar de acuerdo al producto. Estos productos presentan moléculas con una muy amplia gama de estructuras, pueden estar compuestos por fitohormonas o extractos vegetales metabólicamente activos, tales como aminoácidos y ácidos orgánicos (Campos-Hernández, 2012; Pilar-Mazuela *et al.*, 2012; Romero-Romero, 2015).

Pueden ser de origen químico sintético o vegetal, están enriquecidos con vitaminas, aminoácidos, hormonas y micronutrientes y son utilizados como promotores de crecimiento de las plantas (Carrera-Turquerez *et al.*, 2011).

### **2.9.1. Importancia de los bioestimulantes**

Para que una especie se pueda propagar depende en gran medida de ciertas sustancias químicas que se encuentran en ella, como lo son los reguladores de crecimiento, por esta manera las bioestimulantes son esenciales en las plantas (Rosero, 2017).

La aplicación de bioproductos a los cultivos va teniendo cada vez más importancia desde el punto de vista económico y ecológico. Los reguladores del crecimiento son aplicados en pequeñas proporciones y pueden aumentar, inhibir o modificar diferentes procesos fisiológicos de las plantas. Los bioestimulantes son productos que activan el crecimiento y desarrollo de los cultivos aportando compuestos directamente utilizables (Ghonomie *et al.*, 2009; Baños *et al.*, 2009; Campo-Costa *et al.*, 2015).

El manejo de la fertilización foliar y utilización de bioestimulantes en la agricultura es cada vez más frecuente por la demanda nutricional de los cultivos de altos rendimientos, donde el objetivo generalmente es suplir los requerimientos nutricionales en épocas críticas (caso micronutrientes esenciales), acortar o retardar ciclos en la planta, inducir etapas específicas fenológicas, contrarrestar condiciones de estrés, realizar el aporte energético en etapas productivas o la nutrición foliar con fines de sanidad vegetal (Campo-Costa *et al.*, 2015; Garcia-Atempa *et al.*, 2016).

Por ello, actualmente las diferentes industrias agroquímicas han puesto a la venta distintos compuestos nutritivos, que contienen minerales y algunas fitohormonas, los cuales se han denominado promotores de crecimiento o bioestimulantes (Silvia-Lara, 2012).

### 2.9.2. Mecanismo de acción de los bioestimulantes

Los bioestimulantes activan, sin alterar los procesos naturales del metabolismo de las plantas. Su forma de actuar se concreta básicamente en dos formas que son (Granados-Escobar, 2015):

- a) Aumenta el nivel de prolina, este aumento se produce en el interior de las plantas proporcionándole una mayor defensa frente a los estados de estrés, bien sea hídrico, térmico, por enfermedad o plaga entre otros. Proporcionando grupos iónicos (-SH) a la planta.
- b) La expresión externa de esta potenciación se traduce en un efecto benéfico sobre:
  - La producción, con incrementos de la cosecha acompañados de una mejor calidad de los frutos y de otros aspectos relacionados con los mismos como coloración, tersura de la piel, uniformidad y aumento de tamaño, menor pérdida de peso poscosecha, entre otros.
  - La vegetación, proporcionando un mejor desarrollo vegetativo y mayor vigor en las brotaciones, así como un aumento de la masa radicular.

### 2.9.3. Modo de acción de los bioestimulantes

**Ahorro energético.** Cuando la planta realiza el proceso de fotosíntesis para obtener energía del sol, dicha energía es utilizada en la síntesis de aminoácidos que la planta necesita para construir proteínas y realizar sus funciones fisiológicas. De esta manera, los compuestos de los bioestimulantes ya cuentan con los aminoácidos lo que le facilita a la planta obtenerlos y no gastar energía en sintetizarlos, por ello existe un ahorro de energía, dicha energía que se ahorra puede ser utilizada por la planta para otros procesos, por ejemplo, florecer, o

protegerse de alguna enfermedad (Saborío, 2002; Cadena-Hernández *et al.*, 2008; Zuaznabar-Zuaznabar *et al.*, 2013).

**Formación de clorofila.** La aplicación de aminoácidos en las plantas se asocia con la formación de sustancias biológicamente activas que actúan vigorizando y estimulando la vegetación, por lo que resulta de gran interés en los periodos críticos de los cultivos, o en aquellos cultivos de producción altamente intensiva porque estimulan la formación de clorofila, de ácido indol-acético (AIA), vitaminas y síntesis de enzimas (Oleg *et al.*, 2017; Morales-García. 2017; Saborío, 2002; López-Pérez *et al.*, 2014).

**Producción de antioxidantes.** Una planta bajo estrés reduce su metabolismo porque hay un aumento de sustancias oxidantes. Los antioxidantes pueden evitar niveles tóxicos de estas sustancias, pero una planta no produce suficiente antioxidante, por lo que se ha encontrado que tras aplicaciones de algas marinas se refuerza el número de antioxidantes, con lo cual se mejora el metabolismo de la planta (Saborío, 2002).

#### **2.9.4. Tipos de bioestimulantes**

**Ácidos húmicos y fúlvicos:** Las sustancias húmicas son constituyentes naturales de la materia orgánica de los suelos, resultantes de la descomposición de las plantas, animales y microorganismos.

**Aminoácidos y mezclas de péptidos:** Se obtienen a partir del hidrolisis químico o enzimático de proteínas provenientes de productos agroindustriales tanto vegetales como animales. Otras moléculas nitrogenadas también considerados bioestimulantes incluyen betaínas, poliaminas y aminoácidos no proteicos, que son muy diversas en el mundo vegetal.

Extracto de algas y plantas: El uso de algas como fuente de materia orgánica y fertilizante es muy antiguo en la agricultura, pero el efecto bioestimulante ha sido detectado muy recientemente. Esto ha disparado el uso comercial de extracto de algas o compuestos purificados como polisacáridos de laminaria, alginato y carragenanos.

Quitósano y otros biopolímeros: El Quitósano es la forma deacetilada del biopolímero de quitina, producido natural o industrialmente. El efecto fisiológico de los oligómeros de Quitósano en plantas son el resultado de la capacidad de este compuesto policatiónico de unirse a una amplia variedad de compuestos celulares, incluyendo DNA y constituyentes de la membrana plasmática y de la pared celular. Además, son capaces de unirse a receptores específicos responsables de la activación de las defensas de las plantas, de forma similar a los elicitores de las plantas.

Compuestos inorgánicos: Se suelen llamar “elementos beneficiosos” aquellos elementos químicos que promueven el crecimiento de las plantas y que pueden llegar a ser esenciales para algunas especies, pero no para todas. Sus efectos beneficiosos pueden ser constitutivos, como el reforzamiento de las paredes celulares por los depósitos de silicio, o por la expresión en determinadas condiciones ambientales, como en el caso del selenio en frente al ataque de patógenos.

Hongos beneficiosos: los hongos interactúan con las plantas de muchas formas, desde simbiosis mutualista hasta el parasitismo. Hay un creciente interés por el uso de los hongos micorrízicos para promocionar la agricultura sostenible, considerando sus efectos en mejorar la eficacia de la nutrición, balance hídrico y protección frente al estrés de las plantas.



Bacterias beneficiosas: En cuanto a su uso como bioestimulantes, los endosimbiontes mutualistas o mutualistas no endosimbiontes o PGPRs de la rizósfera (Du-Jardín, 2015).

### **2.9.5. Uso de bioestimulantes en los cultivos agrícolas**

La eficacia de los bioestimulantes se ha estudiado en numerosas investigaciones y bajo distintas condiciones agroecológicas; aplicaciones de bioestimulantes que han sido hechas en una amplia variedad de cultivos, desde cultivos hortícolas, frutales hasta cultivos tradicionales (Vaca-Patiño, 2011; Álvaro-Sánchez *et al.*, 2015).

Los efectos más demostrados científicamente de los bioestimulantes basados en aminoácidos son principalmente su efecto como protector bajo el estrés abiótico y su mejorado de los procesos fotosintéticos de las plantas, de la misma manera que incrementa el potencial antioxidante de la planta y aumenta su biomasa (García-Seto, 2017)

En Cuba se promueve el incremento de la productividad agrícola en armonía con el medio ambiente, este modelo de agricultura motiva la no utilización de productos químicos como fertilizantes minerales y plaguicidas, así como la investigación y el desarrollo de productos alternativos vinculados con la nutrición, estimuladores del crecimiento vegetal y biocontroles de patógenos, lo que ha generado una diversidad de productos con diferentes mecanismos de acción (Terry-Alfonso *et al.*, 2015; Torres-Chihuaicura *et al.*, 2013; Granados-Escobar *et al.*, 2015).

### **2.10. Tendencias en la agricultura**

Una de las características de los sistemas hortícolas intensivos es que han pasado de ser un sistema que busca mayor producción a uno que busca calidad porque se valoran aspectos como la salud de los productores, la salud de los

consumidores y el cuidado del ambiente. Los países que utilizan más tecnología en los procesos de producción hortícola cultivan bajo invernadero y en sistemas de cultivo sin suelo como una alternativa a dar sustentabilidad a la agricultura. No se llega a entender un cultivo y su producción desligado de las consideraciones ambientales y sus efectos sobre la salud de consumidores y productores (Mazuela-Aguilar, 2013; Bioagro, 2007).

### **2.11. Agricultura orgánica**

La agricultura orgánica se presenta como una alternativa sustentable que utiliza el reciclado de los productos naturales y diversos servicios ecológicos para la producción. La agricultura orgánica tiene un origen de visión de sustentabilidad ecológica y se desarrolló formalmente en Europa en 1972 (García-Hernández *et al.*, 2017)

El deseo de una agricultura sostenible es universal, pero el acuerdo sobre cómo avanzar hacia él sigue siendo difícil de alcanzar. Se discute hasta qué punto el concepto de agricultura sostenible tiene algún significado operacional. La sostenibilidad se considera en relación con la agricultura orgánica, un sector que crece rápidamente en muchos países. El papel de la regulación y el uso de agroquímicos sintéticos, el grado deseado de autosuficiencia de los sistemas agrícolas, y la escala de producción y el comercio de bienes agrícolas se consideran en el contexto de esta discusión sobre la sostenibilidad (Ringby *et al.*, 2001; Padel, 2002).

La tendencia en los consumidores es preferir alimentos libres de agroquímicos, inocuos y con alto valor nutricional, en especial los consumidos en fresco; una opción para la generación de este tipo de alimentos es la producción orgánica, método agrícola en el que no se utilizan fertilizantes ni plaguicidas sintéticos. El sustrato, además de sostén, deberá aportar cantidades considerables de elementos nutritivos que satisfagan las demandas del cultivo. Una alternativa, es

mezclar composta con medios inertes (Mader *et al.*, 2002; Hole *et al.*, 2005; Márquez-Hernández *et al.*, 2006).

A lo largo del tiempo también se ha dicho muchas cosas acerca de esta forma de cultivo, hay quienes dicen que la agricultura orgánica es muy controversial, y que solo será la forma de subirle precio a los productos, por lo tanto, solo los más adinerados tendrán acceso a estos nuevos productos (Trewavas, 2001).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación del experimento**

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Departamento de Botánica, y en el invernadero No. 2 de investigación ubicados dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

#### **3.2. Localización geográfica**

La UAAAN se ubica en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, en las coordenadas geográficas 25° 23' 42" latitud norte y 100° 50' 57" longitud oeste, a una altitud de 1 743 msnm.

#### **3.3. Material biológico**

El material biológico utilizado para la implementación del experimento fue semilla de pepino europeo (*Cucumis sativus* L.) de la variedad Espartaco de la empresa Seminis, donada por el Ing. Ivan Calvo García. Esta variedad tiene características destacables en cuanto a resistencia a cenicilla, alta precocidad y uniformidad en el fruto.

#### **3.4. Acondicionamiento de área de siembra**

El invernadero donde se estableció el experimento fue escombrado, limpiado y desinfectado, ya que había materiales que estorbaban, una vez limpio el lugar se procedió a realizar preparación del sustrato para la siembra del pepino.

La preparación del sustrato consistió en una mezcla de tierra de campo colectada en terrenos de la UAAAN y composta de estiércol de caballo, en una proporción de 2:1, respectivamente, con la mezcla de suelo se llenaron macetas de plástico con capacidad de 10 Kg.

Las macetas llenadas se colocaron en el invernadero y se distribuyeron de manera homogénea en dos hileras en las camas, a una distancia de 0.50 m entre plantas y 0.70 m entre hileras.

La siembra se hizo de manera directa, se colocaron dos semillas de pepino por cada maceta, con el propósito de asegurar la emergencia y el establecimiento de al menos una planta por maceta; la siembra se realizó el día 15 de abril del 2018.

### **3.5. Manejo del cultivo**

Los riegos se realizaron de manera manual con ayuda de una cubeta; la cantidad de agua por planta dependió del estado fenológico del cultivo, en la etapa vegetativa se aplicó 500 mL por maceta, hasta 5.0 L por planta en su etapa de floración y fructificación. Este volumen de agua se distribuyó en dos riegos al día.

La nutrición del cultivo se hizo mediante la aplicación de lixiviado de lombriz comercial “lombri-organic UAAAN” con el siguiente aporte nutricional 0.65% de nitrógeno, 0.01% de fósforo, 1.21% de potasio, 1.87% de calcio, 1.05 de magnesio, 1.51 de sodio, 5.01% de ácidos húmicos, 1.48% de ácidos fúlvicos, 14 mg·Kg<sup>-1</sup> de hierro, 2.3 mg·Kg<sup>-1</sup> de zinc, 3.1 mg·Kg<sup>-1</sup> de manganeso, 3.1 mg·Kg<sup>-1</sup> de cobre, 27 mg·Kg<sup>-1</sup> de boro y una concentración de 1.1x10<sup>6</sup> flora microbiana benéfica.

Las aplicaciones del lixiviado de lombriz se realizaron en la etapa inicial y vegetativa del cultivo, a una concentración del 5.0%, posteriormente en la etapa reproductiva al 10%, la aplicación se hizo de manera sistemática cada tercer día.

Como nutrición de fondo se aplicó fertilizante orgánico sólido “Organodel®” el cual aporta 39% de nitrógeno, 35% de fósforo, 29% de potasio, 18% de azufre, 13.6%

de magnesio, a una dosis de 50 g-planta<sup>-1</sup>, con este fertilizante se realizó una segunda aplicación a los 15 días, posteriores a la primera aplicación.

Las plantas se manejaron bajo un sistema de tutorado, el cual consistió en darle soporte a la planta para que esta creciera de manera vertical, se utilizó rafia color blanco, se tuvo mucho cuidado de no dañar la planta; además se eliminaron los brotes de las yemas axilares para promover el crecimiento de la guía principal del cultivo.

### 3.6. Diseño y establecimiento del experimento

El experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloque completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron en la aplicación de tres bioestimulantes a la dosis comercial recomendada por el fabricante en cada caso, los cuales fueron: Biozyme TF<sup>®</sup>, Profixx Zit<sup>®</sup>, Optifert<sup>®</sup>, y como Testigo se utilizó agua destilada (Cuadro 1 y 2).

**Cuadro 1.** Dosis comercial de biofertilizantes utilizados como tratamiento en la producción de pepino. UAAAN, Coahuila, México. 2018.

Tratamiento	Producto	Dosis
1	Biozyme TF <sup>®</sup>	3.0 mL·L <sup>-1</sup>
2	Profixx Zit <sup>®</sup>	3.0 mL·L <sup>-1</sup>
3	Optifert <sup>®</sup>	3.0 g·L <sup>-1</sup>
Testigo	Agua destilada	Hasta cubrir en su totalidad la lámina foliar

La aplicación de los tratamientos se inició a los 21 días después de la emergencia y posteriormente cada 15 días hasta el amarre de frutos, se realizó una solución con los bioestimulantes en agua destilada, los cuales se asperjaron con un

atomizador de mano sobre el cultivo, se procuró hacer un mojado total de las láminas foliares y partes vegetativas con los productos.

**Cuadro 2.** Características y componentes de bioestimulantes aplicados al cultivo de pepino bajo invernadero. UAAAN, Coahuila, México. 2018.

Componentes	Biozyme TF®	Profixx Zit®	Optifert®	Componentes	Biozyme TF®	Profixx Zit®	Optifert®
Materia orgánica	78.87%	-----	85.88%	Magnesio	0.12%	2%	0,53%
Auxínico	32.2 ppm	1000 ppm	Min 2655 ppm	Zinc	0.37%	5%	146,56 ppm
Giberelinas	32.2 ppm	500 ppm	Min 62 ppm	Azufre	0.44%	5%	-----
Citocininas	83.2 ppm	1000 ppm	Min 1652 ppm	Calcio	-----	1%	0,29%
Complejo vitamínico	-----	2500 ppm	-----	Sodio	-----	-----	0,08
Complejo de aminoácidos	-----	2.50%	-----	Boro	0.3	2%	-----
Folcisteina	-----	2500 ppm	-----	Cobre	-----	0.50%	4,20 ppm
Mioinocitol	-----	500 ppm	-----	Hierro	-----	-----	175,60 ppm
Nitrógeno	-----	-----	6,29 %	Molibdenos	-----	1000 ppm	-----
Fosforo	-----	15%	0,50%	Manganeso	-----	-----	6,02 mg/kg
Potasio	-----	5%	0,85%	Agentes quelatantes	-----	6%	-----
Acondicionadores y diluyentes	19.27%	55.1	-----				

### 3.7. Variables evaluadas

Dentro de las variables evaluadas se consideraron los siguientes caracteres:

#### 3.7.1. Variables vegetativas:

**Clorofila.** La lectura de la clorofila, se realizó con base en los valores SPAD, a partir de 30 días después de la emergencia, estas lecturas coincidieron con las etapas fenológicas de desarrollo vegetativo, inicio de floración e inicio de cosecha. El equipo utilizado para la toma de los datos fue el equipo Chlorophyll Meter SPAD-502 Plus.

**Grosor del tallo (GT).** En milímetros (mm), se midió el diámetro del tallo un día antes del inicio de cosecha de los frutos, y el punto de referencia fue debajo de la primera hoja verdadera, se utilizó un vernier digital Marca Truper Modelo CALDI-6MP.

**Número de frutos (NF).** Se contabilizó el número total de frutos cosechados por planta.

**Peso de fruto (PF).** En gramos (g), con apoyo de una balanza digital marca COBACORP modelo BCG se pesó cada uno de los frutos cosechados.

**Diámetro ecuatorial (Decu).** En milímetros (mm), se midió el grosor en la parte media de cada uno de los frutos de pepino cosechados, se utilizó el mismo vernier digital antes descrito.

**Diámetro polar (Dpol).** En centímetros (cm), esta variable se tomó al medir el largo de cada uno de los frutos cosechados por planta, con apoyo de una cinta métrica FH-5M Flexómetro.



### 3.7.2. Variables de calidad poscosecha:

**Color de la cáscara (Ccas).** Las características del color se evaluaron utilizando un Minolta Chroma Meter CR-400 (Minolta Corp, Ramsey, Nuevo Jersey, EE. UU.) Medida L\* (luminosidad de brillo), a\* y b\* valores de los parámetros de cromaticidad. Se tomaron tres medidas para cada fruto de cada tratamiento.

**Firmeza (Fza).** La firmeza de los pepinos en cada tratamiento se determinó utilizando un penetrometro digital (PCE-PTR 200, grupo PCE, Albacete, castilla la mancha, España), equipo con una punta de 8-0 mm, en tres puntos de la fruta. Los resultados se obtuvieron en Newtons (N) con tres lecturas por cada fruto.

**Sólidos solubles totales (°Brix).** Los sólidos solubles totales se determinaron de acuerdo a la metodología propuesta por AOAC (1994), se tomaron tres pepinos por cada tratamiento se extrajo el jugo, se tomó una gota y se midió utilizando un refractómetro ATAGO (ATAGO, USA Inc., Bellevue, WA, USA) a temperatura ambiente (°C). La concentración se expresó como porcentaje en la escala de brix.

**Acidez titulable (Act).** Se determinó la acidez titulable de acuerdo al método del AOAC (2000) para lo cual, se extrajo el jugo de tres pepinos por cada tratamiento, se diluyeron 10 mL de jugo de pepino en 125 mL de agua destilada en un matraz Erlenmeyer. La titulación de las muestras se realizó con NaOH 0.01N a pH 8.3. Se registraron tres lecturas para cada tratamiento y los resultados de estas mediciones se expresaron porcentaje de ácido cítrico por medio de la aplicación de la formula siguiente:

$$\%acidez = \frac{V_{NaOH} * N_{NaOH} * meq_{acidoX} * 100}{V}$$

Donde:

$V_{NaOH}$  = Volumen de NaOH usado para la titulación.

$N_{\text{NaOH}}$  = Normalidad del NaOH.

$\text{Meq}_{\text{ácido}} \times$  = Miliequivalentes de ácido. El valor equivalente de base a ácido para el ácido cítrico es: 0.064.

V = Peso en g o volumen de la muestra en mL

**Vitamina C (VitC).** La vitamina C se determinó mediante el método del 2,6-dicloroindofenol por titulación. El reactivo de Thielman fue preparado de acuerdo con la AOAC 967.21. Se utilizó una muestra de 20 g, la cual se añadió a un matraz (50 mL) con 10 mL de HCl al 2% y se llevó hasta el aforo. Posteriormente se filtró el contenido a través de una gasa, en un matraz Erlenmeyer. Se tomaron alícuotas de 10 mL y se titularon con el reactivo de Thielman hasta la aparición de una coloración rosa sin desaparecer durante 30 segundos, la lectura fue en mL gastados del reactivo.

Para calcular el contenido de ácido ascórbico en las muestras se realizó una curva de calibración, con una solución patrón de ácido ascórbico, según la AOAC 967.21.

La concentración de la vitamina C en la muestra, se calculó según la fórmula:

$$\text{Vitamina C} = \frac{VRT * 0.088 * VT * 100}{VA * P}$$

Donde:

Vitamina C= En la muestra expresada en mg en 100 g.

VRT= Volumen gastado en mL del reactivo de Thielman.

0.088= mg de ácido ascórbico equivalente a un mL de reactivo de Thielman.

VT= Volumen total en mL del filtrado total de vitamina C en HCl.

VA= Volumen en mL de la alícuota valorada.

P= Peso de muestra en gramos.

**Porcentaje de materia (Pmat).** Las muestras de los frutos de pepino (tres muestras por tratamiento) se pesaron en los días de 1 a 15 después de la

cosecha. La diferencia entre el peso inicial y el final del fruto fue considerada como pérdida gradual del peso.

**Pérdida de peso (PP).** Por tratamiento y repetición se eligieron tres frutos al azar y se midió la pérdida de humedad gradual por día, durante 15 días; para esta variable, los frutos se almacenaron a temperatura ambiente, y se pesaron cada 24 horas con la balanza digital.

### **3.8. Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico se realizó un análisis de varianza y comparación múltiple de medias entre tratamientos con una prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), con ayuda del paquete SAS versión 9.0 para Windows (SAS Institute, 2002).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Variables vegetativas

#### 4.1.1. Análisis de varianza

El análisis de varianza realizado a los datos obtenidos, presento diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos, por lo que, con estos datos se aprueba la hipótesis, indicando que al menos uno de los tratamientos aplicados tuvo efecto positivo sobre las variables evaluadas.

Las diferencias altamente significativas se expresaron con una confiabilidad del 99% ( $\alpha \leq 0.01$ ) en las variables grosor de tallo (GT), peso del fruto (PF) y el diámetro ecuatorial (Decu); también, se presentaron diferencias significativas (confiabilidad del 95%,  $\alpha \leq 0.05$ ) en la variable número de frutos (NF) (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Cuadrados medios del análisis de varianza para los componentes vegetativos y calidad del fruto, en pepino, mediante la aplicación de bioestimulantes. UAAAN, Coahuila, México, 2018.

	FV	gl	NF	GT	PF	Dpol	Decu
<b>Tratamiento</b>	3	8.1041*	5.5459**	102607.96**	382.2897 <sup>NS</sup>	240.6263**	
<b>Error</b>	57	2.8563	0.8816	18237.258	157.5636	77.1540	
<b>Total</b>	63	.....	.....	.....	.....	.....	
<b>R<sup>2</sup></b>	.....	0.1774	0.2783	0.2544	0.1578	0.2577	
<b>CV (%)</b>	.....	47.8605	9.3825	25.1616	26.9566	25.9105	
<b>Media</b>	.....	3.5312	10.0076	536.7119	46.5653	33.9003	

\*\* : Diferencias altamente significativas ( $\alpha \leq 0.01$ ); \* : diferencias significativas ( $\alpha \leq 0.01$ ); <sup>NS</sup> : no se presentaron diferencias significativas; CV (%): porcentaje del coeficiente de variación para cada variable; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación de la varianza total de la variable explicada por la regresión, gl: grados de libertad, NF: Numero de frutos, GT: Grosor de tallo, PF: Peso del fruto, Dpol: Diámetro polar, Decu: Diámetro ecuatorial.

Du-Jardin (2015) menciona que los bioestimulantes actúan de manera favorable en las plantas en los procesos fisiológicos que las competen y a nivel celular, agrandan y engrosan las células, de esta manera es posible obtener frutos más grandes.

#### **4.1.2. Comparación múltiple de medias**

En el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) los componentes de las variables vegetativas, presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos; sin embargo, tuvieron un comportamiento diferencial en cada variable, en las que de manera general Biozyme TF<sup>®</sup> y Optifert<sup>®</sup> se mostraron superiores y estables. A continuación, se describe la respuesta que se expresó en de cada variable, por la influencia del manejo y la aplicación de los bioestimulantes en el cultivo de pepino:

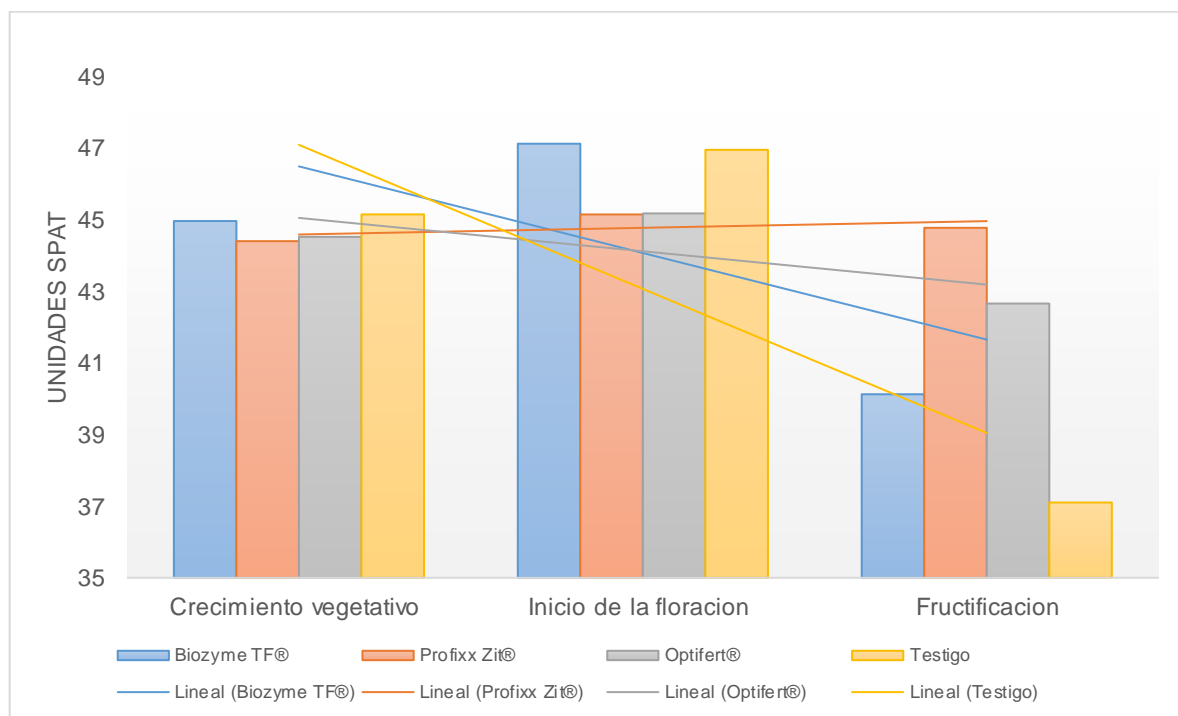
##### **4.1.2.1. Clorofila**

El contenido del nitrógeno en área foliar determinado por unidades SPAD, mostró variaciones para cada tratamiento, en cada una de las etapas de fenológicas evaluadas. En el desarrollo vegetativo todos los tratamientos presentaron estabilidad en el contenido de clorofila y solo se identificó una ligera variación, entre el testigo y Profixx Zit<sup>®</sup> ya que los valores se encontraron entre un rango de 45.15 a 44.40, respectivamente; para la etapa de floración, se observó un incremento en los valores para los tratamientos Biozyme TF<sup>®</sup> (47.12) y Testigo (46.96), en tanto que, Optifert<sup>®</sup> (45.18) y Profixx Zit<sup>®</sup> (45.15) se mantuvieron estables.

En la etapa de fructificación se observó un comportamiento diferente entre los tratamientos, debido a la caída drástica del contenido de clorofila del orden de 9.86 y 7.00 unidades SPAD en el testigo (37.10) y Biozyme TF<sup>®</sup> (40.12), respectivamente; sin embargo, Profixx Zit<sup>®</sup> y Optifert<sup>®</sup> siguieron con la tendencia de estabilidad y mostraron un ligero descenso (0.38 y 2.58 unidades SPAD) con valores finales de 44.78 y 42.66 unidades SPAD, respectivamente (Figura 1).

Estos resultados coinciden con los reportados por Rodríguez-Mendoza *et al.* (1998), en donde los niveles de clorofila fueron descendiendo a partir de los 45 días después del trasplante en el cultivo de tomate, correspondiente al estado fenológico del fructificación. Sin embargo, en este trabajo los bioestimulantes Profixx Zit<sup>®</sup> y

Optifert® manifestaron estabilidad nutrimental debido al aporte de minerales que estos tienen en su formulación y que son estructurales de la clorofila.



**Figura 1.** Comportamiento del contenido de clorofila en unidades SPAD a través del tiempo en el cultivo de pepino europeo. UAAAN, Coahuila, México, 2018.

#### 4.1.2.2. Grosor de tallo (GT)

El GT presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos, por lo que de acuerdo con la prueba de media de Tukey ( $\alpha \leq 0.01$ ), los tratamientos relacionados con el Biozyme TF® y Optifert® presentaron los valores más altos con 10.5 mm y 10.4 mm, respectivamente; seguido por el tratamiento Profixx Zit® con 9.7 mm, y el valor más bajo lo presentó el tratamiento testigo absoluto con 9.3 mm (Cuadro 4). Estos resultados concuerdan con Alvarado-de León (2015), quien reportó un incremento en el grosor de tallo de caña de azúcar, con la aplicación del bioestimulante Alga Plus®, con la dosis de 1.5 L al momento de la siembra más 1.0 L al momento de la aplicación del herbicida y 1.0 L más, al momento de la fertilización.

#### **4.1.2.3. Numero de frutos (NF)**

En esta variable se identificó diferencias significativas entre tratamientos; Biozyme TF® presento el mayor NF con media de 4.124 frutos por planta en el primer set de floración, sin embargo, estadísticamente es igual a los tratamientos Optifert® y Testigo con medias de 3.812 y 3.687 frutos por planta, respectivamente; por otra lado, Profixx Zit® manifestó un efecto negativo en el número de frutos al presentar un valor medio de 2.5 frutos por planta número menor al testigo absoluto (Cuadro 4). En este sentido, Alegría de la Puente (2015) menciona un incremento en la producción de fresa (*Fragaria vesca* L) con la dosis de 0.5 L·ha<sup>-1</sup> del bioestimulante Biozyme TF® bajo condiciones de invernadero lo que significó un aumento en el número de frutos por planta, así como la calidad de la fruta (primera calidad) sin dezmero del peso medio del fruto.

#### **4.1.2.4. Peso del fruto (PF)**

El PF presentó diferencias altamente significativas, estadísticamente hablando; mientras que al considerar las medias por el método de Tukey ( $\alpha \leq 0.01$ ), se encontró que los tratamientos Optifert® y Biozyme TF® presentaron los valores más altos con 610.7 g y 585.3 g, respectivamente; seguido por los tratamientos testigo y Profixx Zit® con valores de 519.4 g y 431.3 g. (Cuadro 4). Estos resultados demuestran el efecto positivo de los bioestimulantes sobre el peso de los frutos y rendimiento de este cultivo. En este sentido Rojas-Guerrero (2018) menciona un incremento significativo en calidad de fruto de aguacate (*Persea americana*) en los parámetros diámetro polar y ecuatorial con aplicación de bioestimulante, sobre el testigo absoluto, siendo mejor el tratamiento con el bioestimulante Biozyme TF® a dosis de 0.25%.

#### **4.1.2.5. Diámetro polar (Dpol)**

Para el parámetro de Dpol, esta variable no presento diferencias estadísticas significativas, sin embargo, si hubo una diferencia numérica. los tratamientos

Biozyme TF<sup>®</sup> y Optifert<sup>®</sup> presentaron los valores más altos con 50.3 y 49.2 mm, respectivamente (Cuadro 4).

Rodríguez-Fernández *et al.* (2010) encontraron resultados similares pues reportan un incremento en el diámetro polar y diámetro ecuatorial en frutos de pepino, con la aplicación del bioestimulante Biobras<sup>®</sup>.

#### 4.1.2.6. Diámetro ecuatorial (Decu)

El Decu de los frutos tuvo diferencias altamente significativas, por lo que de acuerdo a la media de Tukey ( $\alpha \leq 0.01$ ). Los tratamientos Optifert<sup>®</sup> y Biozyme TF<sup>®</sup> presentaron los valores más altos con 37.9 y 34.3 cm, respectivamente; seguido por los tratamientos testigo y Profixx Zit<sup>®</sup> (Cuadro 4).

Los resultados encontrados en esta investigación coinciden con los reportados por Gónzales-Gónzales *et al.* (2009) quienes encontraron diferencias estadísticas significativas en las variables diámetro polar y diámetro ecuatorial en frutos de pepino del híbrido SARIG 454 con aplicaciones de bioestimulante quitósano a dosis de 200 mg·ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro 4.** Comparación múltiple de medias para variables vegetativas en pepino y calidad del fruto, mediante la aplicación de bioestimulantes. UAAAN, Coahuila, México, 2018.

Tratamientos	GT	NF	PF	Dpol	Decu
<b>Biozyme TF<sup>®</sup></b>	10.555 a	4.125 a	585.31 a	34.324 ab	50.314 a
<b>Optifert<sup>®</sup></b>	10.4281 a	3.8125 ab	610.73 a	37.932 a	49.256 a
<b>Profixx Zit<sup>®</sup></b>	9.7419 ab	2.5 b	431.35 b	28.61 b	39.495 a
<b>Testigo</b>	9.3056 b	3.6875 ab	519.46ab	34.735 ab	47.196 a

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales a un  $\alpha \leq 0.05$ ; NF: Numero de frutos, GT: Grosor de tallo, PF: Peso del fruto, Dpol: Diámetro polar, Decu: Diámetro ecuatorial.



## 4.2. Variables de calidad poscosecha de fruto

### 4.2.1. Análisis de varianza

El análisis de varianza realizado a los datos relacionados a las variables poscosecha de fruto, presento diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos por lo que con estos datos se aprueba la hipótesis, indicando que al menos uno de los tratamientos aplicados tuvo efecto positivo sobre los caracteres de calidad de fruto.

Las diferencias altamente significativas se expresaron con una confiabilidad del 99% ( $\alpha \leq 0.01$ ) en las variables AcT, Pmat; también, se presentaron diferencias significativas (confiabilidad del 95%,  $\alpha \leq 0.05$ ) en la variable VitC, y en el grado de la variable Ccas (L\*) (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Cuadros medios del análisis de varianza para los componentes de poscosecha en pepino, mediante la aplicación de bioestimulantes, UAAAN, Coahuila, México, 2018.

FV	gl	Ccas				VitC	AcT.	Fza	°Brix	Pmat
		L*	a*	b*	a*/b*					
<b>Trat.</b>	3	6.014*	17.525 <sup>NS</sup>	6.268 <sup>NS</sup>	0.101 <sup>NS</sup>	7.2014*	0.0003451**	204.898	0.070	0.522**
<b>Error</b>	32	1.702	10.036	2.290	0.098	2.0374	0.00003612	73.733	0.044	0.065
<b>Total</b>	35									
<b>R<sup>2</sup></b>		0.249	0.141	0.204	0.088	0.244	0.4724	0.207	0.129	0.431
<b>CV %</b>		3.531	36.978	14.630	37.911	32.91	6.4523	12.954	7.015	14.746
<b>Media</b>		36.938	8.567	10.344	0.827	4.2262	0.093144	66.285	3.003	1.722

\*\*.: Diferencias altamente significativas ( $\alpha \leq 0.01$ ); \*: diferencias significativas ( $\alpha \leq 0.01$ ); <sup>NS</sup>: no significativo; CV (%): porcentaje del coeficiente de variación para cada variable; R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación, que expresa la varianza total de la variable explicada por la regresión, gl: grados de libertad, Ccas: Color de cáscara expresado en L\*, a\*, b\* y a\*/b\*, VitC: Vitamina C, AcT: Acidez titulable, Fza: Firmeza, °Brix: Grados brix, Pmat: Porcentaje de materia.

### 4.2.2. Comparación múltiple de medias

En el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) los componentes relacionados a las variables poscosecha de fruto, presentaron diferencias

estadísticas significativas entre los tratamientos, con diferente comportamiento entre cada variable:

#### **4.2.2.1. Color de la cáscara (Ccas)**

En el parámetro Ccas, el factor L\* (luminosidad) presento diferencias significativas entre tratamientos, en el cual, Profixx Zit<sup>®</sup> manifestó el valor promedio más alto (38.10), respecto a los tratamientos Biozyme TF<sup>®</sup> y Optifert<sup>®</sup> con valores de 36.77 y 36.66, respectivamente; mientras que el Testigo presento el valor más bajo con 36.20 de luminosidad (Cuadro 6).

Los resultados anteriores indican la presencia de más brillo exterior cuando se aplican los bioestimulantes, por lo tanto, mejor calidad visual de los de los frutos tratados (Esmaha *et al.*, 2005), ya que se relaciona con mayor cercanía al color blanco en el círculo cromático (Kónica Minolta, 2003).

Relacionado con el color, los componentes a\*, b\* y a\*/b\* no manifestaron diferencias estadísticas entre tratamientos, sin embargo, se destaca un comportamiento con valores mayormente tendientes al verde oscuro (a\*= 9.85 y 9.37) para los tratamientos Profixx Zit<sup>®</sup> y Optifert<sup>®</sup>, respectivamente.

#### **4.2.2.2. Firmeza (Fza)**

En el parámetro Fza no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos; sin embargo, de manera numérica el tratamiento Biozyme TF<sup>®</sup> fue el mejor con un valor de 71.72 Newton, por lo que los frutos presentaron buena consistencia en todos los tratamientos (Cuadro 6). La firmeza de los frutos está considerada como un buen indicador de la madurez y depende del estado de la fruta al momento de la recolección, la temperatura y la forma de almacenamiento (Valero y Ruíz, 1996).

Los resultados obtenidos en esta investigación son superiores a los obtenidos por Gámez-Elizalde *et al.*, (2017), en un estudio de calidad fisicoquímica de pepino orgánico alzando un rango entre los 52 a 53 Newton en recién cosechado.

#### **4.2.2.3. Sólidos solubles totales (°Brix)**

Los valores encontrados en sólidos solubles totales medidos en °Brix en los frutos de pepino no fueron estadísticamente diferentes entre los tratamientos (Cuadro 6). Los pepinos son frutos no climatéricos que se caracterizan por presentar valores bajos de sólidos solubles totales por lo que la acumulación de azúcares durante la etapa de crecimiento y maduración no experimentan cambios significativos (Azcón y Talón, 2003). Cortés *et al.*, (2011) reportaron valores de 3.3 SST en pepino ‘Cohombro’. Muy-Rangel *et al.*, (2004) señalaron valores de 2.5 a 4.0 SST en frutos de pepino ‘Conquistador’.

Estos resultados no coinciden con lo obtenido por Moreno-Velázquez, (2015) en un estudio de calidad poscosecha de frutos de pepino con diferente solución nutritiva en donde encontró diferencia estadística en pepinos tratados con 100% de N.

Ruiz y Romero, (1998), ellos reportaron que aplicaciones de nitrógeno incrementan los SST en la parte comestible del pepino.

#### **4.2.2.4. Acidez titulable (AcT)**

Para el contenido de ácidos orgánicos (AcT), la prueba de medias de Tukey ( $\alpha \geq 0.05$ ), arrojó diferencias entre tratamientos. En este parámetro todos los tratamientos en los que se aplicó bioestimulantes presentaron los valores superiores con respecto al tratamiento testigo con valor de 0.085%. El valor más alto lo presentó el tratamiento Profixx Zit® con 0.10%, seguido por los tratamientos Optifert® con 0.0934% y Biozyme TF® 0.0931% (Cuadro 6). Estos resultados superan a los obtenidos por Moreno-Velázquez *et al.*, (2015), quienes evaluaron las propiedades poscosecha de pepino cultivados con diferente solución nutritiva, obteniendo un valor de 0.083% de acidez titulable con su mejor tratamiento (solución 100% N). De

igual manera estos valores fueron superiores a los registrados por Cruz-Gómez, (2015), en frutos de pepino con valor de 0.045% en su mejor tratamiento.

El incremento en el contenido de AcT en este trabajo se atribuye al aporte de fósforo (P) de los productos Profixx Zit® (15%) y Optifert® (0.5%). Esta observación está sustentada con lo indicado por Aghili *et al.*, (2009), quienes mencionan que la concentración de fósforo tiene una correlación positiva con el contenido de ácido cítrico en frutos de pepino, debido al papel que juega el fósforo en la síntesis de ácido cítrico y descenso del pH en la vacuola central.

#### **4.2.2.5. Vitamina C (VitC)**

El contenido de VitC en los frutos de pepino presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos de acuerdo con la prueba de medias de Tukey ( $\alpha \geq 0.05$ ). El tratamiento Optifert® presentó el valor más alto con 5.65 (mg·100 g<sup>-1</sup>), seguido por los tratamientos Biozyme TF® y Profixx Zit® con 4.02 y 3.91 (mg·100 g<sup>-1</sup>), respectivamente. El tratamiento testigo absoluto (sin aplicación de bioestimulantes) presentó el valor más bajo (Cuadro 6).

La aplicación exógena de los bioestimulantes, favoreció el contenido de VitC en los frutos de pepino, los resultados encontrados en este trabajo son superiores a los reportados por Cruz-Gómez, (2015), en un estudio en el que se hicieron aplicaciones de fertilizantes y fosfitos de potasio, obteniendo valores promedio de 2.5 (mg·100 g<sup>-1</sup>). Por otro lado, Arroqui *et al.*, (2001) mencionan que la vitamina C es de los nutrientes más relacionados con el contenido bromatológico de las hortalizas y frutas, a la vez que es un compuesto sensible a la oxidación química y enzimática, y soluble en agua, por lo que el contenido de Ácido Ascórbico es un indicador de la calidad de los frutos.

#### 4.2.2.6. Porcentaje de materia seca (Pmat)

En esta variable se identificó diferencias significativas entre tratamientos; Profixx Zit® presento el mayor Pmat con media de 1.91%, sin embargo, estadísticamente es igual a con los tratamientos Optifert® y Testigo con medias de 1.78% y 1.81%, respectivamente; por otro lado, Biozyme TF® manifestó un efecto negativo en este parámetro con un valor medio de 1.36% menor al Testigo absoluto (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Comparación múltiple de medias de Tukey para variables poscosecha de fruto en pepino, mediante la aplicación de bioestimulantes, UAAAN, Coahuila, México, 2018.

Tratamientos	Ccas				VitC	AcT.	Fza	°Brix	Pmat
	L*	a*	b*	a*/b*					
Biozyme TF®	36.77 ab	-6.69 a	9.90 a	0.66 a	4.02 ab	0.0931 a	71.72 a	3.06 a	1.36 b
Profixx Zit®	38.10 a	-9.85 a	11.36 a	0.87 a	3.91 ab	0.1005 a	61.78 a	2.94 a	1.91 a
Optifert®	36.66 ab	-9.37 a	10.64 a	0.88 a	5.65 a	0.0934 a	68.81 a	3.08 a	1.78 a
Testigo	36.20 b	-8.34 a	9.46 a	0.88 a	3.75 b	0.0853 b	62.81 a	2.91 a	1.81 a

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales, Ccas: Color de cáscara expresado en L\*, a\*, b\* y a\*/b\*, VitC: Vitamina C, AcT: Acidez titulable, Fza: Firmeza, °Brix: Grados brix, Pmat: Porcentaje de materia.

#### 4.2.2.7. Pérdida de peso del fruto (PP)

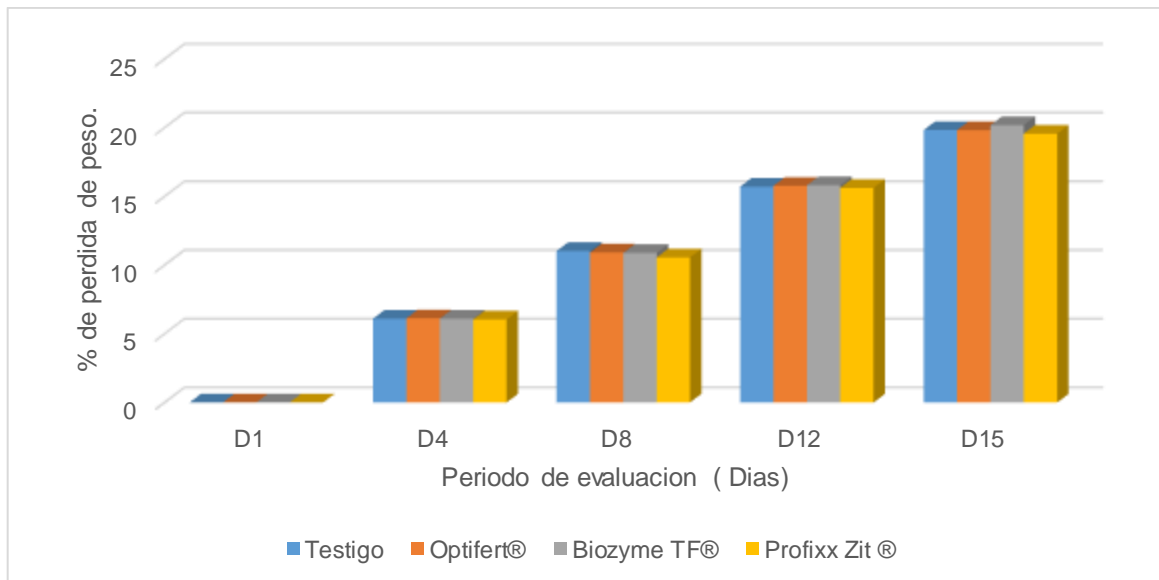
Una vez cosechado, el fruto depende únicamente de su reserva, continúa viviendo, respira, transpira y está sujeto a continuos cambios que determinan la declinación de la calidad interna y externa. Este proceso de senescencia consiste únicamente en una serie de eventos irreversibles que conducen a la desorganización celular, muerte de los tejidos y depende de determinados factores como biológicos, químicos y ambientales (Cruz-Gómez, 2015).

Para la variable PP, se observó una tendencia a la baja del peso respecto al tiempo transcurrido (Figura 2), los primeros síntomas de marchitamiento asociados a la pérdida de calidad se observaron a los 8 días en todos los tratamientos, cuando en promedio los frutos tenían una PP de aproximadamente del 10%. En este sentido, Ryall y Lipton, (1982), mencionan que los síntomas de pérdida de agua en frutas y hortalizas llegan a ser evidentes cuando estos pierden entre el 5 y el 10% de su

peso inicial debido principalmente a la transpiración y a las características estructurales de los tejidos.

La calidad de los frutos en este trabajo presento mayor duración con respecto a los resultados reportados por Muy-Rangel *et al.*, (2004), quienes mencionan que la calidad comercial de los frutos de pepino en condiciones normales manifestó un descenso evidente cuando estos alcanzaron el 6% de la pérdida de su peso a los tres días.

En el mismo sentido Moreno-Velázquez, (2015), menciona una disminución de la pérdida de peso de frutos de pepino atribuidos a una dosis más alta de anión  $H_2PO_4$  y el catión calcio, a diferencia de la solución Steiner normal.



**Figura 2.** Pérdida porcentual de peso de frutos del pepino, evaluados después de la aplicación de bioestimulantes, UAAAN, Coahuila. 2018.

Los resultados después de 15 días de monitoreo presentaron una media en la PP de 7.8 g (datos no mostrados), para todos los tratamientos. Profixx Zit®, fue el tratamiento más resistente a la PP con un promedio de 7.25 g, y con ello tuvo una mayor vida de anaquel, a pesar de que las condiciones de almacenamiento (humedad y temperatura) no fueron controladas. La pérdida de peso encontrada por Muy-Rangel *et al.*, (2004), fue más baja en comparación con este estudio, lo cual

podría deberse a que las condiciones de almacenamiento eran controladas entre ellas temperatura y humedad relativa.

## V. CONCLUSIONES

La aplicación exógena de bioestimulantes tuvo un efecto positivo en el desarrollo vegetativo de la planta, promovió el incremento en las características morfológicas del fruto como grosor, longitud y peso. En las características de poscosecha del fruto favoreció al incremento en el contenido de Vitamina C, Acidez titulable, porcentaje de fibra, mayor intensidad en el color de los frutos y vida de anaquel.

El bioestimulante Optifert® promovió los mejores efectos en la calidad de plantas y frutos en el cultivo de pepino, efecto que se atribuye a sus principios activos como la amplia gama de micronutrientes y mayor contenido de fitohormonas que proporciona un equilibrio en su formulación, los que estimularon en conjunto los procesos fisiológicos expresados en el cultivo.



## VI. LITERATURA CONSULTADA

- Aghili, F., Khoshgoftarmanesh, A., Afyuni, M. and Mobli, M. 2009. Relationships between fruit mineral nutrients concentrations and some fruit quality attributes in greenhouse Cucumber. *J. Plant Nutrit.* 32: Pp. 1994-2007.
- Alegría de la Puente M., 2015. Efecto de un bioestimulante en el rendimiento y calidad de (*Fragaria mexicana* L.) var, aromas en Quirihuc, Laredo-la libertad. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional De Trujillo. Pp. 27-36.
- Alvarado-de León H. M. 2015. Efecto de bioestimulantes enzimáticos a base de algas marinas sobre el desarrollo de caña de azúcar en renovación; La Gomera, Escuitla. Tesis de grado. Universidad Rafael Landívar. Pp. 14-19.
- Alvaro-Sanchez T., Monge-Pérez J. E., 2015. Efecto de la aplicación de bioactivadores y del raleo manual del fruto sobre el rendimiento y calidad del melón (*Cucumis melón* L.) bajo cultivo protegido en Costa Rica. *Tecnología de Marcha.* 28(4): Pp. 15-25.
- Anatolyivna-Tsygankova V., Alexandrovna-lutynska G., Pavlowych-Galkin A., Borisovych-Blume Y. 2014. Impact of New Natural Biostimulants on Increasing Synthesis in Plant Cells of Small Regulatory si/miRNA With High Anti-Nematodic Activity. *International Journal of Biology.* 6(1): Pp. 48-64.
- Arroqui C., Rumsey R., Lopez, A., Virseda P. (2001). Effect of different soluble solids in the water on the ascorbic acid losses during water blanching of potato tissue. *Journal of Food Engineering.* 47(2): Pp. 123-126.
- Azcon, J. T., M. 2003. *Fundamentos de fisiología vegetal.* 2ª (Ed.). McGraw-Hill. México, D. F.:Pp. 651.
- Baños L., Aleman J., Martines M., Ravelo J., Suris M., Rodriguez H., 2009. Evaluacion del efecto de los bioestimulantes sobre la Brotacion de Murrulla paniculata L. antes y después de la poda. *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas Cuba.* 30 (3): Pp. 37-39.

- Bioagro. 2007. Estudio del efecto de bioestimulantes sobre el crecimiento radical de plantas de tomate en contenedor.
- Cabrera-Medina, M., Borrero-Reynaldo, Y., Rodríguez-Fajardo, A., Angarica-Baró, E. M., Rojas-Martínez, O., (2011). Efecto de tres bioestimulantes en el cultivo de pimiento (*Capsicum annun* L.) variedad atlas en condiciones de cultivo protegido. Ciencia en su PC. 4: pp. 32-4.
- Calvache-Ulloa A. M. 2009. Evaluacion de tres bioestimulantes foliares aplicados en el cultivo de rosa (*Rosae* sp) variedad limbo. Central University of Ecuador. Pp. 1- 12.
- Campo-Costa A., Alavares-Rodriguez A., Batista-Ricardo E., Morales-Miralda A. 2015. Evaluacion del bioestimulantes Fitomas-E en el cultivo de *Solanum lycopersicum* L. (tomate). Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. 49(2): pp. 37-41.
- Campos-Hernández J. P. 2012. Evaluación del efecto de usos de fertilizantes foliares con acción bioestimulante, sobre la producción y calidad de la lechuga. Memoria de título. Universidad de Chile. Pp. 7-14.
- Casilimas H. 2012. Manual de producción de pepino bajo invernadero. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Pp. 17-50.
- Chen J., Tang C., Y Sakura Y., Yu J., Fukushima Y. 2005. Nitrate pollution from agriculture in different hydrogeological zones of the regional groundwater flow system in the North China Plain. Hydrogeology Journal. 13: Pp. 481-492.
- Cortés, J. R., E. 2011. Valoración de atributos de calidad en pepino (*Cucumis sativus* L.) fortificado con vitamina E. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 9(1): Pp. 24-34.
- Cruz-Gómez B. 2015. Efecto de la aplicación de biofertilizantes y fosfitos de potasio durante cultivo y un recubrimiento de poli (acetato de vinilo-co-alcohol vinílico) sobre la calidad y vida poscosecha de pepino (*Cucumis sativus* L.)

Tesis de maestría. CENTRO DE INVESTIGACION DE QUIMICA APLICADA:  
Pp. 30-45.

Du-Jardin P., 2015. Plants bioestimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*. 196. Pp. 3-14

Esmahan R., Hernandez E., Picado G. 2005. Manual de manejo poscosecha de hortalizas. Camara Agropecuaria y Agroindustrial de San Salvador, El salvador. Pp. 50-55.

Fermin-Remberto A. R., 2009. Evaluación de cuatro bioestimulantes comerciales en el desarrollo de plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao* L). Tesis de licenciatura. Riobamba-Ecuador. Pp. 54-74.

Fornaris G. j., 2001. Conjunto tecnológico para la producción de pepinillo de ensalada, características de la planta. Estación Experimental Agrícola.

Games-Elizalde M., Rodríguez-Manjarrez I., Henry-García Y., Ochoa-Mesa L., García-Robles J., Mercado-Ruiz J., Báez-Sañudo R. 2017. Calidad fisicoquímica y sensorial de peino orgánico (*Cucumis sativus* L) encerado. *Revista Iberoamericana De Tecnología Postcosecha*. 18(2): Pp. 121-128.

García, S.D. 2017. Bioestimulantes Agrícolas, Definición, Principales Categorías y Regulación a Nivel Mundial. Serie Nutrición Vegetal Núm. 94. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4p.

García-Atempa J. M., Villegas-Torres O. G. 2016. Respuesta del chile manzano (*Capsicum pubescens* R. Y P.) Al hidrogel y bioestimulantes de crecimiento. *Tlamati Sabiduría*. 7(2): Pp. 1-7.

García-Gutiérrez C., Rodriguez-Meza G. 2012. Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa. *Ra Ximbai* 8 (3): pp. 1-10.

García-Hernández, J.L. 2017. La Oportunidad del MERCADO Orgánico de Hortalizas. Serie Agricultura Orgánica Núm. 12 Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 3p.

- Ghoname A., Mona A., Dawood G. 2009. Effect of Nitrogen Forms and Biostimulants Foliar Application on the Growth, Yield and Chemical Composition of Hot Pepper Grown under Sandy Soil Conditions. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 5(5): Pp. 840-852.
- Gonzales-Gomez L., Falcon A. 2009. Evaluación de tres dosis del bioestimulante Quitosana en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) en un periodo tardío. Universidad de Gramma Cuba.
- González L. G., Falcón A., Jiménez M. C., Jiménez L., Silvente J., Terrero J. C., (2012). Evaluación de tres dosis del bioestimulante Quitosana en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) en un periodo tardío. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*. 1(2): pp. 42-48.
- Granados-Escobar E. F. 2015. Efecto de bioestimulantes foliares en el rendimiento del cultivo de berenjena; Ocos, San Marcos. Tesis de licenciatura. Universidad Rafael Landivar. Pp. 2-9.
- Grijalva-Contreras R. L., Macías-Duarte R., Grijalva-Duron S. A., Robles-Contreras F. 2011. Evaluación de efecto de la fecha de siembra en la productividad y calidad de híbridos de pepino europeo bajo condiciones de invernadero en el noreste de Sonora. *Revista de Ciencia Biología y de la Salud de la Universidad de Sonora*. 13(1): Pp. 29-36.
- Hole D. G., Perkins A. J., Wilson J. D., Alexander I. H., Grice P. V., Evans A. D. 2005. Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation* 122 (2005): Pp. 113–130.
- INTAGRI.2019. El sabor amargo de los pepinos. Consulta 20 de abril 2019. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/el-sabor-amargo-de-los-pepinos>
- Juárez-López P., Bugarín-Montoya R., Castro-Brindis R., Sánchez-Monteón A. I., Cruz-Crezo E., Juárez-Rosete C. R., Alejo-Santiago G., Balboa-Morales R. 2011. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. *Revista Fuente*. 3(8): Pp. 21-27.

- Konica Minolta. 2003. Precise Color Communication. Color control from perception to instrumentation. Konica Minolta Photo Imaging, Ramsey, Nj.
- López-Acosta P. P., Cano-Montes A., Rodríguez-de la Cosecha G. S., Torres-Flores N., Rodríguez-Rodríguez S. M., Rodríguez-Rodríguez R. 2011. Efecto de diferentes concentraciones de potasio y nitrógeno en la productividad de tomate en cultivo hidropónico. *TECNOCIENCIA Chihuahua*. 5(2): Pp. 98-104.
- López-Elías J., Gara-Ortega S., Huez-Lope M., Jimenez-León J., Rueda-Puente O., Murrillo-Amador B. 2015. Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en función de la densidad de plantaciones de invernadero. *Revista Científica Europea*. 11 (24): pp. 1857- 7881.
- López-Samora C. M. 2003. Cultivo del pepino. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. 17: pp. 8-14.
- Macedo-Castillo A. 2004. Evaluación de cinco genotipos de pepino (*Cucumis sativus* L.) con dos bioestimulantes en hidroponía. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Pp. 7-14.
- Mader P., Fliebbach A., Dubois D., Gunst L., Fried P., Niggli U. 2002. Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming*. 296: Pp. 1694-1697.
- Márquez-Hernández, C., Cano-Ríos, P., Chew-Madinaveitia, Y. I., Moreno-Reséndez, A., RodríguezDimas, N. 2006. Sustratos en la producción organica de tomate cherry bajo invernadero. *Revista de Chapingo Seria Horticultura*. 12(2): Pp. 183-189.
- Mazuela-Aguilar P. C. 2013. Manual para el paquete tecnológico de producción del tomate kumara. Ediciones Universitarias de Tarapacá. Pp.12.
- Moreno-Velásquez D., Hernandez-Hernandez B., Barrios-Díaz J., Ibañez-Martinez A., Cruz-Romero W., Berdeja-Arbeu. 2015. Calidad poscosecha de pepino cultivados en diferente solución nutritiva. *Revista Mexicana De Ciencia Agrícola*. 6(3): Pp. 637-643.

- Muy-Rangel D., Siller-Cepeda J., Diaz-Perez J., Valdez-Torres B., 2004. Efecto de las condiciones de almacenamiento y el encerado en el estatus hídrico y la calidad poscosecha del pepino de mesa. *Revista Fitotecnica Mexicana*. 27 (2): Pp. 157-165.
- Olalde-Gutiérrez V. M., Mastache-Lagunas A. A., Carreño-Román E., Martínez-serna J. Ramírez-López M. 2014. El sistema de tutorado y poda sobre el rendimiento de pepino en ambiente protegido. *INTERCIENCIA*. 39(10):Pp. 712-717.
- Padel S. 2002. Conversion to Organic Farming: A Typical Example of the Diffusion of an Innovation? *Sociologia Ruralis*. 41(1): Pp. 41-61.
- Paradikovic N., Vincovik T., Vincovik-Vrcek I., Tkalec M. 2013. Natural Bioestimulants reduce the incidence of VER in sweet yellow pepper plants (*Capsicum annuum* L.). *Agricultural and Food Science*. 22: Pp. 307-3017.
- Pilar-Manzuela A., Cepeda B., Cubillos V. 2012. Efecto del injerto y del bioestimulante Fartum® sobre la producción y calidad en tomate cherry. *IDESIA*. 30(3): Pp. 77-81.
- Ramírez-Medina G., Rico-García E., Mercado-Luna A., Ocampo-Velázquez R., Guevara-Gonzales R. G., Soto-Zarazúa G. M. 2012. Efecto del manejo cultural y sombreado sobre la producción de cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.). *CIENCIA@UAQ*. 5(1): Pp. 1-9.
- Reche-Marmol J. 2011. Cultivo del pepino en invernadero. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Pp. 19-31.
- Rigby D., Caceres D. 2001. Organic farming and the sustainability of agricultural systems. *Agricultural Systems* 68: Pp. 21-40.
- Rodriguez-Fernandez P., Rodríguez-Caballero J., 2010. Producción local de pepino (*Cucumis sativus* L) Híbrido SARIG y su impacto sobre el crecimiento y productividad del cultivo en independencia de la biofertilización foliar en un

- agroecosistema santiaguero. Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba. (2): Pp. 114-124.
- Rodríguez-Mendoza M., Alcantar-Gonzalez G., Aguilar-Santelises A., Etcgevers-Barra J., Santizo-Rincon J., 1998. Terra 16(2): Pp. 134-141.
- Rojas-Guerrero E. 2018. Aplicación de bioestimulantes foliares sobre el rendimiento y calidad de fruto de palto (*Persea americana* Mill), variedad fuerte en el valle de cieneguillo sur, piura. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional De Piura. Pp 32-50.
- Romero-Romero O. D. 2015. Uso de moringa como bioestimulante foliar en pimiento (*Capsicum annuum* L.) germoplasma local en palmales, arenilla. Trabajo de titulación. Universidad Técnica de Machala. Pp. 5-8.
- Rosero S., Erazo N., Gualpa M. Usigna M. 2017. Evaluación de cuatro bioestimulantes y tres sustratos en la propagación de *Vallea stipularis* L.f. Enfoque UTE. 8(3): Pp. 28-40.
- Ruiz, J. M. and Romero, L. 1998. Commercial yield and quality of fruits of cucumber plants cultivated under greenhouse conditions: Response to increases in nitrogen fertilization. Journal of Agricultural Food Chemistry 46: Pp. 4171-4173.
- Ryall A., Lipton. W. 1982. Refrigerated storage. In: Handling Transportation and Storage of Fruits and Vegetables. Vol. I. L Ryall, WLipton (eds). AVI Publishing Company, INC. Westport, Connecticut: Pp: 293-306.
- Ryall, A. L., W. 1982. Refrigerated storage. In: Handling Transportation and Storage of Fruits and Vegetables. L Ryall, W Lipton (eds). AVI Publishing Company, INC. Westport, Connecticut. 1: Pp. 293-306.
- Saa S. 2015. Biostimulants in Agriculture. MINI REVIEW. 6(671): Pp. 1-3.
- Saborío F. 2002. Bioestimulantes en fertilización foliar. Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones. Pp. 107-125.

- SAS Institute (2002). The SAS® System for Windows® (Version 9.3). *Statiscal Analysis System Institute Inc.* Cary, N.C., U.S.A. 4424 p. Wellhausen
- Sánchez-Arrieta G. 2011. Fertilización química suplementada con nutrición orgánica en la producción de pepino bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Pp. 8-17.
- Scarascia-Mugnozza G., Sica C., Russo G. 2011. PLASTIC MATERIALS IN EUROPEAN AGRICULTURE: ACTUAL USE AND PERSPECTIVES. *J. of Ag. Eng. - Riv. Di Ing. Agr.* 3: Pp. 15-28.
- Silvia-Lara I. A. 2012. Efecto de bioestimulantes químicos y organicos en la calidad fisiología de la semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris*) variedad pinto Saltillo. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Pp. 32-34.
- Terry-Alfonso E., Ruiz-Padrón J., Tejeda-Peraza T., Reynaldo-Escobar I., Carrillo-Sosa Y., Morales-Morales H. A. 2015. Interacción de bioproductos como alternativas para la producción horticultura cubana. *TECNOCIENCIA Chihuahua.* 8(3): Pp. 163-174.
- Torres-Chihuaicura M. A. 2013. Evaluación de frecuencia y dos concentraciones de aplicación de bioestimulante (Biozyme ®) en floración de berenjenas (*Solanum melongena* L.) Para reducir los costos del cultivo. Tesis de licenciatura. Universidad de Chile.
- Trewavas A. 2001. Urban myths of organic farming. *NATURE.* 410: Pp. 409-410.
- Trinidad-Santos, A., Aguilar-Manjarrez, D. 2000. Fertilización foliar un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *TERRA.* 17 (3): Pp.: 247-255.
- Vaca-Patiño R. E. 2011. Evaluación de tres bioestimulantes con tres dosis en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) en Santa Martha de Cuba-Carchi. Tesis de licenciatura. Universidad técnica del norte. Pp. 17-26.
- Valero, C. R., M. 1996. Técnicas de medida de la calidad de frutas. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Ingeniería Rural.



Vasquez-Hernandez A., Meneses-Márquez I., Duran-Prado A., Zetina-Lezama R., Aguado-Santacruz G. A., Moreno-Gomez B. 2013. Producción de pepino con abono orgánico y biofertilizantes en ambiente protegido. INIFAP. (52): Pp. 1-2.

Zuaznabar-Zuaznabar R., Pantaleon-Paulino G., Milanes-Ramos N., Gomez-Juárez I., Herrera-Solano A., 2013. Evaluación del bioestimulante del crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar FITOMAS-E en el estado de Veracruz, México. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. 47(2): Pp. 8-12.