

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Evaluación de biofertilizantes sobre la productividad del pepino
(*Cucumis sativus* L.) en invernadero.

Por:

YONI VASQUEZ VASQUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México
Noviembre 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Evaluación de biofertilizantes sobre la productividad del pepino
(*Cucumis sativus* L.) en invernadero.

POR:

YONI VASQUEZ VASQUEZ

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

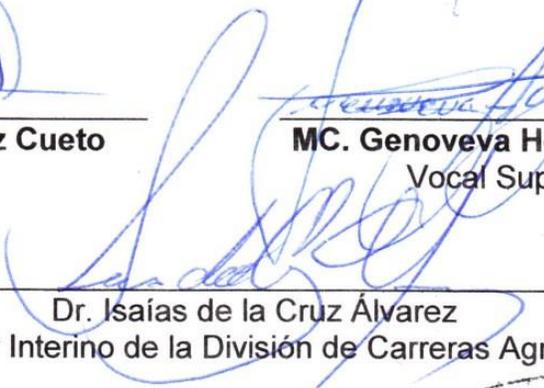
Aprobada por:


Ing. Juan Manuel Nava Santos
Presidente


MC. Francisca Sánchez Bernal
Vocal


ME. Víctor Martínez Cueto
Vocal


MC. Genoveva Hernández Zamudio
Vocal Suplente


Dr. Isaías de la Cruz Álvarez
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Noviembre 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Evaluación de biofertilizantes sobre la productividad del pepino
(*Cucumis sativus* L.) en invernadero.

Por:

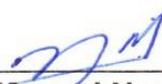
YONI VASQUEZ VASQUEZ

TESIS

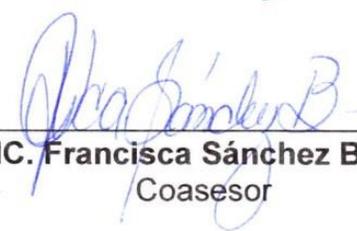
Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por el Comité de Asesoría:



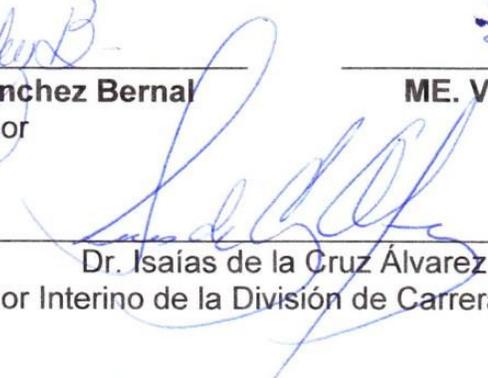
Ing. Juan Manuel Nava Santos
Asesor Principal



MC. Francisca Sánchez Bernal
Coasesor



ME. Víctor Martínez Cueto
Coasesor



Dr. Isaías de la Cruz Álvarez
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Noviembre 2019



AGRADECIMIENTO

A Dios

Por permitirme la vida, y por darme la dicha de vivir esta etapa de mi vida.

A mi “Alma Mater”

Por cobijarme durante mi estancia, brindarme las herramientas que contribuirán en mi desempeño como profesionista.

A mis padres:

Por su apoyo incondicional desde el inicio de mi carrera hasta en estos momentos, por estar atentos en todo momento de mi carrera profesional.

A mis hermanos:

Por enseñarme que la familia es lo más importante, además de que ellos son mi motivación para seguir adelante, son parte muy importante en mi vida y formación, por brindarme tiempo, consejos, motivación para que terminara mi carrera.

DEDICATORIA

Con todo cariño y amor a mis padres:

Sr. Pablo Vásquez Vasquez

Sra. Alejandra Vásquez López

Por darme todo el apoyo que necesite mientras estuve aquí

A mis hermanos:

Miriam, Rolando y Pablo Saúl

Por todo el apoyo que me brindaron para seguir adelante, y por la confianza de siempre.

RESUMEN

El propósito del estudio fue evaluar el efecto del extracto de algas marinas + vermicomposta como fertilizante orgánico en la productividad del pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo cubierta. Se evaluaron cuatro tipos de fertilización. Los tratamientos fueron: T₁ Solución Nutritiva Steiner (testigo), T₂ (vermicomposta 30% + 5 g algas), T₃ (vermicomposta 40% + 4 g algas) y T₄ (vermicomposta 50% + 3 g de algas). Los cuatro tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar. Las variables evaluadas fueron altura de planta, días a floración, peso de fruto, diámetro de fruto, longitud de fruto, sólidos solubles totales, peso fresco y peso seco de tallos, hojas y raíz. La evaluación se realizó hasta la tercera cosecha. En base a los resultados obtenidos en el análisis estadístico para las variables evaluadas, se determinaron los siguientes resultados. Para las variables altura de planta, floración, peso de fruto y diámetro ecuatorial se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, sobresaliendo los tratamientos orgánicos T₄ (vermicomposta 50%+3g algas) y T₃ (vermicomposta 40% + 4 g algas). Para las variables sólidos solubles totales, peso fresco y peso seco, se presentó diferencia significativa entre tratamientos, obteniendo el T₁ (Steiner) los mayores valores, seguido del tratamiento orgánico T₄ (vermicomposta 50% + 3 g algas). Para la variable longitud de fruto, los tratamientos no presentaron diferencia estadísticamente significativa, sin embargo, numéricamente sobresalió el T₄ (vermicomposta 50% + 3 g algas). Para esta investigación, en particular, la dosis de vermicomposta al 50% y algas marinas con 3 g, presentó los mejores resultados para las variables que influyen directamente en calidad y producción de pepino.

Palabras clave: *Cucumis sativus* L., Algas marinas, Vermicomposta, Producción orgánica, Invernadero.

ÍNDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE	iv
INDICE DE CUADROS	vii
I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo	3
1.2 Hipótesis	3
II REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1. Generalidades del cultivo del pepino	4
2.1.1. Origen.....	4
2.1.2. Clasificación taxonómica.....	4
2.1.3. Descripción botánica.....	5
2.2 Planta	5
2.2.1 Raíz	5
2.2.2 Tallo	5
2.2.3 Hoja	6
2.2.4 Flor	6
2.2.5 Fruto.....	6
2.2.6 Semilla	6
2.3 Agricultura orgánica	7
2.4 Agricultura orgánica en el mundo	7
2.5 Agricultura orgánica en México	8
2.6 Invernaderos	9
2.6.1 Generalidades.....	9
2.6.2. Importancia de los invernaderos	9
2.6.4. Desventajas de los invernaderos.....	12
2.7. Sustratos	12
2.7.1 Propiedades de los sustratos.....	12
2.7.2. Clasificación de sustratos	13

2.8 Vermicomposta	14
2.8.1 Beneficios de la vermicomposta	15
2.8.2 Usos de la vermicomposta	15
2.8.3 Contenido de la vermicomposta	16
2.9 Labores culturales	17
2.9.1 Poda	17
2.9.2 Tutorado	17
2.9.3 Polinización	18
2.10 Biofertilizantes	18
2.10.1 Biofertilizantes para uso agrícola	19
2.11. Algas marinas	19
2.11.1 Descripción de las algas	19
2.11.2 Extractos de algas marinas	19
2.11.3 Propiedades de las Algas Marinas	20
2.11.4 Efectos de las algas sobre las plantas	20
III MATERIALES Y METODOS	22
3.1. Localización geográfica de la Comarca Lagunera	22
3.2. Ubicación del experimento	22
3.3. Descripción del invernadero	22
3.4. Material vermicomposta	23
3.5. Tratamientos	23
3.6 Sustratos y el tipo de fertilización para la producción de pepino	23
3.6.1 Biofertilizantes	23
3.7 Genotipo	24
3.8 Siembra en charolas	24
3.9 Trasplante	24
3.10 Manejo del cultivo	24
3.10.1 Poda	24
3.10.2 Tutorado	25
3.10.3 Polinización	25
3.11 Control de plagas y enfermedades	25
3.12 Cosecha	26
3.13 Variables evaluadas en pepino	26

3.14 Diseño experimental	27
3.15 Análisis estadístico	27
IV RESULTADOS Y DISCUSION	28
4.1 Altura de planta	28
4.2 Floración	29
4.3 Calidad del fruto	30
4.3.1 Peso de fruto	30
4.3.2 Diámetro ecuatorial (DE)	31
4.3.3 Longitud	32
4.3.4 Sólidos solubles totales	34
4.4. Peso fresco	35
V CONCLUSIONES	38
VI REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	39

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición del humus de lombriz (INIFAP, 2007.	16
Cuadro 2. Tratamientos.	23
Cuadro 3. Altura de planta (cm), resultado de la evaluación de pepino con diferentes porcentajes de vermicomposta + algas bajo condiciones de invernadero.	28
Cuadro 4. Inicio de la floración femenina días después del trasplante (ddt), resultado de la evaluación de pepino con diferentes porcentajes de vermicomposta + algas bajo condiciones de invernadero.	29
Cuadro 5. Peso del fruto (g) resultado de la evaluación de pepino con diferentes porcentajes de vermicomposta + algas bajo condiciones de invernadero.	30
Cuadro 6. Diámetro ecuatorial (cm) resultado de la evaluación de pepino con diferentes porcentajes de vermicomposta + algas bajo condiciones de invernadero.	31
Cuadro 7. Longitud del fruto (cm) resultado de la evaluación de pepino con diferentes porcentajes de vermicomposta + algas bajo condiciones de invernadero.	33
Cuadro 8. Sólidos solubles (°) resultado de la evaluación de pepino con diferentes porcentajes de vermicomposta + algas bajo condiciones de invernadero.	34
Cuadro 9. Peso fresco (g) resultado de la evaluación de pepino con diferentes porcentajes de vermicomposta + algas bajo condiciones de invernadero.	35
Cuadro 10. Peso seco (g) resultado de la evaluación de pepino con diferentes porcentajes de vermicomposta + algas bajo condiciones de invernadero.	36

I INTRODUCCIÓN

El cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.) es muy importante, por el elevado índice de consumo que tiene, y diversas formas de tanto en fresco como industrializado (Infoagro, 2007). A nivel mundial los principales países que destacan en la producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) y pepinillo son: China, Rusia, Turquía, Irán, y Ucrania. China produce el 76% de la producción mundial con un 61.949.090 de toneladas de pepino, por su parte México ocupa el octavo lugar en producción mundial con 886.270 toneladas de pepino, según los datos procedentes de la FAOSTAT, el organismo de estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), correspondientes al año 2012.

La producción de pepino en México proviene, la mayor parte, de la cosecha de diez entidades (SAGARPA, 2015). La producción en el estado de Coahuila es de una superficie de 45 ha de las cuales se pretende obtener 4,185 t ha⁻¹ con un rendimiento esperado de 93.00 t ha⁻¹ (SIAP, 2017). México, ha experimentado un crecimiento en la superficie de producción orgánica superior a 25% anual. Los principales estados productores de alimentos orgánicos son Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Chihuahua y Guerrero, que concentran 82.8% de la superficie orgánica total. Tan sólo Chiapas y Oaxaca cubren 70% del total de la producción orgánica en México. De la cual el 85% se destina al mercado de exportación (CONABIO, 2004).

La agricultura orgánica es un sistema de producción que trata de utilizar al máximo los recursos de la finca, dándole énfasis a la fertilidad del suelo y la actividad biológica y al mismo tiempo, a minimizar el uso de los recursos no renovables y no utilizar fertilizantes y plaguicidas sintéticos para proteger el medio ambiente y la salud humana. La agricultura orgánica involucra mucho más que no

usar agroquímicos. En Centroamérica se está produciendo una gran variedad de productos agrícolas orgánicos para exportación (FAO, 2003).

El uso indiscriminado de fertilizantes químicos ha causado muchos problemas en la agricultura, entre ellos se mencionan la contaminación del medio ambiente, fuga de divisas, aumento de costos en la producción y salinización de los suelos, los beneficios de los abonos orgánicos ayudan a mantener a los cultivos y al suelo (Gómez y Vásquez, 2011).

El empleo de fertilizantes biológicos ha crecido notablemente en las últimas dos décadas. Los fertilizantes biológicos actúan como sustitutos de fertilizantes químicos tradicionales, brindan buenos rendimientos en las cosechas, favorecen el crecimiento de frutos sanos, resistentes al ataque de plagas y ofrecen facilidades para su aplicación. Además, los nutrientes esenciales, contenidos en los fertilizantes biológicos que favorecen el buen desarrollo de los cultivos (Carvajal y Mera, 2010).

Los bioproductos (biofertilizantes, bioestimuladores y bioplaguicidas) son componentes vitales de los sistemas sustentables, ya que constituyen medios económicamente atractivos y ecológicamente aceptables para reducir los insumos externos y mejorar la cantidad y calidad de los recursos internos, mediante la utilización de microorganismos debidamente seleccionados por su alta eficiencia e inocuidad, además pueden ser generados a partir de recursos locales y tener carácter endógeno (Chirinos *et al.*, 2006).

1.1 Objetivo

Evaluar la productividad de pepino con diferentes concentraciones de algas y vermicomposta bajo condiciones de invernadero.

1.2 Hipótesis

A mayor porcentaje de vermicomposta y algas se incrementa la productividad del pepino.

II REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo del pepino

2.1.1. Origen

El pepino es originario de las regiones del sur de Asia, siendo cultivado en la India, desde hace más de 3.000 años, extendiéndose a Grecia y de ahí a Roma y China. El pepino en Europa fue introducido por los romanos aparecen registros de este cultivo en Francia en el siglo IX, en Inglaterra en el siglo XIV y en Norteamérica a mediados del siglo XVI, por Cristóbal Colon (Gordon, 1992).

2.1.2. Clasificación taxonómica

De acuerdo con el Centro Nacional de Investigación Agropecuaria y Forestal CENTA (2003) la clasificación taxonómica del pepino es de la siguiente manera:

Nombre científico: *Cucumis sativus* L.

División: Embriophyta, Asiphonograma, Criptógamas vasculares.

Subdivisión: Angiosperma

Clase: Dicotiledóneas, Simpétalas, tetracíclicas.

Orden: Cucurbitales.

Familia: Cucurbitácea.

Género: *Cucumis*.

Especie: *Sativus* L.

2.1.3. Descripción botánica

El pepino es una planta anual de porte herbáceo, cuyo nombre genérico es *Cucumis sativus*. Pertenece al orden cucurbitales, el cual contiene una sola familia, las Cucurbitáceas. A continuación, se describen cada una de las partes de la planta (Vasco, 2003).

2.2 Planta

El pepino es una planta herbácea, anual, rastrera o trepadora si se le facilita un tutorado apropiado mediante zarcillos sencillos que nacen en las axilas de las hojas, junto a los brotes en formación y que se enrollan en las mallas o hilos dispuestos para el tutorado. En estado adulto la planta de pepino puede alcanzar los 2 metros de altura, aunque, a veces, las exigencias del cultivo determinan que la planta tenga menor tamaño. La planta de pepino tiene una gran envergadura, con frondosidad aún mayor que las plantas de berenjena debido al enorme tamaño de sus hojas tan apetecibles por los parásitos (Mármol, 2011).

2.2.1 Raíz

La raíz principal puede llegar a una profundidad de hasta 1.10 m y hasta 65 cm lateralmente, la mayor concentración de raíces se encuentra a los 25 y 30 cm. El pepino posee un sistema radicular compacto, por lo cual aumenta los requerimientos hídricos (Valadez ,1998)

2.2.2 Tallo

El tallo principal es anguloso y espinoso, de porte rastrero y trepador, de cada nudo parte una hoja y un zarcillo (Romero, 2003).

2.2.3 Hoja

Las hojas de son de forma palmeada, con cinco puntos, presentando vellosidades blancas, alternas y tienen un color verde oscuro en el haz de la hoja. Valadez, (1993).

2.2.4 Flor

La flor es de corto pedúnculo y pétalos amarillos. Las flores aparecen en las axilas de las hojas y pueden ser hermafroditas o unisexuales, aunque los primeros cultivares conocidos eran monoicos y solamente presentaban flores masculinas y femeninas y en la actualidad todas las variedades comerciales que se cultivan son plantas ginoicas, es decir, sólo poseen flores femeninas que se distinguen claramente de las masculinas porque son portadoras de un ovario ínfero (Uscanga y Zamora, 2014).

2.2.5 Fruto

El fruto es pepónide áspero o liso, dependiendo de la variedad, pasando de un color verde claro hasta un verde oscuro y llegar a alcanzar un color amarillento cuando está totalmente maduro. La pulpa es acuosa de color blanquecino, con semillas en su interior a lo largo del fruto (Casaca, 2005).

2.2.6 Semilla

La semilla de pepino se compone de los tegumentos que las protegen, de las sustancias nutritivas y del embrión es la parte más importante, ya que de él depende la germinación, crecimiento y desarrollo de la nueva planta. Las semillas de pepino son más pequeñas que las del melón, ovales, inmaduras, aplastadas,

lisas y de color amarillento blanquecino terminadas en un extremo más agudo (Mármol, 2011).

2.3 Agricultura orgánica

Por definición la agricultura orgánica a diferencia de la agricultura habitual, se caracteriza por prohibir el uso de agroquímicos como fertilizantes y pesticidas, riego con aguas negras, ingeniería genética (laboratorio), y radiación (luz ionizante en la producción de alimentos (González, 2015).

Existen muchos significados, pero de cualquier forma sea definida o nombrada la agricultura orgánica, siempre se hará énfasis en la utilización y puesta en práctica de métodos de producción ecológicos y los métodos sostenibles que contribuyan a que las operaciones agrícolas sean económicamente rentables, sin causar algún daño al medio ambiente (Cabrera y Contreras, 2005).

2.4 Agricultura orgánica en el mundo

La agricultura orgánica se está desarrollando rápidamente, los datos sobre agricultura orgánica están disponibles en 162 países, hay 37,2 millones de hectáreas de tierras agrícolas orgánicas. Las regiones con las mayores áreas de tierras agrícolas orgánicas son Oceanía (33 por ciento de las tierras agrícolas orgánicas del mundo) y Europa (29 por ciento). América Latina tiene 6.9 millones de hectáreas (18.4 por ciento) seguido de Asia (10 por ciento), América del Norte (7,5 por ciento) y África (3 por ciento). Los países con la tierra agrícola más orgánica son Australia (12 millones de hectáreas), Argentina (3.8 millones de hectáreas) y Estados Unidos (1.9 millones de hectáreas) (Willer, 2013).

2.5 Agricultura orgánica en México

La agricultura orgánica ha ido adquiriendo una importancia creciente en el mundo, con un consistente aumento tanto en la cantidad de superficies y el número de granjas, como en su valor económico; cada año, la demanda mundial de productos orgánicos aumenta en un estimado de cinco mil millones de dólares (SAGARPA,2014).

La agricultura orgánica ha ido adquiriendo importancia dentro del sistema agroalimentario de más de 162 países; existen alrededor de 37,2 millones de hectáreas que son cultivadas en forma orgánica y 32,5 de recolección, en por lo menos 660.000 unidades de producción atendidas por 1,8 millones de campesinos The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends (FiBL e IFOAM, 2013).

La agricultura orgánica en México, comienza en los años sesenta, gracias a la demanda de ciertos productos orgánicos por parte de empresas extranjeras. Las tierras en donde se sembraba eran áreas de cultivo tradicional, regiones indígenas en donde no se empleaban sustancias químicas. Los estados en donde se comenzó con este nuevo tipo de producción fueron Chiapas y Oaxaca. Hoy en día los sembradíos están distribuidos a lo largo y ancho del territorio nacional según la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO, 2018).

En el país la superficie agrícola destinada a la producción de cultivos orgánicos registró un acelerado incremento. En un período de apenas 12 años, éstas crecieron en cerca de 12 veces, al pasar de 23,265 hectáreas en 1996 a 332,485 hectáreas en 2008. Por su parte, el número de productores dedicados a

este tipo de cultivos, aumentó en cerca de 10 veces, al pasar de 13,176 a 128,862 productores, durante el mismo período (Claridades agropecuarias, 2010).

2.6 Invernaderos

2.6.1 Generalidades

Invernadero se define como toda aquella estructura cerrada, cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener unas condiciones artificiales de microclima y, con ello, cultivar plantas en condiciones óptimas. El invernadero es una estructura en que las partes correspondientes a las paredes y el techo están cubiertas con películas plásticas, logrando con esto su protección del efecto negativo de ciertas condiciones climáticas (Jaramillo *et al.*, 2007).

Esta característica de los invernaderos ha permitido establecer cultivos en zonas que por sus condiciones ambientales naturales resultaban no aptas para el establecimiento de un determinado cultivo (Casilimas *et al.*, 2012).

2.6.2. Importancia de los invernaderos

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (2012) menciona la importancia de los invernaderos de la siguiente manera:

- Permiten la producción de hortalizas durante todo el año en regiones que presentan condiciones extremas, facilitando la planificación de la producción.

- Al controlar la temperatura y humedad, aceleran el crecimiento de los cultivos permitiendo que la cosecha se realice en menos tiempo.
- Los rendimientos son mayores que a campo abierto. Se produce más en poco espacio de terreno.
- Facilitan el control de las plagas y enfermedades. Se puede controlar la temperatura y humedad.
- Conservan los suelos porque promueven el cultivo en el mismo suelo en varias oportunidades. Protege a las plantas de las heladas, granizadas, nevadas y bajas temperaturas en general.
- Utilizan el agua eficientemente y de forma controlada. Las plantas y los productos están menos expuestos a la contaminación del aire.

2.6.3. Ventajas que aportan los invernaderos

De acuerdo a Jaramillo *et al.*, (2006) las ventajas de los invernaderos son la siguiente:

- Protección contra condiciones climáticas extremas
- Permite un control contra las lluvias, granizadas, bajas temperaturas, vientos, tempestades, calentamiento, enriamiento, sombrío y la presencia de rocío den los cultivos.
- Obtención de cosechas fuera de época
- Cultivando bajo invernadero es posible producir durante todo el año, independientemente de las condiciones climáticas externas.

- Mejor calidad de la cosecha
- Dentro de un ambiente protegido, las condiciones de producción favorecen la obtención de productos sanos, similares en forma, tamaño y madurez, más gustosos y con excelente presentación, características que estimulan sensiblemente el consumo.
- Preservación de la estructura del suelo
- En un ambiente protegido, el suelo permanece bien estructurado, firme y no sufre las consecuencias de la erosión a causa de las lluvias o el viento, disminuye el lavado de nutrientes dentro del perfil del suelo, por lo que las plantas obtienen mayor disponibilidad de los mismos, reflejándose en mayor productividad por unidad de área.
- Siembra de materiales seleccionados
- En los países de agricultura avanzada, el mejoramiento genético desarrolló materiales de alto rendimiento, que exigen condiciones especiales y su producción solo es viable bajo condiciones bajo invernadero.
- Ahorro en costos de producción
- Existe un ahorro en los costos de producción, pues se aumenta la producción por unidad de área, se produce un incremento en la eficiencia de los insumos agrícolas, disminuye el número de insumos aplicados y hay mayor comodidad en la realización oportuna de las labores.
- Disminución en la utilización de pesticidas

2.6.4. Desventajas de los invernaderos

Pacheco y Bastida (2011) menciona que la construcción y manejo de los invernaderos presentan algunos inconvenientes o desventajas que a continuación se citan:

- Inversión inicial alta.
- Desconocimiento.
- Alto nivel de especialización y capacitación.
- Altos costos de producción.
- Condiciones óptimas para el ataque de agentes patógenos.
- Dependencia de mercado

2.7. Sustratos

Sustratos se pueden definir como un material sólido natural o sintético, mineral u orgánico, que al ser colocados en contenedores permite la sujeción de la raíz (Díaz, 2004).

2.7.1 Propiedades de los sustratos

2.7.1.2 Propiedades físicas

Las propiedades físicas están directamente asociadas a la capacidad de proveer agua y aire al sistema de raíces. Un sustrato está constituido por partículas sólidas y espacios libres que dejan entre sí, denominados poros que conforman el espacio poroso total. Por lo que un buen sustrato desde el punto de vista físico debe ser liviano, esponjoso y con buena capacidad de almacenar agua (Martínez y Soriano, 2014).

2.7.1.3. Propiedades químicas

Dentro de estas propiedades químicas se destacan la capacidad de intercambio catiónico (la capacidad de retener cationes e intercambiarlos con la solución acuosa), la disponibilidad de los nutrientes, salinidad (hace referencia a la concentración de sales existentes en el sustrato cuando es suministrado, el ph (influye en la asimilabilidad de los nutrientes de la planta), relación C/N (el valor de dicha relación muestra la el grado de inmadurez de los sustratos orgánicos y de su estabilidad (Baixauli y Aguilar 2002).

2.7.1.4. Propiedades biológicas

Dentro de estas propiedades destacan la supresividad, actividad reguladora del crecimiento (algunos de los sustratos poseen actividad hormonal) y enzimática (aumenta la disponibilidad de nutrientes), micorrizas (presencia de algunos hongos en sustratos), velocidad de descomposición, materia orgánica y formación de complejos metálicos (Burés, 2002).

2.7.2. Clasificación de sustratos

2.7.2.1. Sustratos orgánicos

Martínez y Roca (2011) mencionan de la manera siguiente a los sustratos de material orgánico:

Naturales: turbas rubias y negras, fibra de coco, son los más empleados; subproductos de actividades agrícolas, urbanas e industriales. En general, necesitan un tratamiento de “compostaje” para ser aptos para el cultivo. Algunos de estos productos son orujos de uva, cortezas de árboles y residuos madereros en general, paja de cereales, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas, etc.

Sintéticos: son polímeros de la industria de los plásticos, no biodegradables, como poliuretano, poliacrilamida y poliestireno.

2.7.2.2. Sustratos inorgánicos o inertes

De acuerdo a *Abad et al.*, (2004) la clasificación de los sustratos inorgánicos de la siguiente manera:

Materiales inorgánicos o minerales. Estos materiales también se subdividen en:

De origen natural. Se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso, como, por ejemplo: rocas de tipo volcánico como el jal, piedra pómez, arena, grava.

Materiales transformados o tratados industrialmente. Son obtenidos a partir de rocas o minerales mediante tratamientos físicos y a veces químicos, que modifican las características de los materiales de partida. Algunos ejemplos de estos son la perlita, vermiculita, arcilla expandida y lana de roca.

Residuos y subproductos industriales, como las escorias de horno alto, estériles de carbón.

2.8 Vermicomposta

El vermicompostaje es un proceso que permite la bio-oxidación, degradación y estabilización de residuos orgánicos por la acción de las lombrices y microorganismos, del cual se obtiene la vermicomposta, un producto final estabilizado, homogéneo y de granulometría fina. Este proceso es eficiente puede

convertir residuos orgánicos en productos de valor agregado para las prácticas de restauración ecológica y programas de fertilidad del suelo (Villegas-Cornelio y Laines, 2017).

2.8.1 Beneficios de la vermicomposta

Lino (2014), menciona los beneficios de la vermicomposta de la siguiente manera:

- Al evitar que los residuos orgánicos se acumulen en los basureros, se evita la producción de gases tóxicos y líquidos que pueden contaminar el subsuelo.
- La vermicomposta es un fertilizante alto en nitrógeno, potasio, fósforo y magnesio, además de minerales y micronutrientes necesarios para los cultivos, más fácilmente absorbidos por las plantas que los fertilizantes sintéticos.
- La vermicomposta también contiene hormonas de crecimiento para los cultivos, así como enzimas y una alta población microbiológica benéfica y libre de patógenos.
- Al reemplazar fertilizantes sintéticos por abonos orgánicos como la lombricomposta, el productor obtiene ahorro en los costos de producción.

2.8.2 Usos de la vermicomposta

El humus de lombriz puede ser aplicado a diferentes cultivos y medios tales como: planta de interior, jardines urbanos, huertos, césped, horticultura, fruticultura, invernaderos, cultivos industriales entre otros. El humus se aplica

como cualquier abono orgánico, al momento de la siembra, al pie de la planta, alrededor del árbol la cantidad de abono dependerá del tipo de cultivo y de las condiciones en la que se encuentre el suelo (Torres, 2013).

2.8.3 Contenido de la vermicomposta

Posee un alto contenido de elementos nutritivos fácilmente asimilables por las plantas tales como: N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn etc., además contiene sustancias biológicamente activas tales como reguladores de crecimiento vegetal (Buck *et al.*, 1999).

Cuadro 1. Composición del humus de lombriz (INIFAP, 2007)

Elementos	Unidad	Mínimo	Máximo
pH		6.8	7.2
Materia orgánica	%	30	50
Nitrógeno Total	%	1.5	3.35
Cenizas	%	27	67
Calcio total	%	2.8	8.7
Magnesio total	%	0.2	0.78
Fosforo total	ppm	700	2500
Potasio total	ppm	1110	7700
Manganeso total	ppm	260	576
Cobre total	ppm	72	490
Zinc total	ppm	87	1201
Hierro total	ppm	5500	9583

2.9 Labores culturales

2.9.1 Poda

La poda se realiza con la finalidad de eliminar brotes, hojas viejas y/ o enfermas a partir de la tercera semana del trasplante, cuando empieza a emitir estas, así como los primeros frutos (Ramírez *et al.*, 2012).

El sistema de poda más común en invernadero consiste en que podar todas las ramas laterales como aparecen hasta que el tallo principal alcanza el cable aéreo. El punto de crecimiento del tallo principal se elimina cuando uno o dos hojas se han desarrollado por encima del cable. El punto de crecimiento de cada lateral se elimina cuando casi al suelo. Las frutas son desarrolladas en el nodo de cada hoja. Los frutos en la base 30 pulgadas del tallo principal deben ser cortadas tan pronto como (Hochmut, 2001).

2.9.2 Tutorado

Para el tutorado de las plantas, a lo largo de las camas se colocan soportes de bambú u otra madera regional con una altura de 3 a 5 m. Sobre los soportes se instala un tendido de alambre galvanizado calibre 20 por cada hilera de plantas, en éste se fijan los hilos de rafia, a los que se sujetan las plantas de pepino y sirven de guía para el crecimiento vertical. El tutorado se inicia a los 10 días de la nacencia; se hace de forma manual mediante el amarre de cada planta con los hilos de rafia, cuidando de no estrangular los tallos (Vásquez *et al.*, 2013).

2.9.3 Polinización

El pepino como todas las cucurbitáceas tienen flores masculinas y femeninas separadas en la misma planta y la polinización la realizan insectos como las abejas, para alcanzar una buena polinización para lograr buen rendimiento se debe disponer usar un mínimo de 3 colmenas por manzana, bien pobladas, durante la floración. Se debe tener especial cuidado de hacer aplicaciones de insecticidas temprano por la mañana o en las últimas horas de la tarde, después de las 4:00 p.m., lo más tarde posible Servicio Agrícola y Ganadero (SAG, 2005). Las flores de pepino mal polinizadas dan origen a pepinos curvos, debido a un crecimiento desigual y no tendrá ningún valor comercial (Reyes y Cano, 2000).

2.10 Biofertilizantes

De acuerdo al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2012) se denomina biofertilizantes (BF), a un producto que contiene uno o varios microorganismos del suelo, que puede asociarse directa o indirectamente al sistema radical de las plantas, e incrementar el desarrollo vegetal y reproductivo de la planta huésped. En un sentido más estricto los BF no son fertilizantes que dan de manera directa la nutrición a la planta, sino que son cultivos de microorganismos como bacterias, hongos, algas envasadas en un material de soporte (Bores *et al.*, 2009). En un sentido estricto los BF no son fertilizantes que dan directamente la nutrición a las plantas, sino que son cultivos de microorganismos como bacterias, hongos y algas verde-azules, envasados en un material de soporte (Boraste *et al.*, 2009).

2.10.1 Biofertilizantes para uso agrícola

Los biofertilizantes que se utiliza en la agricultura son elaborados con diferentes microorganismos, estos crecen en medios de cultivo específico, para luego adicionarlos a un soporte o sustrato para su sobrevivencia y conservación. Dichos productos pueden ser líquidos o sólidos, estos pueden contener uno o más microorganismos. La utilización de estos en el sistema productivo es una alternativa viable y de gran importancia para lograr un desarrollo agrícola ecológicamente sostenible (Lira-Saldivar, y Medina-Torres, 2007).

2.11. Algas marinas

2.11.1 Descripción de las algas

Son plantas simples pertenecientes a la división de las talofitas. La clasificación de las algas se basa en diferentes características, tales como la naturaleza de las células móviles, composición química de las reservas nutritivas acumuladas y pigmentos que poseen. Las clases en que se distribuyen son: cianofíceas (algas azules), euglenofíceas, clorofíceas (algas verdes) crisofíceas, pirrofíceas, feofíceas (algas pardas) y rodofíceas (algas rojas) (UNGERER 2011)

2.11.2 Extractos de algas marinas

Las algas marinas están constituidas mayoritariamente por elementos traza, elementos mayores y elementos menores. También pueden encontrarse otras sustancias naturales, cuyos efectos son similares a los de ciertos reguladores de crecimiento plantular como vitaminas, carbohidratos proteínas, sustancias biocidas y agentes quelantes (Suthar *et al.*, 2005). Las bondades de uso de algas marinas

en la agricultura – eficiencias mayores y buena calidad de frutos, pueden evidenciarse a partir de la aplicación directa o de sus derivados (Lopez, 2001).

Los biofertilizantes a base de extractos de algas marinas, son materiales bioactivos naturales solubles en agua, son fertilizantes orgánicos naturales (Norrie y Keathley, 2005). Se utilizan como suplementos nutricionales, bioestimulantes o biofertilizantes en la agricultura y horticultura, para aumentar el crecimiento y rendimiento de la planta (Hernández-Herrera *et al.*, 2014).

2.11.3 Propiedades de las Algas Marinas

Los biofertilizantes a base de extractos de algas marinas, son materiales bioactivos naturales solubles en agua, son fertilizantes orgánicos naturales (Norrie y Keathley, 2005). Se utilizan como suplementos nutricionales, bioestimulantes o biofertilizantes en la agricultura y horticultura, para aumentar el crecimiento y rendimiento de la planta (Hernández-Herrera *et al.*, 2014).

2.11.4 Efectos de las algas sobre las plantas

El crecimiento y el desarrollo de las plantas está controlado por hormonas vegetales o fitohormonas, las cuales controlan directamente e indirectamente la ejecución de numerosas reacciones fisiológicas y su integración con el metabolismo en general.

El efecto bioestimulante de los productos formulados a base de algas marinas es el de aumentar el crecimiento de las plantas (Blunen, 1991) adelantar la germinación de las semillas (El-Sheekh, 2000), retrasar la senescencia, reducir la infestación por nematodos (Featonby-Smith y Van Staden, 1983) e incrementar la resistencia de enfermedades fúngicas y bacterianas (Kuwada *et al.*, 1999).

Otros beneficios de la aplicación de los extractos de algas en los cultivos son, los de mejorar el crecimiento de las raíces (Jones y Vanstanden, 1997), incrementar la cosecha de frutos y semillas (Arthur, 2003; Zurawicz *et al.*, 2004), e incrementar el grado de maduración de los frutos (Fornes *et al.*, 2002).

Además, tienen acción enzimática y cuando el proceso de elaboración de los derivados de algas se lleva adecuadamente, los microorganismos que viven en asociación con ellas continúan viables, propagándose donde se aplican y potenciando su acción. La utilización de extractos de algas marinas refuerza en las plantas su sistema inmunitario y alimentario, así también activan sus funciones fisiológicas, lográndose plántulas más sanas, con mejor nutrición y más vigorosas (Rodríguez y Orellana, 2008).

III MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización geográfica de la Comarca Lagunera

La Comarca Lagunera es la región mexicana ubicada en el centro-norte de México está conformado por partes de los estados de Coahuila y Durango. Se localiza a 24° 22', de latitud norte y 102° 22', de longitud oeste, a una altura de 1,120 metros sobre el nivel del mar. Geográficamente la región lagunera está formada por una enorme planicie semidesértica de clima caluroso y con un alto grado de acidez. El clima es árido con lluvias deficientes en todas las estaciones. La temperatura promedio fluctúa entre los 28 y 40 grados centígrados, pero puede alcanzar hasta 48°C en verano y -8°C en invierno.

3.2. Ubicación del experimento

El presente trabajo se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (U.A.A.A.N.-UL), ubicada en periférico y Carretera Santa Fe s/n, Torreón Coahuila.

El experimento se desarrolló en el invernadero tres perteneciente al departamento de horticultura, durante el ciclo primavera-verano entre los meses de febrero-julio de 2017.

3.3. Descripción del invernadero.

El invernadero en el que se trabajó es de tipo Quonset, la estructura de acero galvanizado, la cubierta de polietileno además de una malla sombra al 70%,

cuenta con un sistema de enfriamiento que consta de dos extractores y pared húmeda el piso es de piedra granulada de color blanco.

3.4. Material vermicomposta

El compost que se utilizó fue la vermicomposta, se basa en la utilización de lombrices para la obtención de composta a partir de materia orgánica.

La composición nutricional que se manejó para los sustratos u fertilización fueron: composta + arena + perlita + fertilización química y orgánica.

3.5. Tratamientos

3.6 Sustratos y el tipo de fertilización para la producción de pepino

Cuadro 2. Tratamientos

Tratamiento	Steiner	Arena	Vermicomposta	Perlita
T1 (Testigo)	100%	100%	0	0
	Algas marinas	Arena	Vermicomposta	Perlita
T2	1.5 g	30%	60%	10%
T3	2 g	40%	50%	10%
T4	2.5 g	50%	40%	10%

3.6.1 Biofertilizantes

Las algas son un producto comercial Sea Weed Dry, nutrientes orgánicos para plantas, polvos solubles de Algas marinas *Macrocystis pytifera*, NPK (1-0.3-15), Estimulante y promotor de crecimiento.

3.7 Genotipo

La variedad de pepino que ocupada en este experimento fue el Poinsett 76 esta variedad es de tipo monoica y la planta es de tipo indeterminado.

3.8 Siembra en charolas

La siembra de las semillas se llevó a cabo el día 25 de marzo del 2017 en charolas germinadoras de 200 cavidades, para su llenado se utilizó peat-moss.

Una vez que se cubrió las cavidades con sustrato, se colocó una semilla por cavidad después se cubrió con bolsas de polietileno para propiciar una temperatura que favorezca a la germinación.

3.9 Trasplante

El día 14 de abril del 2017, 20 días después de la siembra en charolas, las plántulas ya contaban de tres a cuatro hojas verdaderas; Esta acción se realizó de manera manual, colocando una plántula en cada maceta.

3.10 Manejo del cultivo

3.10.1 Poda

Las plantas fueron guiadas a un tallo principal, eliminando las tres primeras hojas basales para que no entren en contacto con el sustrato y evitar enfermedades. También se eliminaban los sarcillos que salían del tallo principal, hojas viejas y dañadas.

3.10.2 Tutorado

Cuando las plantas alcanzaron una altura de 25 a 30 cm, estas fueron conducidas mediante una rafia, atada a la base de la maceta con la finalidad de mantener a la planta de manera vertical, que permita un mejor manejo.

3.10.3 Polinización

Esta práctica se realizó de manera manual, tomando de dos a tres flores masculinas y se sacudían suavemente sobre la flor femenina, esta acción se llevaba acabo de 10:00 a.m. a 12:00 p.m.

3.11 Control de plagas y enfermedades

Después del trasplante, para la detección de plagas y enfermedades se realizaron de manera frecuente revisiones visuales.

Las plagas que se presentó primero fue la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) esto se presentó a la segunda semana después del trasplante, los trips (*Frankliniella occidentalis*) se presentó al inicio de floración de las plantas.

Se hicieron aplicaciones de 2 aplicaciones de Beleaf (Flonicamid) 1g/ l agua.

3.12 Cosecha

La primera cosecha que se obtuvo fue a los 52 días después del trasplante. El criterio para cosechar los frutos fue, el color de verde oscuro a verde claro, el fruto presentaba firmeza y cuando las espinas que presenta se removían fácilmente.

3.13 Variables evaluadas en pepino

Altura de planta. Se utilizó una cinta métrica, se midió el largo del tallo principal hasta el punto de crecimiento apical para obtener la medida en centímetros (cm).

Peso de fruto: Para esta variable se seleccionaron cuatro plantas representativas por tratamiento y se utilizó una báscula digital para obtener el peso en fruto en (g)

Largo del fruto: se midieron los frutos de las plantas seleccionadas, se utilizó una cinta métrica de extremo a extremo

Diámetro ecuatorial: Para esta variable se utilizó un vernier manual midiendo individualmente fruto por fruto de forma ecuatorial para obtener la medida en centímetros (cm).

Grados °Brix: se utilizó un refractómetro, realizando un corte transversal al fruto y colocando una gota de líquido proveniente del pepino en el vidrio para obtener la medida en grados °Brix

Peso fresco de tallo, hojas y raíz: se seleccionaron cuatro plantas de cada tratamiento y se separaron las partes de ella, para pesar en fresco.

Peso seco de tallo, hojas y raíz: Una vez pesada en fresco se procede a dejar secar por tres a cuatro días en el sol, una vez seca se pesó con una báscula digital en partes separadas para obtener el peso en gramos (gr).

3.14 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con cuatro tratamientos incluyendo el testigo (arena con solución nutritiva Steiner), diez repeticiones por tratamiento, dando un total de 40 macetas, la unidad experimental consistió en una maceta con una planta.

3.15 Análisis estadístico

La comprobación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0.05.

IV RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Altura de planta

Para la variable altura de planta, el análisis de varianza determinó diferencia significativa entre tratamientos. La mayor altura de planta fue obtenida por el T₄ (vermicomposta 40% + 2.5 g algas marinas) con 419.40 cm, seguido por T₃ (vermicomposta 50% + 2 g algas marinas) con 348.70 cm, mientras que el tratamiento que presentó la menor altura fue el Testigo (Steiner) con un valor de 305.30 cm, como se observa en el cuadro 3.

Cuadro 3. Altura de planta (cm), resultado de la evaluación de pepino con diferentes porcentajes de vermicomposta + algas marinas bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Altura
T ₁ Testigo Steiner	305.30 c
T ₂ VC 60% + 1.5g algas	344.60 cb
T ₃ VC 50% + 2 g algas	348.70 b
T ₄ VC 40% + 2.5 g algas	419.40 a

Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa entre tratamientos Tukey (P=0.05)

El resultado obtenido en el presente trabajo difiere del reportado por Galindo *et al.*, (2014) al evaluar características físico-química de sustratos orgánicos para producción de pepino bajo sistema protegido, ya que obtuvo diferencia significativa entre los tratamientos, obteniendo una altura del testigo Steiner de 211 cm superando a los sustratos orgánicos, mientras que en este trabajo la mayor altura la alcanzó el T₄ (vermicomposta 40% + 2.5 g algas) con 419.4 cm., superando al testigo por 114.1 cm.

Esto indica que la aplicación de fertilizantes o extractos de algas contribuyen a un incremento más vigoroso debido a una estimulación en el desarrollo y distribución de los asimilados fotosintéticos (Ghoname y Mona, 2009).

4.2 Floración

Para la variable inicio de floración femenina de la planta de pepino; entre los tratamientos evaluados, los más precoces fueron el T₁ solución nutritiva Steiner (testigo) y el T₃ (vermicomposta 50% + 2 g de algas) con 34 días después del trasplante (ddt) para la aparición de las primeras flores, mientras que el menos precoz fue el T₂ (vermicomposta 60%+ 1.5 g algas) con 41 ddt. Como se observa en el cuadro 4.

Esta variable no se sometió a análisis estadístico, se realizó una evaluación cuantitativa que consistió en contabilizar los días a inicio de floración de cada tratamiento, días después del trasplante (ddt).

Cuadro 4. Inicio de floración femenina, en días después del trasplante (ddt), resultado de la evaluación de pepino con diferentes porcentajes de vermicomposta + algas marinas bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Inicio de floración femenina
	Días después del trasplante(ddt)
T ₁ Testigo Steiner	34
T ₂ VC 60% + 1.5g algas	41
T ₃ VC 50% + 2 g algas	34
T ₄ VC 40% + 2.5 g algas	36

4.3 Calidad del fruto

4.3.1 Peso de fruto

Para la variable peso de fruto, se evaluaron tres cosechas, en las cosechas 1 y 2, no se determinó diferencia significativa entre tratamientos, mientras que en la cosecha 3, si se determinó diferencia significativa entre los tratamientos. El mayor peso de fruto lo obtuvo el T₄ (vermicomposta 40% + 2.5 g algas) con 343.6 g, el menor peso de fruto se presentó en el testigo con 222.8 g, mientras que los tratamientos T₂ (vermicomposta 60%+ 1.5 g algas) y T₃ (vermicomposta 50% + 2 g algas) se comportaron igual estadísticamente con 251.2 g y 274.4 g, respectivamente, ver cuadro 5.

Cuadro 5. Peso de fruto (g) resultado de la evaluación de pepino con diferentes porcentajes de vermicomposta + algas marinas bajo condiciones de invernadero.

Tratamientos	Peso de fruto (g)		
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3
T ₁ Testigo Steiner	299.60 a	247.60 a	222.80 b
T ₂ VC 60% + 1.5g algas	266.00 a	271.60 a	251.20 ab
T ₃ VC 50% + 2 g algas	270.80 a	260.20 a	274.40 ab
T ₄ VC 40% + 2.5 g algas	300.40 a	204.40 a	343.60 a

Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa entre tratamientos Tukey (P=0.05).

Según lo reportado por Vasquez (2017) al evaluar el efecto de diferentes porcentajes de vermicompost + arena + perlita + Micorrizas, en el cultivo de tomate, no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, este resultado difiere al encontrado en el presente trabajo al encontrar diferencias significativas entre tratamientos en la tercer cosecha, el mayor peso lo reporto el

T₄ (VC 40% + 2.5 g algas) con 343.60 g, mientras que el menor peso lo presentó el T₁ (Testigo Steiner) con 222.8 g.

Los resultados muestran que los sustratos orgánicos pueden nutrir el cultivo de pepino dando frutos de la misma calidad que las plantas con nutrición tradicional inorgánica Galindo *et al.*, (2014), e incluso superándolos, como se muestra en el presente trabajo.

4.3.2 Diámetro ecuatorial (DE)

Para la variable diámetro ecuatorial del fruto el análisis estadístico no determinó diferencia significativa entre la cosecha 1 y 2, mientras que en la cosecha 3 se presentó diferencia significativa entre los tratamientos. Obteniendo el mayor diámetro de fruto el tratamiento T₄ (vermicomposta 40 % + 2.5 gr algas) con un diámetro ecuatorial de 5.28cm, seguido por T₃ (vermicomposta 50 % + 2 gr algas) con 4.86 cm siendo estos dos estadísticamente iguales, superando al Testigo (Steiner) con 4.54 cm, que fue el que presentó el menor diámetro. Como se observa en el cuadro 6.

Cuadro 6. Diámetro ecuatorial (cm) de fruto de pepino resultado de la evaluación con diferentes porcentajes de vermicomposta + algas marinas bajo condiciones de invernadero.

TRATAMIENTO	Cm		
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3
T ₁ Testigo Steiner	5.10 a	4.78 a	4.54 b
T ₂ VC 60% + 1.5g algas	4.96 a	4.66 a	4.60 b
T ₃ VC 50% + 2 g algas	5.14 a	5.14 a	4.86 ab
T ₄ VC 40% + 2.5 g algas	4.92 a	4.66 a	5.28 a

Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa entre tratamientos Tukey (P=0.05).

Estos resultados no son similares a los reportados por Díaz (2013) al evaluar la producción de pepino con diferentes porcentajes de lixiviado de vermicomposta en invernadero, quien obtuvo resultados diferentes al utilizar 40% de vermicomposta, obteniendo un diámetro promedio de 4.25 cm, mientras que en el presente trabajo el mayor diámetro de fruto de las tres cosechas lo obtuvo el T₄ (vermicomposta 40% + 2.5 g algas) presentando un diámetro de fruto 5.28 cm.

Para esta variable Martínez *et al.*, 2017 al evaluar la fertilización foliar a base de algas marinas en cultivo de pepino, reporta un diámetro promedio ecuatorial máximo de 4.7 cm, resultado que difiere del promedio del diámetro ecuatorial de 5.28 cm obtenido en el presente trabajo, en la cosecha tres con el T₄ (vermicomposta 40% + 2.5 g algas).

Las algas marinas pueden ser utilizados como suplementos nutricionales, bioestimulantes o biofertilizantes, para aumentar el crecimiento y rendimiento de la planta (Hernández-Herrera *et al.*, 2014).

4.3.3 Longitud

Para evaluar la variable longitud de fruto, se midieron cuatro frutos de tres cosechas, de acuerdo al análisis de varianza no se determinó diferencia significativa entre los tratamientos, obteniendo el mayor promedio general para esta variable, los tratamientos T₄ (vermicomposta 40% + 2.5 g algas) con 19.03 cm T₃ (vermicomposta 50% + 2 g algas) con 18.73 cm, como se observa en el siguiente cuadro 7.

Cuadro 7. Longitud del fruto (cm) resultado de la evaluación de pepino con diferentes porcentajes de vermicomposta + algas bajo condiciones de invernadero.

TRATAMIENTO	Longitud (cm)			
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Prom. Gral
T ₁ Testigo Steiner	19.70 a	18.60 a	17.10 a	18.46
T ₂ VC 60% + 1.5g algas	18.10 a	17.10 a	17.40 a	17.53
T ₃ VC 50% + 2 g algas	18.60 a	18.20 a	19.40 a	18.73
T ₄ VC 40% + 2.5 g algas	20.30 a	16.90 a	19.90 a	19.03

Tukey (P=0.05).

El resultado obtenido en el presente trabajo es similar al reportado por Lopez (2017) al evaluar la productividad de pepino con vermicomposta y biofertilizante en invernadero, no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, obteniendo una máxima longitud de 20.4 cm, en el T₂ (80% vermicomposta + algas), mientras que en el presente trabajo obtuvieron el mayor promedio general de longitud de fruto los tratamientos T₄ (vermicomposta 40% + 2.5 algas) con 19.03 cm, seguido de T₃ (vermicomposta 50 % + 2 algas) con 18.73 cm.

Los datos reportados por Galindo *et al.*, (2014) son iguales a los obtenidos en el presente trabajo, ya que obtuvo un promedio de 19.3 cm en la longitud del fruto de pepino al utilizar dosis de 20% de vermicompost, en la producción de pepino bajo un sistema protegido.

Los resultados anteriores pueden deberse a que el vermicompost está constituido por macro y micro nutrientes que provocan efectos similares en el crecimiento y calidad de los cultivos como los fertilizantes inorgánicos aplicados al suelo (Singh *et al.*, 2008).

4.3.4 Sólidos solubles totales

De acuerdo al análisis de varianza para la variable sólidos solubles, no se presentó diferencia significativa entre las cosechas 1 y 2 mientras que en la cosecha 3 se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, el tratamiento que mayor valor de grados °Brix presentó fue el Testigo (Steiner) con 3.46 °Brix, seguido por T₂ (vermicomposta 60% + 1.5 g algas) con 2.28 °Brix, T₃ (vermicomposta 50 % + 2 g algas) con 2.20 °Brix y finalmente T₄ (vermicomposta 40 % + 2.5 g algas) siendo estos tres resultados estadísticamente iguales. Como se observa en el cuadro 8.

Cuadro 8. Sólidos solubles totales (°Brix) resultado de la evaluación de pepino con diferentes porcentajes de vermicomposta + algas bajo condiciones de invernadero.

TRATAMIENTO	°Brix		
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3
T ₁ Testigo Steiner	2.28a	2.64a	3.46a
T ₂ VC 60% + 1.5 g algas	2.28a	2.60a	2.28b
T ₃ VC 50% + 2 g algas	2.68a	2.60a	2.20b
T ₄ VC 40% + 2.5 g algas	3.12a	2.88a	2.00b

Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa entre tratamientos Tukey (P=0.05).

Santiago (2014), al evaluar soluciones nutritivas orgánicas en la producción y calidad del cultivo de pepino bajo invernadero, reporta medias para °Brix de 3.6 y 4.9 respectivamente, valores mayores a los reportados en el presente trabajo para los tratamientos a base de sustratos orgánicos.

Los pepinos no son frutos 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 experimenta cambios significativos, la aplicación de N incrementa los sólidos solubles totales en partes comestibles del pepino (Moreno *et al.*,2015).

4.4. Peso fresco

Para esta variable el análisis de varianza para peso fresco en tallo y raíz no se determinó diferencia significativa entre los tratamientos mientras que para la misma variable, pero en hoja se comportó estadísticamente diferentes entre los tratamientos, superando el T₁ (Steiner) con 210.40 g al resto de los tratamientos; de igual manera para el peso fresco total se detectó diferencia significativa entre tratamientos, sobresaliendo el Testigo (Steiner) con 345.60 g, seguido del T₄ (vermicomposta 40% + 2.5g de algas) con 299.20 g, mientras que el menor peso lo obtuvo el tratamiento T₂ (vermicomposta 60%+ 1.5 g algas) con 245.20 g, como puede observarse en el cuadro 9.

Cuadro 9. Peso fresco de tallo, hoja y raíz (g) resultado de la evaluación de pepino con diferentes porcentajes de vermicomposta + algas bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Peso Verde (g)			
	Tallo	Hoja	Raíz	Total
T ₁ Testigo Steiner	100.00a	210.40a	35.20a	345.60a
T ₂ VC 60% + 1.5g algas	104.00a	129.60bc	11.60a	245.20b
T ₃ VC 50% + 2 g algas	102.20a	116.00c	32.00a	250.20b
T ₄ VC 40% + 2.5 g algas	130.40a	154.80b	14.00a	299.20ab

Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa entre tratamientos Tukey (P=0.05).

El resultado obtenido en este trabajo es similar al reportado por Galindo *et al.*, (2014) al evaluar la producción de pepino con diferentes porcentajes de lixiviado de vermicomposta en invernadero, quien reporto un total de materia

fresca de 556.4 g, en T₂ (Steiner), y en el presente trabajo el tratamiento que reporto mayor peso fue el T₁ (Steiner) con 345.6 g.

La fertilización orgánica produce una reducción en la producción de biomasa motivada por una deficiencia nutrimental, particularmente de nitrógeno y a la presencia de una alta concentración de ciertos iones. De igual manera la temperatura afecta la distribución de biomasa porque las altas temperaturas estimulan el desarrollo e incrementan el desarrollo de la aparición de las flores y frutos. (Galindo *et al.*, 2014).

4.4.5 Peso seco

Para la variable peso seco, el análisis estadístico presento diferencia significativa en hoja, tallo y raíz. Obteniendo el mayor peso de tallo, el T₄ (vermicomposta al 40% + 2.5g algas). Al comparar el total de biomasa se puede observar que se mantiene la diferencia, significativa entre tratamientos, sobresaliendo el T₁ (Steiner) con 58.0 g siendo estadísticamente igual al T₄ (vermicomposta 40% + 2.5 g algas).

Cuadro 10. Peso seco (g) resultado de la evaluación de pepino con diferentes porcentajes de vermicomposta + algas bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	PESO SECO			
	Tallo	Hoja	Raíz	Total
T ₁ Testigo Steiner	10.40b	40.00a	7.60a	58.00a
T ₂ VC 60% + 1.5g algas	14.80ab	30.80ab	1.80ab	47.40ab
T ₃ VC 50% + 2 g algas	12.00b	28.00b	0.00b	40.00b
T ₄ VC 40% + 2.5 g algas	19.20a	33.60ab	1.80ab	54.60a

Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa entre tratamientos Tukey (P=0.05).

Mendez (2016) al evaluar la producción de pepino con diferentes porcentajes de lixiviado de vermicomposta en invernadero, encontró diferencias significativas en hoja y tallo, sobresaliendo el tratamiento T₂ (Steiner) con un total de 131.2 g, este resultado es similar al presente trabajo al encontrar diferencias altamente significativas, obteniendo el mayor peso el T₁ (Steiner) con un total de 58.0g, sin embargo es importante señalar que el T₄ (vermicomposta 40 % +2.5 algas) es estadísticamente igual al Testigo, pues obtuvo 54.00 g en el promedio general.

V CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el análisis estadístico para las variables evaluadas, se puede concluir lo siguiente:

Para las variables altura de planta, floración, peso de fruto y diámetro ecuatorial se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, sobresaliendo los tratamientos orgánicos T₄ (vermicomposta 40% + 2.5g algas) y T₃ (vermicomposta 50% + 2 g algas).

Para las variables sólidos solubles totales, peso fresco y peso seco, se presentó diferencia significativa entre tratamientos, obteniendo el T₁ (Steiner) los mayores valores, seguido del tratamiento orgánico T₄ (vermicomposta 40% + 2.5 g algas).

Para la variable Longitud de fruto, los tratamientos no presentaron diferencia estadísticamente significativa, sin embargo, numéricamente sobresalió el T₄ (vermicomposta 40% + 2.5 g algas).

Para esta investigación, en particular, la dosis de vermicomposta al 40% y algas marinas con 2.5 g, presentó los mejores resultados para las variables que influyen directamente en calidad y producción de pepino.

VI REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abad-Berjon M, Noguera-Murray P, Carrión-Benedito C. Los sustratos en los cultivos sin suelo. En: Urrestarazu-Gavilán. Cultivo sin suelo. Madrid: Mundi Prensa, 2004. 113-158.
- Baixauli, S.C. y Aguilar O. J. M. (2002). Cultivo sin suelo, aspectos prácticos y experiencias. Valencia: Generalitat Valenciana. Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Serie divulgación técnica Nº 53.
- Boraste, A., Vamsi, K.K., Jhadav, A., Khairnar, Y., Gupta, N., Trivedi, S., Joshi, B. 2009. Biofertilizers: A novel tool for agricultura. *Internacional Journal of Microbiology Research*, 1(2), 23.
- Buck, C., M. Langmaack, and S. Schrader. 1999. Nutrient content of earthworm casts influenced by different mulch types. *Eur. J. Soil Biol.* 35:23-30.
- Bures P, S. 2002 Sustratos: propiedades físicas, químicas y biológicas. *Agricultura Internacional*. Extra 1:70-79
- SAG. Secretaria de Agricultura y Ganadería de Honduras El cultivo del pepino 2005. Guías tecnológicas de frutas y vegetales. Disponible en: <http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/2286/pepino.pdf>

Cabrera, G.M.A., Contreras, G.N.2005 "Manual de Agricultura orgánica Sustentable". Benson Agriculture and Food Institute. México, 2005. Pág. 7.

Canales L, B. 2001. Uso de los derivados de las algas marinas en la producción de papa. Tomate, Chile y tomatillo: Resultado de investigación. Coahuila: Palau Bioquim S.A. 24 p

Casilimas H.; Monsalve, O.; Bajaca, C,R.; Gil, R.; Villagrán, E.; Arias ,L.A.,.2012. Fuentes, L.S. Manual de producción de pimiento bajo invernadero. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Primera Edición. Bogotá. Pp.46

Carvajal, J. & Mera, A.C. 2010. Fertilización biológica: técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. Producción + Limpia. 5 (2):77. [consultado 28 abril de 2018]. Disponible en: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Pepino%202003.pdf>.

CENTA (Centro Nacional de Investigación Agropecuaria y Forestal). López, Z.C.M., 2003.Cultivo de pepino. Guía técnica. No. 17. Pp 8.

Chirinos, J.; Leal, A. & Montilla, J. 2006. Uso de Insumos Biológicos como Alternativa para la Agricultura Sostenible en la Zona Sur del Estado de Anzoátegui. Revista Digital CENIAP HOY N° 11. INIA.

Claridades agropecuarias. 2010.El mercado de productos orgánicos, hacia una tendencia creciente. Revista de publicación mensual. ASERCA. Volumen no. 204.Mexico.

Díaz, M.H.A., 2013. Producción orgánica y calidad nutracéutica de frutos de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones protegidas. Tesis de maestría. UAAAN. Torreón Coahuila. 44p.

Díaz-Serrano FR. 2004. Selección de sustratos para la producción de hortalizas en In: Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. Sánchez-Ramos FJ, Moreno-Reséndez A, Puente-Manríquez JL, Araiza-Chávez J. (eds.) Torreón, Coah., México.

FAO, 2012. Preparación y reducción del riesgo en comunidades altiplánicas: Guía para la construcción de invernaderos o fitotoldos: Una alternativa para garantizar la seguridad y soberanía alimentaria en emergencias. Bolivia. FAO. 84p.

FAOSTAT. 2016. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Obtenido de (<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>)

Fawzy, Z. F.; El-Bassiony, A. M.; Li, Y.; Ouyang, Z. and Ghoname, A. A. Effect of mineral, organic and bio-n fertilizers on growth, yield and fruit quality of sweet pepper. J. App. Sci. Res. 8:3921-3933.

FiBL, IFOAM. 2013. The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2012. <http://www.organic-world.net/yearbook-2013.html>.

Hernández-Herrera, R. M., Santacruz-Ruvalcaba, F., Ruiz-López, M. A., Norrie, J., & Hernández-Carmona, G. (2014). Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of applied phycology*, 26(1), 619-628.

Hochmut, R.C. 2001. Greenhouse cucumber production- Florida greenhouse vegetable production handbook. Volume 3. University of Florida. Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. USA. P. 7

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2012. Biofertilizantes en plantas de olivo. <https://inta.gob.ar/documentos/biofertilizantes-en-plantas-de-olivo>. (9,Mayo,2018).

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuaria (INIFAP) 2007. Alternativa para el reciclaje de excretas animales: producción de humus de lombriz.

Jaramillo, J.; Rodríguez, V. P.; Guzmán, M.; Zapata. M.; Rengifo. 2007. Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. Primera Edición. Colombia. P. 37-38

Jaramillo, J.; Rodríguez, V. P.; Guzmán, M.; Zapata. M. 2006 el cultivo del tomate bajo invernadero. Corpoica, Centro de Investigación de La Selva, Rionegro (Antioquia, Colombia). 48: 6-8 p.

Lino, M.A. 2014. Manual de lombricomposta fundamentos y principios para su manejo. Valle de Maria A.C

Lira-Saldivar, R.H., Medina-Torres, J.G. 2007. Agricultura sustentable y biofertilizantes. CIQA-UAAAN y COFUPRO. Mexico. Pp 14-15.

Martinez P.R., y Soriano F.A. R .2014 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,. Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Propiedades físicas y químicas de los sustratos. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Campo Experimental Tecomán. Desplegable para productores No. 11. Fundación Produce Coima.

Martínez, P., y Cristóbal, C. (2017). Fertilización foliar a base de algas marinas en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en época lluviosa en la zona de Quevedo. Quevedo. UTEQ. 92 p.

Galindo, P.F.V, F. Ortiz, H, M, Preciado R, P., Trejo, V, R., Segura, C, M.Á., Orozco V.J.A. 2014. Caracterización físico-química de sustratos orgánicos para producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo sistema protegido. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 5(7), 1219-1232.

García, G., Martel, A., 2000. Usos y aplicaciones de macroalgas, microalgas y cianobacterias en agricultura ecológica. Actas IV Congreso SEAE. <http://fci.uib.es/Servicios/libros/conferencias/seae/Usos-y-aplicaciones-demacroalgas-microalgas-y.cid221515>

- Galindo, P.F.V, Fortiz, H, M, Preciado R, P., Trejo, V, R., Segura, C, M.Á.,Orozco V.J.A. 2014. Caracterización físico-química de sustratos orgánicos para producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo sistema protegido. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 5(7), 1219-1232.
- Ghoname,A., Mona, 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 Sciencies. 5(5): 8:40-852.
- Gonzalez, S.E. 2015. La Agricultura Orgánica en México. <https://www.mexicampo.com.mx/la-agricultura-organica-en-mexico/>. (5, Mayo, 2008).
- Gómez, D., y Vásquez, M. (2011). Abonos orgánicos. PYMERURAL Y PRONAGRO.
- Gómez T, L y M.A Gómez C. 2004. La agricultura orgánica en México y en el mundo. CONABIO. Biodiversidad 55: 13-15 <http://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv55art3.pdf>
- Gordon, R.H. 1992. Horticultura. 1ª Reimpresión. Editor S.A México. DF
- Lopez, T. N.M., 2017. Determinacion de la productividad de pepino (*Cucumis sativus* L.) con vermicompost y biofertilizantes en invernadero. UAAAN-UL. Torreón Coahuila, México. Pp. 41.

Martínez, PF & Roca, Dolors. (2011). Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo. 37-77.

Mármol R. J. 2011. Cultivo del pepino en invernadero. Edit. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino. España.

Mendez, P, A. 2016. Evaluacion de la producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) co procetajes de lixiviado de vermicomposta en invernadero. Tesis. UAAAN-UL. Torreón Coahuila, México.

Norrie, J. and Keathley, J. P. 2005. Benefits of *Ascophyllum nodosum* marine-plant extract applications to 'Thompson seedless' grape production. (Proceedings of the In: Xth International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production). *Acta Hortic.* 727(1):243-248

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) 2003. Una guía practica sobre por que, como y con quien certificar productos agrícolas para la exportación. <http://www.fao.org/3/ad818s/ad818s03.htm#TopOfPage>

Pacheco, A., Bastida, A. 2011. Agricultura protegida (ventajas y desventajas en el uso de invernaderos. *Tecnoagro*. <https://tecnoagro.com.mx/revista/2011/no-69/agricultura-protegida-ventajas-y-desventajas-en-el-uso-de-invernaderos/>. (2, mayo, 2018).

Procuraduría Federal del Consumidor, PROFECO. 2018. Alimentos orgánicos. Disponible en: <https://www.gob.mx/profeco/documentos/alimentos-organicos>. (5, mayo, 2018).

Ramírez, M. G., Rico G.E., Mercado L.A., Ocampo V.R., Guevara G.R.G., G.M. Soto Z. 2012. Efecto del manejo cultural y sombreado sobre la productividad del cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.). Ingeniería de biosistemas, facultad de ingeniería Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro México. Pp 1-7.

Reyes, C.J.L., Canos, R.P. 2000. Manual de polinización apícola. Coordinación general de ganadería.

Rodriguez, O.W., Orellana, G.R. 2008. Utilización de algas marinas como componente de sustratos para la producción de plántulas de acelga y lechuga. Agricultura sustentable. Pp. 39.

Romero, P. M. 2003. Producción ecológica certificada de hortalizas de clima frío. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. Pp. 141.

Santiago, L., G. 2014. Soluciones nutritivas orgánicas en la producción y calidad del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo invernadero. Tesis maestría.

UAAAN-UL. Torreón Coahuila, México. Pp. 1-61.

Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural y pesca alimenticia (SAGARPA) 2015. Márgenes de comercialización. [Consultado el 28 de abril 2018]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/69279/MC_Pepino_jun2015.pdf

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, SAGARPA.2014. Disponible en : En <https://www.gob.mx/sagarpa/prensa/incentiva-sagarpa-la-asistencia-de-productores-de-organicos-a-biofach-europa-la-feria-especializada-mas-importante-del-mundo?idiom=es-MX>. Consultado 05-05-2018.

SIAP. (2017). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Sagarpa, México [consultado 28 abril de 2018]. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/opt/agricultura/intension/intencionde_siembraPV2017porcultivoR.pdf

Suthar, S et al. 2005 Vermicomposting of kitchen waste by using *Eisenia foetida* (SAVIGNY). En: Asian Journal of microbiology Byotechnology and Environmental Sciences. Vol. 7,no 3, p.541-544

Torres.,S.L.M.2013. Evaluación de 6 abonos orgánicos, como complemento a la fertilización tradicional en el cultivo de rosas (Rosas sp) variedad freedom en la “empresa Anniroses S.A” tabacuando Ecuador 2012. Tesis de licenciatura. Universidad Politecnica Salesiana sede Quito. Quito.48p

UNGERER., 2011. Hoja técnica diss algafarms.P. 2 pp. Citado el dia 05 de Noviembre 2019. <http://www.ungerer.com.ec/wp/uploads/2011/06/Hoja-Tecnica-Diss-Kart.pdf>

- Uscanga P.D.Y y Zamora O. A. 2014. Evaluación de dos soluciones nutritivas en pepino y lechuga bajo sistema floating. Informe Técnico de Residencia Profesional. Instituto Tecnológico de la Zona Maya.
- Valadez, L. A. 1998. Producción de hortalizas. Editorial Limusa, México, DF.
- Vasco M, R. (2003). El cultivo del pepino bajo invernaderos. En: Técnicas de producción en cultivos protegidos. F F Camacho (ed). Caja rural Intermediterránea, Cajamar. Almería, España. Pp: 691-722.
- Vásquez, H.A., Meneses, M.I., Durán P.A., Zetina L.R., Aguado S.G.A., Moreno, G.B. 2013. Producción de pepino con abonos orgánicos y biofertilizantes en ambiente protegido. Inifap
- Villegas-Cornelio, V. M., & Laines Canepa, J. R. 2017. Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol:8. No2.
- Widders, I. E.; Lorenz, O. A. 1982. Potassium nutrition during tomato plant development. J. Am. Soc. Hort. Sci. 118: 960-964.
- Willer, H., Lernoud, J., & Kilcher, L. 2013. The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2013. FiBL-IFOAM Report. Bonn: Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Frick, and International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM).

