

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Mezcla de Viruta de Pino con Peat Moss como Sustrato Alternativo para el  
Cultivo de Pepino *Cucumis sativus* L.

Por:

**SERGIO OCTAVIO PIÑA PALACIOS**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Enero, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Mezcla de Viruta de Pino con Peat Moss como Sustrato Alternativo para el  
Cultivo de Pepino *Cucumis Sativus* L.

Por:


**SERGIO OCTAVIO PIÑA PALACIOS**


TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

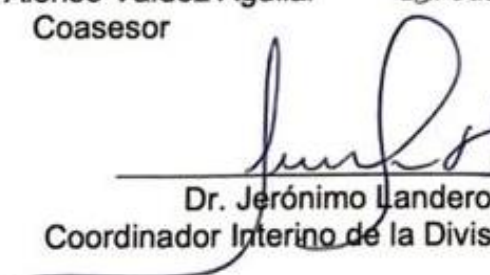
**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobado por el Comité de Asesoría:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Alfredo Hernández Maruri  
Asesor Principal

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

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Juan Manuel Covarrubias Ramírez

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



Saltillo, Coahuila, México

Enero, 2023

### **Declaración de No Plagio**

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

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

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.



---

Sergio Octavio Piña Palacios

## **Agradecimientos**

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por todos los servicios que me brindo como estudiante de licenciatura y darme la oportunidad para desarrollarme profesionalmente.

Al Dr. **José Alfredo Hernández Maruri** por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto, por sus aportaciones y tenerme la paciencia necesaria para llevar a cabo este trabajo de investigación.

Al Dr. **Luis Alonso Valdez Aguilar** por guiar de manera acertada el proceso de esta investigación, sus consejos, su experiencia y su disponibilidad durante el desarrollo de esta investigación.

A la Dra. **Daniela Alvarado Camarillo** por su asesoría y apoyo para la realización de este trabajo de investigación.

Al Dr. **Juan Manuel Covarrubias Ramírez** por su participación en la revisión de esta tesis.

A mis compañeros **Marcos Arreortua Chávez** y **María Luisa Rojas Loera** por su compañía y apoyo durante el desarrollo de este trabajo de investigación.

## **Dedicatorias**

A mis padres **Sergio Enrique Piña Jaime** y **Catalina Palacios Muñoz** por apoyarme incondicionalmente, por el cariño que me han dado durante toda mi vida y por haberme dado la oportunidad de formarme profesionalmente.

A mis hermanos **Leonardo David Piña Palacios**, **Luis Enrique Piña Palacios** y **Saúl Alejandro Piña Palacios** por estar a mi lado en la distancia, por sus ánimos y su apoyo.

# Índice General

<b>Resumen.....</b>	<b>1</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>2</b>
Objetivo general .....	3
Objetivos específicos .....	4
Hipótesis.....	4
<b>Revisión de Literatura .....</b>	<b>5</b>
Origen del pepino .....	5
Importancia económica del pepino en México.....	5
Características morfológicas del pepino.....	5
Tipos de pepino .....	6
Requerimientos edafoclimáticos del pepino .....	7
Índices de cosecha.....	7
Poscosecha del pepino .....	7
Índices de calidad del pepino según USDA .....	8
Sistema de producción en sustrato .....	8
Propiedades físicas de los sustratos .....	9
Propiedades químicas de los sustratos .....	10
Descripción de los sustratos en estudio .....	11
Importancia de los sustratos alternativos .....	12
Sustratos alternativos para la producción de pepino.....	13
<b>Materiales y Métodos.....</b>	<b>14</b>
Sitio experimental.....	14
Material vegetal .....	14
Descripción de los tratamientos .....	14

Preparación de sustrato .....	15
Siembra .....	15
Riego .....	15
Poda y tutorado .....	15
Control fitosanitario .....	16
Variables evaluadas .....	16
Análisis estadístico .....	17
<b>Resultados y Discusión .....</b>	<b>19</b>
Desarrollo vegetativo .....	19
Peso seco y fresco de la planta .....	20
Tamaño del fruto .....	21
Firmeza del fruto .....	22
Peso del fruto .....	23
Rendimiento por planta .....	25
<b>Conclusiones .....</b>	<b>26</b>
<b>Literatura Citada .....</b>	<b>27</b>

## Lista de Cuadros

<b>Cuadro 1. Requisitos de tamaño para la exportación de pepino.....</b>	<b>8</b>
<b>Cuadro 2. Clasificación de los poros de un sustrato .....</b>	<b>9</b>
<b>Cuadro 3. Rangos de inmovilización o mineralización según la relación C:N .....</b>	<b>10</b>
<b>Cuadro 4. Características fisicoquímicas del peat moss .....</b>	<b>11</b>
<b>Cuadro 5. Características fisicoquímicas de la fibra de coco .....</b>	<b>11</b>
<b>Cuadro 6. Características fisicoquímicas de la viruta de madera .....</b>	<b>12</b>
<b>Cuadro 7. Mezcla de sustratos y nutrición de acuerdo al tratamiento.....</b>	<b>14</b>
<b>Cuadro 8. Volumen de riego según el tratamiento .....</b>	<b>15</b>
<b>Cuadro 9. Insecticidas y fungicidas utilizados durante el experimento .....</b>	<b>16</b>
<b>Cuadro 10. Desarrollo vegetativo de pepino ‘Centauro’ cultivado en cuatro mezclas de sustratos diferentes. ....</b>	<b>19</b>
<b>Cuadro 11. Peso fresco y seco de la planta de pepino ‘Centauro’ cultivado en cuatro mezclas de sustratos diferentes .....</b>	<b>20</b>
<b>Cuadro 12. Tamaño del fruto de pepino ‘Centauro’ cultivado en cuatro mezclas de sustratos diferentes.....</b>	<b>22</b>



## Lista de Figuras

<b>Figura 1. Firmeza del fruto de pepino ‘Centauro’ cultivado en cuatro mezclas de sustratos diferentes .....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 2. Peso del fruto de pepino ‘Centauro’ cultivado en cuatro mezclas de sustratos diferentes .....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 3. Rendimiento del cultivo de pepino ‘Centauro’ cultivado en cuatro mezclas de sustratos diferentes .....</b>	<b>25</b>

## Resumen

Los sustratos forman parte importante en las actividades agrícolas, especialmente en la agricultura protegida. El inconveniente es que la mayoría de los sustratos son importados, llevando a costos de inversión altos. Por lo anterior en este estudio se evaluó el comportamiento de la viruta de pino como sustrato agrícola en el cultivo de pepino. El experimento se desarrolló a siembra directa en bolsas de polietileno color negro con capacidad de 10 L. Los tratamientos utilizados (sustratos) fueron los siguientes: T1= (70 % fibra de coco y 30 % peat moss con una solución Steiner al 100 %), T2= (50 % fibra de coco y 50 % peat moss con una solución Steiner al 100 %), T3= (70 % viruta de madera y 30 % peat moss con una solución Steiner al 133 %) y T4= (50 % viruta de madera y 50 % peat moss con una solución Steiner al 116 %). Se evaluaron variables agronómicas como longitud del fruto, diámetro basal del fruto, diámetro ecuatorial del fruto, diámetro apical del fruto, peso del fruto, firmeza del fruto, número de hojas por planta, peso fresco y seco de las hojas, longitud del tallo, diámetro basal del tallo y peso fresco y seco del tallo. El diseño experimental fue bloques completamente al azar con cinco repeticiones, y la unidad experimental fue de dos plantas. Los resultados no presentaron diferencias significativas en las variables de desarrollo vegetativo: número de hojas, peso seco de hojas y tallo, longitud y diámetro basal del tallo; mientras que el T1 y T2 superaron a los demás tratamientos en las variables de longitud, diámetro, peso y firmeza del fruto. La variable de rendimiento se obtuvo después de cinco cortes, dando como resultado que los T1, T2 y T4 obtuvieron rendimientos similares. De acuerdo con los datos obtenidos, se concluye que usar una mezcla de viruta de madera y peat moss (50/50, v/v) junto a una solución nutritiva Steiner (1984) al 116 % (T4) presentó un rendimiento de cultivo similar a los tratamientos uno y dos, por lo cual la mezcla de sustrato del tratamiento cuatro es una alternativa a la mezcla convencional de fibra de coco y peat moss.

## Introducción

El suelo agrícola es considerado uno de los recursos naturales más importantes para el proceso de desarrollo económico y la acumulación de capital, pues constituye el factor fundamental para la producción de alimentos (Torres y Rojas, 2018).

México cuenta con 24.6 millones de hectáreas para la agricultura (SIAP, 2020), sin embargo, el suelo enfrenta una degradación que se aceleró en los últimos años, siendo la disminución de fertilidad el tipo de degradación química que más afecta a la agricultura (SEMARNAT, 2016).

Es por esta constante degradación del suelo que se justifica el uso de sustratos, ya que estos permiten establecer cultivos fuera de las condiciones adecuadas del suelo. Además, les da a los productores más control sobre factores importantes como el suministro de nutrientes a la planta, drenaje, espacio aéreo y pH (Restuccia, 2019).

Con relación a lo mencionado, la turba, se ha vuelto uno de los sustratos más utilizados en la horticultura debido a su alta porosidad y su excelente retención de humedad (Evans, 2014). Sin embargo, en México, durante los últimos años el valor de la turba se ha incrementado más de 150 % (Aguilera Rodríguez *et al.*, 2016) y su extracción genera impactos ambientales (FAO, 2020).

A diferencia de la turba, la fibra de coco es un sustrato más amigable con el medio ambiente debido a que se obtiene de residuos de la fruta del cocotero (García, 2017). El único problema con este sustrato es que puede llegar a tener casi el mismo costo que la turba, y contiene altos niveles de sales si no es previamente lavado (Washington State University, 2018).

Para reducir costos, en cuestión de sustratos, se han utilizado otros materiales como corteza, aserrín y viruta de pino. El aserrín es el conjunto de partículas o polvillo que se desprende de la madera cuando ésta es aserrada (Serret-Guasch *et al.*, 2016), mientras que la viruta es un fragmento de madera con forma de

lámina curvada que es extraído mediante un cepillo u otras herramientas, al realizar trabajos de cepillado sobre la madera (Reyes, 2013).

Según Aguilera Rodríguez *et al.* (2016) el costo unitario de la planta por concepto de sustrato puede llegar a disminuir hasta 50 % cuando se utilizan subproductos de la industria forestal como el aserrín.

En México, los desechos generados anualmente por la industria del aserrío son de aproximadamente 2.8 millones de m<sup>3</sup>, principalmente aserrín y virutas (Fregoso-Madueño *et al.*, 2017). Esto puede verse como una oportunidad para generar un sustrato a base de materiales locales y a un bajo costo.

Pineda-Pineda *et al.* (2019) mencionan que los subproductos de la industria forestal tienen una relación carbono-nitrógeno muy alta, ocasionando una alta tasa de inmovilización de nutrientes, sobretodo de nitrógeno y fosforo.

A pesar de lo mencionado anteriormente, Pineda-Pineda *et al.* (2019) concluyeron que el aserrín de pino solo o en mezclas aserrín/tezontle 70/30 (v/v) sin compostaje, constituye un sustrato adecuado para cultivo de jitomate si se aplica una solución nutritiva con la concentración de N, P, K y Ca que cubra la demanda de la planta y los requerimientos de inmovilización o retención por el sustrato durante 60 días después del trasplante.

Meneses-Fernández *et al.* (2018) demostraron que al utilizar un sustrato con fibra de palma y aserrín en proporción 70 %-30 % se obtuvo un rendimiento de 10.37 kg/m<sup>2</sup> de pepino holandés en ambiente protegido, y de la producción total, el 46 % se consideró de mayor valor comercial.

Por lo anterior se plantea el presente estudio para evaluar el efecto de utilizar la viruta de pino como una alternativa para ser utilizada como sustrato en el cultivo de pepino.

### **Objetivo general**

Evaluar la respuesta del cultivo del pepino a la viruta de pino como sustrato agrícola en sustitución parcial del peat moss.

**Objetivos específicos**

Evaluar la respuesta agronómica del cultivo de pepino en un sustrato a base de mezclas de peat moss con viruta de pino.

**Hipótesis**

Al menos una de las mezclas de viruta de pino con peat moss usada en el cultivo de pepino, tendrá un rendimiento similar al de la mezcla de peat moss con fibra de coco.

## Revisión de Literatura

### Origen del pepino

El pepino (*Cucumis sativus* L.) tiene origen asiático y su principal centro de diversidad se encuentra en India (Naegele y Wehner, 2016). Los primeros pepinos cultivados, hace 3000 años aproximadamente, tenían la característica de ser muy amargos debido a un alto contenido de cucurbitacina, el cual funciona para mantener alejados a los insectos y otras plagas (Trinklein, 2014).

El cultivo de pepino se extendió a Europa occidental a partir del siglo IX. Más tarde, los colonos en 1494 empezaron a cultivar pepinos en Haití y desde allí se extendió al resto del continente americano (Faden, 2020).

### Importancia económica del pepino en México

En el año 2019 México generó un volumen de 826, 485 toneladas de pepino, colocándose como el quinto productor mundial de esta hortaliza. El cliente principal para el pepino mexicano es Estados Unidos con una escala de compra anual de 800 mil toneladas, dejando una ganancia de 361 millones de dólares (SIAP, 2020).

Alrededor del 59 % de la producción nacional de pepino se concentra en solo tres entidades federativas, las cuales son: Sinaloa (33.9 %), Sonora (18 %) y Guanajuato (6.7 %) (SIAP, 2020).

### Características morfológicas del pepino

La planta de pepino es herbácea anual trepadora. El sistema radical es poco profundo y se distribuye principalmente en los primeros 30 cm de profundidad del suelo (Jia y Wang, 2021).

El tallo principal de la planta es anguloso y espinoso, comienza con un hábito trepador (erecto) y después adopta un porte rastrero. En cada nudo hay un brote lateral y una hoja. Los zarcillos crecen desde la base de cada peciolo. (Badgery *et al.*, 2019).

Las hojas son simples, están dispuestas alternativamente a lo largo del tallo. Tienen una forma triangular ovalada con una base foliar cordada y un margen foliar dentado (National Parks, 2021).

Las plantas de pepino son monoicas, es decir que presentan flores masculinas y femeninas separadas en la misma planta. Actualmente, se pueden encontrar variedades ginoicas, las cuales solo producen flores femeninas (Zamora, 2017). Las flores femeninas son solitarias, se localizan en las axilas de las hojas y el pedúnculo es corto y grueso. Las flores tienen una corola de 5 lóbulos de color amarillo (National Parks, 2021).

El fruto del pepino es un pepónide de color verde. La pulpa es acuosa de color blanquecino, con semillas en su interior distribuidas a lo largo del fruto (SIAP, 2020). El tamaño, la forma y la textura del pepino dependen del tipo y la variedad cultivada.

### **Tipos de pepino**

**Pepino tipo slicer o americano.** Son pepinos cilíndricos de tamaño mediano, logran alcanzar una longitud de 19 a 25 cm y un diámetro de 3 a 6 cm. La cascara es gruesa, de color verde oscuro y presenta con frecuencia unas pequeñas espinas que se caen al momento de la cosecha. (Monge Perez *et al.*, 2021) (INTAGRI, 2021).

**Pepino tipo europeo u holandés.** Este tipo de pepino es el más largo y estrecho, pues alcanza una longitud de 25 a 40 cm y un diámetro de 4 cm. Tiene una cascara asurcada, sin espinas y con un color verde oscuro brillante. Además, la cascara es muy delgada, por lo que es común encontrarlo en una envoltura de plástico, y no requiere pelarse para ser consumido (Western Institute for Food Safety and Security [WIFSS], 2016) (INTAGRI, 2021).

**Pepino tipo persa.** Estos pepinos tienden a ser más pequeños, más dulces y sin semillas. La piel está más tersa, más delgada; y similar a los de tipo europeo, no requieren pelarse. Su longitud es de alrededor de 14 cm (WIFSS, 2016).

**Pepino tipo pickle.** Son pepinos pequeños y gruesos. Tienen una piel delgada, rugosa y con una coloración que va de verde muy oscuro a verde claro (WIFSS, 2016). Los pepinos para encurtir deben ser firmes, crujientes y con una longitud de 10 cm. (Burrows, 2021).

### **Requerimientos edafoclimáticos del pepino**

Un ambiente óptimo para el cultivo de pepino se caracteriza por tener una temperatura alrededor de 22°C (Badgery *et al.*, 2019), y una humedad relativa de 90 a 95 % (Dimitrijević, 2016).

El nivel óptimo de radiación fotosintéticamente activa (RFA) para el pepino oscilan entre 250 y 670  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ , lo que corresponde a aproximadamente 55 a 150  $\text{Watts}/\text{m}^2$  (Badgery *et al.*, 2019).

La planta de pepino se adapta bien a los suelos con un buen drenaje y una textura arenosa o franco-limosa. El suelo debe de tener un pH de 6.0 a 6.8 (Brandenberger *et al.*, 2021) y una conductividad eléctrica de 2.25 a 2.75 dS/m (Fertilab, 2016).

### **Índices de cosecha**

Por lo regular, los pepinos se cosechan en un estado ligeramente inmaduro, próximos a su tamaño final, pero antes de que las semillas completen su crecimiento y se endurezcan. Los indicadores del estado premaduro deseado son la firmeza, el brillo externo y la formación de un material gelatinoso en la cavidad donde se alojan las semillas (Suslow y Cantwell, 1997).

### **Poscosecha del pepino**

Generalmente, el pepino se almacena por menos de 14 días debido a que se pierde la calidad visual y sensorial de manera rápida. Después de dos semanas se pueden incrementar las pudriciones, el amarillamiento y la deshidratación.

Se recomienda almacenar los frutos a una temperatura de 10 a 12.5 °C con una humedad relativa alrededor de 95 %. Se pueden ocasionar daños por frío si pasan 3 días con una temperatura menor a 10°C (Suslow y Cantwell, 1997).



## Índices de calidad del pepino según USDA

Los índices de calidad para el pepino que marca el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) consisten en frutos de buen color, que estén frescos, firmes y bien formados. El fruto debe de estar libre de coloraciones amarillentas, suciedad o materiales extraños, insectos y daños de origen biótico o abiótico.

La USDA tiene 6 grados de calidad para el pepino, los cuales son: Fancy (Fino), Extra 1, No.1, No. 1 Small (Pequeño), No. 1 Large (Grande) y No. 2. El tamaño de fruto es uno de los principales indicadores de calidad y su clasificación se muestra a continuación en el Cuadro 1:

**Cuadro 1. Requisitos de tamaño para la exportación de pepino**

Grado	Diámetro		Longitud	
	Pulgadas	centímetros	Pulgadas	centímetros
U.S. Fancy	2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> max.	6 max.	6 min	15.24 min.
U.S. Extra No. 1	2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> max.	6 max.	6 min	15.24 min.
U.S. No. 1	2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> max	6 max	6 min	15.24 min.
U.S. No. 1 Small	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> min. 2 max	3.81 min. 5.08 max.	Sin requisitos	
U.S. No. 1 Large	2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> min	5.715 min	6 min	15.24 min.
U.S. No. 2	2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> max	6 max	5 min	12.7 min.

Fuente: United States Department of Agriculture [USDA], (1998)

## Sistema de producción en sustrato

El sistema de producción en sustrato se refiere a sistemas sin suelo donde un medio sólido inorgánico (arena, perlita, lana de roca, etc.) u orgánico (turba, fibra de coco, aserrín, etc.) ofrece soporte a las plantas (Savvas, *et al.*, 2013), permite el desarrollo del sistema radical y el crecimiento del cultivo (INTAGRI, 2017). Además, el uso de una mezcla de sustratos les da a los productores más control sobre factores importantes como drenaje, espacio aéreo y pH (Restuccia, 2019).

En este tipo de sistema de producción, la solución nutritiva es la encargada de aportar a las plantas los nutrientes necesarios. El sustrato no aporta nutrientes a las plantas, solo les proporciona un suministro de agua y nutrientes (Goldammer, 2019).

### **Propiedades físicas de los sustratos**

**Porosidad total.** Indica el porcentaje del volumen total del sustrato que no está ocupado por sólidos y está compuesto tanto por aire como por agua (Chen, 2021). Se recomienda que la porosidad total de un sustrato sea del 70 al 90 % (Evans, 2014). La clasificación del espacio poroso se muestra a continuación:

#### **Cuadro 2. Clasificación de los poros de un sustrato**

Nombre	Tamaño	Características
Macro poro	>0.08 mm de diámetro	Son responsables del drenaje y la aireación del suelo *
Micro poro	<0.08 mm de diámetro	Funcionan como depósito de agua y nutrientes*

Fuente: USDA (2008) y \*FAO (s.f.)

**Capacidad de retención de humedad.** Es el porcentaje del espacio total de poros que ocupa el agua después de que el exceso de agua se haya drenado del sustrato (Nemali, 2018). Lo recomendable ha sido que el sustrato debe tener una capacidad de retención de humedad del 50 al 65 % (Evans, 2014).

**Porosidad de aireación.** Se refiere a la medición del volumen del espacio poroso en un sustrato ocupado por aire después de que se satura con agua y se deja drenar (Buechel, 2021). Generalmente se recomienda un espacio poroso lleno de aire del 10 al 20 % para la mayoría de los cultivos de invernadero en contenedores (Evans, 2014).

**Densidad aparente.** Es un indicador de la compactación del suelo o sustrato. Se calcula como el peso seco del sustrato dividido por su volumen. La densidad aparente se expresa típicamente en  $\text{g/cm}^3$  (USDA, 2008). Se recomienda una densidad aparente de aproximadamente 0.09 a  $0.16 \text{ g/cm}^3$  (Evans, 2014).

## Propiedades químicas de los sustratos

**Conductividad eléctrica (CE).** La CE es la medida de sales solubles presentes en la solución del sustrato. Sus parámetros óptimos dependen de cada cultivo, pero en general, se recomienda que la conductividad de un sustrato sea baja, en lo posible menor a 1dS/m (Barbaro *et al.*, 2018) (Ding *et al.*, 2018).

**pH.** El pH se utiliza para indicar la acidez o alcalinidad del sustrato y es una medida de la concentración de iones de hidrogeno (H+) en la solución del sustrato. Este se mide de 1 (ácido) a 14 (alcalino), siendo 7 neutro. La mayoría de las plantas se ven favorecidas con un pH entre 5.5 y 8 (Gazey, 2018).

**Relación carbono-nitrógeno (C:N).** La relación C:N Indica la cantidad de carbono en relación con la cantidad de nitrógeno presente en el sustrato. Siempre hay más carbono que nitrógeno en la materia orgánica, por lo que esta relación se utiliza como un índice de calidad para los sustratos de origen orgánico. La relación de carbono-nitrógeno se escribe como C:N y generalmente es un número único. Por lo tanto, una proporción de 20 significa que hay 20 g de carbono por cada gramo de nitrógeno en esa materia orgánica. (Brust, 2019) (Gamarra *et al.*, 2017).

### Cuadro 3. Rangos de inmovilización o mineralización según la relación C:N

Relación C:N	Efecto en la materia orgánica	Ejemplos
1:1 – 15: 1	Rápida mineralización	Sangre, harina de soja, césped fresco
20:1 – 30:1	Estado de equilibrio entre mineralización e inmovilización	Alfalfa seca, compost, heno
>35	Inmovilización microbiana y una lenta descomposición de la materia orgánica	Viruta, cascarilla de arroz, papel

Fuente: Brust (2019)

**Capacidad de intercambio catiónico (CIC).** Es una medida de las cargas negativas totales dentro del sustrato que adsorben los cationes, como calcio, magnesio y potasio (Sonon *et al.*, 2017). Las cargas negativas son proporcionadas por partículas de arcilla y humus (la forma más descompuesta de

materia orgánica) (Soil Health Nexus, 2020). La CIC se mide en miliequivalentes por 100 gramos (meq/100 g) de sustrato al aire (Dill, 2018).

### Descripción de los sustratos en estudio

**Peat moss.** La mayor parte de la turba utilizada en la producción de cultivos proviene de Canadá y se forma principalmente de varias especies de musgo del género *Sphagnum* (Buechel, 2021). El peat moss de *Sphagnum* es típicamente de color marrón claro a medio y, por lo general, es el menos descompuesto de los principales grupos de turba (Evans, 2014).

### Cuadro 4. Características fisicoquímicas del peat moss

Características físicas			
Porosidad total (%)	Retención de humedad (%)	Porosidad de aireación (%)	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )
92.7	60-68*	10-15*	0.11
Características químicas			
CE (Ds/m)	pH	Relación C:N	CIC (meq/100g)
0.24	4.4	71.16	162.10

Fuente: Crespo Gonzales *et al.* (2018) y \*Evans (2014)

**Fibra de coco.** La fibra de coco es un subproducto derivado del procesado de la fibra de la cascara de coco. La fruta del cocotero (*Cocos nucifera*) se compone de mesocarpio y endospermo. El mesocarpio es muy fibroso y de este, mediante procesos mecánicos, se extraen las fibras con determinadas longitudes y grosores. Las fibras más finas y su polvo son las que se emplean en la agricultura (Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes [AEFA], s.f.).

### Cuadro 5. Características fisicoquímicas de la fibra de coco

Características físicas				
Diámetro (mm)	Porosidad total (%)	Retención de humedad (%)	Porosidad de aireación (%)	D. A. (g/cm <sup>3</sup> )
≤10	52.45	6.39	46.06	0.02
≤5	84.97	58.89	26.07	0.09
Características químicas				
CE (Ds/m)	pH	Relación C:N	CIC (meq/100g)	
1.49	7.2	253	22	

Fuente: Gayosso-Rodríguez *et al.* (2018)

**Viruta de madera.** La viruta es un fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral que es extraído mediante un cepillo u otras herramientas, al realizar trabajos de cepillado, desbastado o perforación, sobre la madera (Reyes, 2013). Otro desecho que se obtiene de la madera es el aserrín que, a diferencia de la viruta, este se caracteriza por tener un tamaño de partícula más pequeño, similar a un polvillo (Serret-Guasch *et al.*, 2016).

**Cuadro 6. Características fisicoquímicas de la viruta de madera**

Características físicas				
Diámetro (mm)	Porosidad total (%)	Retención de humedad (%)	Porosidad de aireación (%)	D. A. (g/cm <sup>3</sup> )
≤10	91.21	17.13	74.08	0.08
≤5	87.35	36.63	50.73	0.12
Características químicas				
CE (Ds/m)	pH	Relación C:N	CIC (meq/100g)	
1.43	7.1	2759	9	

Fuente: Gayosso-Rodríguez *et al.* (2018)

### **Importancia de los sustratos alternativos**

Actualmente, la turba es el componente más utilizado en las mezclas de sustrato para la producción en invernadero (Berger, 2017). Sin embargo, en México, durante los últimos años el valor de la turba se ha incrementado más de 150 % debido al aumento constante en los costos de los combustibles, el transporte y la devaluación del peso frente al dólar (Aguilera Rodríguez *et al.*, 2016). Además, la extracción de turba para uso hortícola presenta varios impactos ambientales como la liberación de gases de efecto invernadero y pérdida de sumideros de carbono (FAO, 2020). Es debido a lo anteriormente expuesto, que se deben seguir evaluando medios de cultivo que sean económicamente accesibles, óptimos para el desarrollo de la planta y sean amigables con el medio ambiente.

En México, se han evaluado las propiedades fisicoquímicas de varios materiales orgánicos con un posible uso como sustrato, por ejemplo, el bagazo de agave tequilero (Crespo Gonzales *et al.*, 2018), la viruta y el aserrín de pino (Gayosso Rodríguez *et al.*, 2018), entre otros.

### **Sustratos alternativos para la producción de pepino**

El vermicompost es un producto que se obtiene a través de un proceso de bio-oxidación de la materia orgánica mediante el empleo de lombrices y microorganismos (Álvaro, 2019). En el estudio de Galindo Pardo *et al.*, (2014), se utilizó como sustrato una mezcla de vermicompost (80 %) con arena (20 %) para el cultivo de pepino variedad Hisham 1110-EZ. Al final, se reportó un rendimiento de 8.45 kg/m<sup>2</sup>, mientras que el testigo (100 % arena) obtuvo un rendimiento de 9.87 kg/m<sup>2</sup>.

Hernández y Santiago (2015) utilizaron el bagazo de caña como sustrato. Este material es un residuo fibroso que queda de la caña después de pasar por el proceso de fabricación de azúcar. Se concluyó que al utilizar bagazo de caña se obtiene un rendimiento de 13.5 kg de pepino por metro cuadrado, cuando la fibra de coco alcanza 13.7 kg/m<sup>2</sup>.

Meneses-Fernández, *et al.* (2018) demostraron que al utilizar un sustrato con fibra de palma y aserrín en proporción 70 %-30 % se obtuvo un rendimiento de 10.37 kg/m<sup>2</sup> de pepino holandés en ambiente protegido, con una media de 8.7 frutos por planta. Y de la producción total, el 46 % se consideró de mayor valor comercial.

## Materiales y Métodos

### Sitio experimental

El proyecto fue realizado en el área de invernaderos del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada al sur de la ciudad de Saltillo, a una altura de 1765 metros sobre el nivel del mar y con coordenadas: 25°21'24" latitud norte y 101°02'05" longitud oeste.

### Material vegetal

Se utilizó semilla de pepino (*C. sativus* L.) híbrido tipo americano o slicer de la variedad Centauro y es comercializada por la empresa Semillas Fito. Según la empresa, la planta es vigorosa, abierta, con hojas de color verde oscuro y frutos con excelente conservación post-cosecha.

### Descripción de los tratamientos

Pineda-Pineda *et al.* (2019) mencionan que los subproductos de la industria forestal tienen una relación C:N muy alta, ocasionando una alta tasa de inmovilización de nutrientes, sobretodo nitrógeno y fosforo. Debido a la alta relación C:N de la viruta de pino (Cuadro 6), la concentración de la solución nutritiva Steiner (1984) dependió de la cantidad de viruta que tenía la mezcla de sustratos. En el Cuadro 7 se muestran los tratamientos, así como la concentración de la solución nutritiva que se aplicaba a cada uno de ellos.

### Cuadro 7. Mezcla de sustratos y nutrición de acuerdo al tratamiento

Tratamiento	Mezcla de sustratos	Solución nutritiva Steiner (1984)
T1	70 % fibra de coco y 30 % de peat moss	100 %
T2	50 % fibra de coco y 50 % de peat moss	100 %
T3	70 % viruta de madera y 30 % de peat moss	133 %
T4	50 % viruta de madera y 50 % de peat moss	116 %

### **Preparación de sustrato**

Ya teniendo listas las mezclas de sustrato, estas se vertieron en contenedores de polietileno con una capacidad de 10 litros. Primero se disminuyó la conductividad eléctrica con riegos pesados hasta alcanzar un valor alrededor de 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Después el pH del sustrato se acidificó con azufre elemental hasta llegar a un valor de 6 a 6.5. Se regulaba el pH y la conductividad cada vez que los valores se salían de los parámetros deseados.

### **Siembra**

La siembra se hizo directa en bolsas negras calibre 400 de 10 L con los tratamientos (sustratos) ya vertidos en ellas. La fecha en la que se realizó esta actividad fue el 4 de mayo de 2021.

### **Riego**

Se utilizó la fracción de lixiviado para determinar el volumen de riego y mantener un drenaje del 30 %. Se decidía aplicar el riego cada vez que el tensiómetro indicaba una lectura entre siete a 10 centibares. La solución nutritiva se aplicaba en la superficie del sustrato con ayuda de un recipiente de 1 L, esta debía de tener un pH alrededor de 5.8 y una conductividad eléctrica de 1.75 dS/m. Debido a la respuesta de las plantas a los tratamientos, la demanda de solución nutritiva fue variable; en el Cuadro 8 se muestra el promedio del volumen de solución que se aplicaba en los riegos a las plantas de cada tratamiento.

### **Cuadro 8. Volumen de riego según el tratamiento**

Tratamientos	T1	T2	T3	T4
Volumen de riego	1.62 L	2 L	1.68 L	2.7 L

### **Poda y tutorado**

Se podaron los brotes axilares, los cuales compiten por los nutrientes y evitan el desarrollo de los frutos. En ocasiones se podaban los zarcillos cuando estos se enredaban con otra planta de pepino. Para mantener las plantas erguidas se utilizó el tutorado holandés, empleando una rafia por tallo.



### Control fitosanitario

La aplicación de productos químicos se realizaban cada nueve días, además se rotaban los ingredientes activos para evitar resistencia en las plagas.

### Cuadro 9. Insecticidas y fungicidas utilizados durante el experimento

Ingrediente activo	Categoría	Dosis	Plaga
Dimetoato	Insecticida	0.7 mL/L	Mosca blanca y pulgón
Flonicamid	Insecticida	0.7 g/L	
Imidacloprid	acaricida	0.6 mL/L	Araña roja
Endosulfan	Insecticida	0.6mL/L	Gusano falso medidor
Clorotalonil	fungicida	0.5 mL/L	Tizón

### Variables evaluadas

**Longitud del fruto.** El fruto se midió desde su base hasta el ápice con un flexómetro milimétrico. La unidad de longitud que se utilizó para esta variable fue el centímetro (cm).

**Diámetro basal del fruto.** A partir de la base del fruto, se contaron tres centímetros de distancia hacia el centro de este para colocar el vernier y tomar el dato correspondiente. La unidad de longitud que se utilizó para esta variable fue el centímetro (cm).

**Diámetro ecuatorial del fruto.** El vernier se colocó en la parte ecuatorial o media del fruto para tomar su diámetro. La unidad de longitud que se utilizó para esta variable fue el centímetro (cm).

**Diámetro apical del fruto.** A partir del ápice del fruto, se contaron tres centímetros de distancia hacia el centro de este para colocar el vernier y tomar el dato correspondiente. La unidad de longitud que se utilizó para esta variable fue el centímetro (cm).

**Peso del fruto.** Cada fruto se pesó en una báscula digital. La unidad de masa que se utilizó para esta variable fue el gramo (g).

**Firmeza.** Para tomar este dato, primero se retiraba el epicarpio del pepino con un pelador, después se colocaba la punta del penetrómetro sobre el fruto y se aplicaba presión progresivamente hasta hacer penetrar en la pulpa del fruto. El diámetro de la punta era de 11 milímetros y los datos se tomaban en kilogramo-fuerza (kgf).

**Numero de hojas por planta.** Se contabilizaron todas las hojas de cada planta perteneciente al experimento.

**Peso fresco y seco de las hojas.** Se cortaron todas las hojas que tenía cada planta y de inmediato, para evitar la deshidratación, se pesaron en una báscula digital para la determinación del peso fresco. Posteriormente, las hojas se colocaron en bolsas de papel (capacidad de 5 kg) y se dejaron secar, con ayuda de la luz del sol, para la determinación del peso seco. La unidad de masa que se utilizó para esta variable fue el gramo (g).

**Longitud del tallo.** Para obtener este dato se comenzó a medir desde la base del tallo hasta la punta apical con un flexómetro milimétrico. La unidad de longitud que se utilizó para esta variable fue el centímetro (cm).

**Diámetro basal del tallo.** Este dato se midió con un vernier, a una altura de un centímetro sobre el nivel del sustrato. La unidad de longitud que se utilizó para esta variable fue el centímetro (cm).

**Peso fresco y seco del tallo.** Se cortó el tallo de cada una de las plantas y de inmediato, para evitar la deshidratación, se pesaron en una báscula digital para la determinación del peso fresco. Posteriormente, los tallos se dejaron secar, con ayuda de la luz del sol, para la determinación del peso seco. La unidad de masa que se utilizó para esta variable fue el gramo (g).

**Rendimiento por planta.** Se calculó mediante el peso de frutos obtenido por planta en la suma de todos los cortes (kg/planta).

### **Análisis estadístico**

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con cinco repeticiones, la unidad experimental fue de dos plantas. Los datos se analizaron

en un ANOVA en el programa de SAS versión 9.0 con una prueba de medias de Tukey a una probabilidad de ( $p \leq 0.05$ ).

## Resultados y Discusión

### Desarrollo vegetativo

De acuerdo con los valores obtenidos en las variables evaluadas del desarrollo vegetativo del pepino 'Centauro', no se encontraron diferencias entre los tratamientos de las mezclas de sustrato utilizados (Cuadro 7) en las variables de desarrollo vegetativo. Esto está muy relacionado con lo encontrado por Pineda *et al.* (2019), quienes señalan que el aserrín de pino solo o en mezclas aserrín/tezontle 70/30 (v/v) sin compostaje, constituye un sustrato adecuado para el cultivo de jitomate si se aplica una solución nutritiva con la concentración de N, P, K y Ca que cubra la demanda de la planta y los requerimientos de inmovilización o retención por el sustrato durante 60 días después del trasplante.

Además, Guerrero *et al.* (2014) menciona que el crecimiento de las plantas en altura, es un indicador de que el medio proporcionó las cantidades necesarias y adecuadas de elementos minerales, permitiendo el crecimiento vigoroso de las plantas de pepino. Por lo tanto, al aumentar 33 % y 16 % la concentración de solución nutritiva Steiner (1984) en los tratamientos 3 y 4, respectivamente, se contrarresta la fijación de nutrientes debido a la alta relación C:N que ocurre en la viruta de pino al igual que el aserrín.

### **Cuadro 10. Desarrollo vegetativo de pepino 'Centauro' cultivado en cuatro mezclas de sustratos diferentes.**

Tratamiento	Numero de hojas	Longitud del tallo (cm)	Diámetro basal del tallo (cm)
T1	36.90a	384.32a	1.06a
T2	38.00a	406.41a	1.10a
T3	34.90a	405.59a	1.05a
T4	37.70a	427.58a	1.06a

Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). T1 = 70 % fibra de coco + 30 % peat moss; T2 = 50 % fibra de coco + 50 % peat moss; T3 = 70 % viruta de madera + 30 % peat moss; T4 = 50 % viruta de madera + 50 % peat moss.

### **Peso seco y fresco de la planta**

En lo que respecta al peso seco y fresco de la planta de pepino ‘Centauro’, tampoco se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos de las mezclas de los sustratos utilizados.

Sánchez del Castillo *et al.* (2014) señalan que la concentración de nutrientes en la rizosfera es un factor importante para la acumulación de biomasa en una planta. Por lo anterior, es importante conocer los factores que afectan la adsorción de nutrientes, como capacidad de intercambio catiónico, pH, conductividad eléctrica y la relación C:N (Gayosso-Rodríguez *et al.*, 2018).

Pineda-Pineda *et al.* (2019) mencionan que los subproductos de la industria forestal tienen una relación C:N muy alta, ocasionando una alta tasa de inmovilización de nutrientes, sobretodo nitrógeno. No obstante, la alta relación C:N no representa necesariamente un problema siempre que se realicen las aportaciones de N demandadas por la planta y se compense el N inmovilizado por los microorganismos (Gayosso-Rodríguez *et al.*, 2018). Por lo tanto, al aumentar 33 % y 16 % la concentración de solución nutritiva Steiner (1984) en los tratamientos 3 y 4, respectivamente, se contrarresta la fijación de nutrientes que ocurre en la viruta de pino.

### **Cuadro 11. Peso fresco y seco de la planta de pepino ‘Centauro’ cultivado en cuatro mezclas de sustratos diferentes**

Tratamiento	Peso fresco de hojas (g)	Peso seco de hojas (g)	Peso fresco del tallo (g)	Peso seco del tallo (g)
T1	530.00a	73.600a	247.60a	29.70a
T2	514.67a	72.778a	236.11a	29.33a
T3	494.70a	66.400a	236.00a	27.60a
T4	555.10a	75.300a	259.40a	30.10a

Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). T1 = 70 % fibra de coco + 30 % peat moss; T2 = 50 % fibra de coco + 50 % peat moss; T3 = 70 % viruta de madera + 30 % peat moss; T4 = 50 % viruta de madera + 50 % peat moss.

### **Tamaño del fruto**

Al comparar las variables de tamaño del fruto, se encontró que los tratamientos con fibra de coco (T1 = 70 % fibra de coco + 30 % peat moss; T2 = 50 % fibra de coco + 50 % peat moss) fueron mejores que los acompañados con viruta de pino (T3 = 70 % viruta de pino + 30 % de peat moss; T4 = 50 % viruta de pino + 50 % de peat moss) al evaluar el diámetro apical, ecuatorial y basal del fruto (Cuadro 9), mientras que en la longitud del fruto no se encontraron diferencias significativas.

Anjanappa *et al.* (2012) mencionan que el tamaño de la fruta de pepino está relacionado con la actividad fotosintética y acumulación de carbohidratos. También señalan que un buen manejo de riego y nutrición, especialmente la de nitrógeno, fósforo y potasio, contribuyen a la rápida multiplicación y elongación de células.

Posiblemente el tamaño de los frutos de los tratamientos tres y cuatro tuvieron menor tamaño que los frutos de los tratamientos uno y dos debido a que la concentración de N, P, K y Ca son afectados por la inmovilización en un sustrato de aserrín de pino (Pineda *et al.*, 2019).

Sin embargo, cabe señalar, que los valores de los frutos evaluados de los tratamientos tres y cuatro, aunque estadísticamente son menores, cumplen con los estándares de tamaño establecidos por la USDA (1998) (Cuadro 1) y por la NMX-FF-023-1982, la cual se clasifica en A, B, C y D. El tamaño A comprende valores aproximados en un diámetro ecuatorial menor a 3.5 cm y una longitud menor a 14 cm, el tamaño B comprende de 3.5 a 5 cm de diámetro ecuatorial y 14 a 16.5 de longitud, el tamaño C comprende 5.1 a 6.5 cm de diámetro ecuatorial y 14 a 16.5 de longitud y por último el tamaño D que comprende un valor mayor de 6.5 cm de diámetro ecuatorial y una longitud mayor de 16.5 cm de longitud. En conclusión, aunque el empleo de viruta de madera se obtengan frutos de menor diámetro, esta reducción es mínima desde el punto de vista comercial, confirmando la posibilidad de que la viruta sea un buen complemento al peat moss en una mezcla de sustrato.

**Cuadro 12. Tamaño del fruto de pepino ‘Centauro’ cultivado en cuatro mezclas de sustratos diferentes**

Tratamiento	Longitud del fruto (cm)	Diámetro apical (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)	Diámetro basal (cm)
T1	26.5a	5.1ab	5.6a	4.7a
T2	26.7a	5.2a	5.6a	4.7a
T3	25.2a	5.0b	5.3b	4.5b
T4	25.4a	5.0b	5.3b	4.5b

Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). T1 = 70 % fibra de coco + 30 % peat moss; T2 = 50 % fibra de coco + 50 % peat moss; T3 = 70 % viruta de madera + 30 % peat moss; T4 = 50 % viruta de madera + 50 % peat moss.

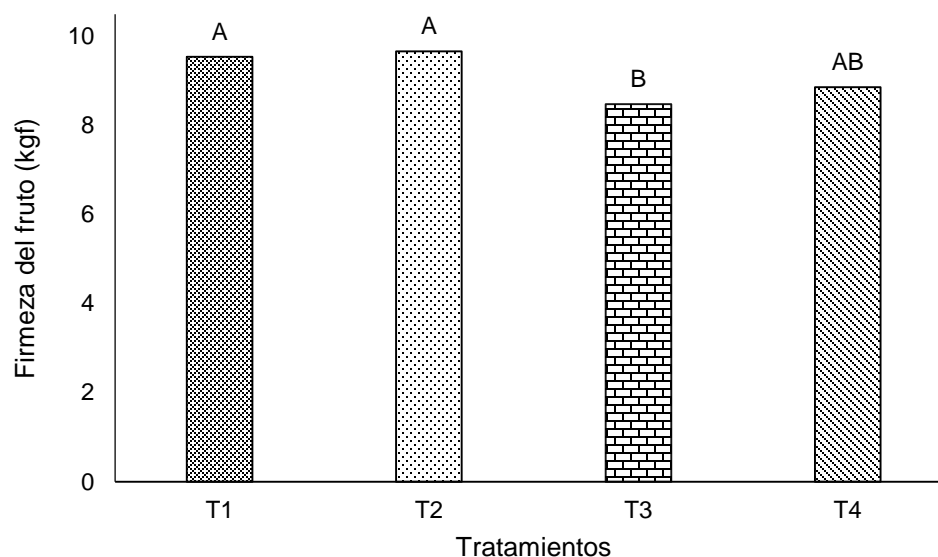
### **Firmeza del fruto**

Los tratamientos uno y dos fueron mejores al presentar una firmeza de 9.7 kgf, respectivamente (Figura 1); mientras que para el tratamiento cuatro fue de 8.9 kgf estadísticamente igual a los tratamientos uno y dos, pero también con el tratamiento tres (8.5 kgf), el cual fue el que presentó menor valor.

Aghili *et al.* (2009) menciona que la calidad de la fruta está fuertemente influenciada por las concentraciones de nutrientes minerales, especialmente de Ca el cual se relaciona positivamente con la textura y firmeza del fruto de pepino.

Posiblemente la viruta de pino en los tratamientos tres y cuatro cause la inmovilización de calcio disponible para las plantas (Pineda *et al.*, 2019), siendo este un elemento indispensable en la firmeza del fruto.

La firmeza y el brillo externo del fruto de pepino son indicadores importantes de calidad, ya que si muestran lo contrario el producto es susceptible a una rápida deshidratación provocando que el tejido se vuelva esponjoso y con menor turgencia (Verheul *et al.*, 2013).



**Figura 1. Firmeza del fruto de pepino ‘Centaurus’ cultivado en cuatro mezclas de sustratos diferentes**

Valores con la misma letra en cada columna son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). T1 = 70 % fibra de coco + 30 % peat moss; T2 = 50 % fibra de coco + 50 % peat moss; T3 = 70 % viruta de madera + 30 % peat moss; T4 = 50 % viruta de madera + 50 % peat moss.

### **Peso del fruto**

De acuerdo a la Figura 2, se observó que el tratamiento dos (50 % fibra de coco + 50 % peat moss) presentó el mayor peso del fruto con 546.7 g y el tratamiento cuatro (50 % viruta de madera + 50 % peat moss) con 470.6 g, fue el tratamiento con una reducción de 14% en el peso del fruto.

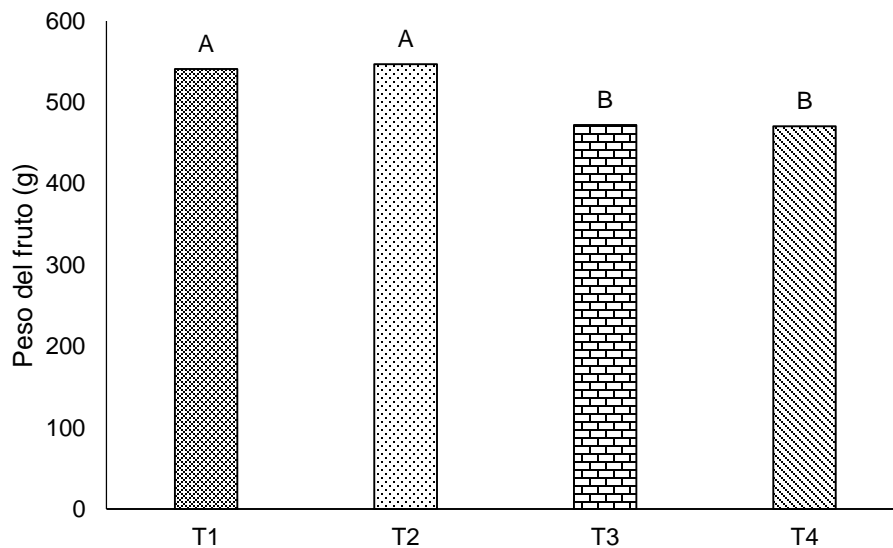
Los resultados obtenidos en este experimento son superiores a los obtenidos por De Luna-Vega *et al.* (2018) que reportaron un peso medio del fruto de 299.9 gramos con pepino tipo americano o slicer “Luxell” en un sustrato de vermicomposta mezclado con arena (30/70) sin realizar ninguna aplicación de nutrición mineral. En el presente trabajo de investigación, la diferencia más importante fue la mezcla del sustrato y la aplicación de solución nutritiva, lo que resalta la importancia de una buena nutrición y del medio de crecimiento para lograr un buen rendimiento del cultivo. Las variedades ‘Luxell’ y ‘Centaurus’ son



similares ya que ambas son semillas de pepino híbridas tipo slicer con un desarrollo vegetativo vigoroso (Nuhems, 2022; Fito, 2022).

Según menciona Baldomero (2007), el peso del fruto está determinado por la relación entre la potencia de la fuente y la potencia de la demanda de fotoasimilados durante el periodo de crecimiento del fruto, volviendo a hacer hincapié a la importancia de las características físicas del sustrato y la solución nutritiva para que la planta pueda sintetizar la cantidad suficiente de fotosintatos para así tener un balance entre el desarrollo vegetativo y el crecimiento de los frutos.

Por lo tanto, los tratamientos con fibra de coco (T1 y T2) tuvieron características más favorables, que los que tenían viruta de madera, para que los frutos lograran obtener un mayor peso como lo son la porosidad total, la retención de humedad y la relación carbono-nitrógeno (Vargas-Canales, 2014).



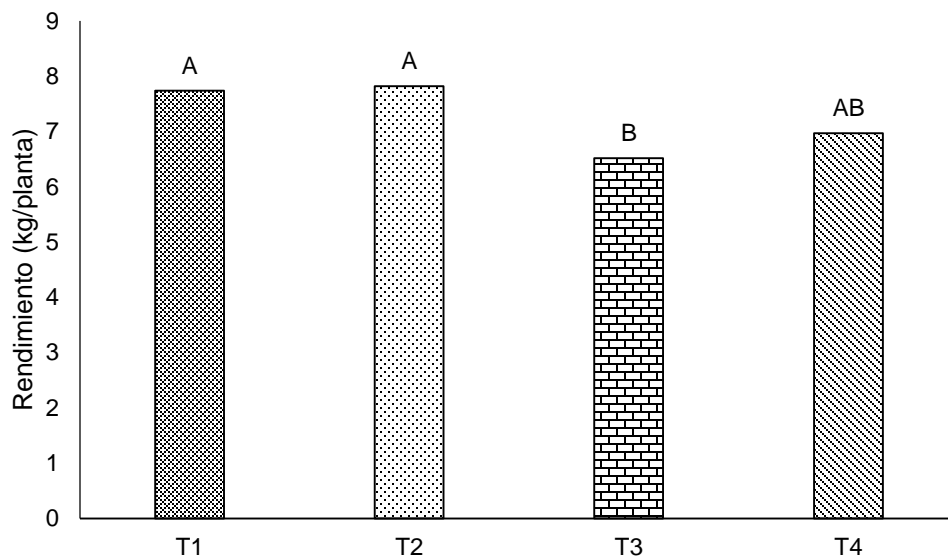
**Figura 2. Peso del fruto de pepino ‘Centaurus’ cultivado en cuatro mezclas de sustratos diferentes**

Valores con la misma letra en cada columna son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). T1 = 70 % fibra de coco + 30 % peat moss; T2 = 50 % fibra de coco + 50 % peat moss; T3 = 70 % viruta de madera + 30 % peat moss; T4 = 50 % viruta de madera + 50 % peat moss.

### Rendimiento por planta

El rendimiento más alto lo obtuvo el tratamiento uno y dos, con 7.7 y 7.8 kg/planta, respectivamente. El tratamiento tres en la que se usó una mayor proporción de viruta de madera (70 %) tuvo un rendimiento menor (6.5 kg/planta), lo cual significa un 16% menos en comparación a los demás tratamientos. Lo anterior se puede relacionar a la menor capacidad de retención de humedad y la inmovilización de nutrientes de la viruta de madera, principalmente de N, P Y Ca (Gayosso-Rodríguez *et al.*, 2018) (Pineda *et al.*, 2019), siendo el Ca un elemento importante para el crecimiento reproductivo y rendimiento en el cultivo de pepino (Kazemi, 2013).

El tratamiento cuatro, con 6.9 kg/planta, fue estadísticamente similar a los tratamientos uno y dos. Esto tiene relación con valores más altos en la absorción de solución nutritiva, lo que se atribuye a un mejor balance de características físicas y químicas de la mezcla (Vargas Canales *et al.*, 2014).



**Figura 3. Rendimiento del cultivo de pepino ‘Centauro’ cultivado en cuatro mezclas de sustratos diferentes**

Valores con la misma letra en cada columna son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). T1 = 70 % fibra de coco + 30 % peat moss; T2 = 50 % fibra de coco + 50 % peat moss; T3 = 70 % viruta de madera + 30 % peat moss; T4 = 50 % viruta de madera + 50 % peat moss.

## **Conclusiones**

La mezcla de viruta de madera de pino y peat moss (50/50, v/v) junto a una solución nutritiva Steiner (1984) al 116 % presentó un rendimiento similar a las mezclas que contenían fibra de coco y peat moss con una solución nutritiva Steiner (1984) al 100 % (70/30 y 50/50, v/v).

Las mezclas que contenían viruta de madera de pino y peat moss (70/30 y 50/50, v/v) obtuvieron valores menores en variables de crecimiento de fruto: diámetro apical del fruto, diámetro ecuatorial del fruto y diámetro basal del fruto. A pesar de esto, estos valores se encuentran dentro de los estándares de tamaño establecidos por la USDA (1998) y la NMX-FF-023-1982.

Las mezclas de viruta de pino con peat moss con una modificación en la solución nutritiva puede compensar el desarrollo vegetativo logrando obtener valores estadísticamente iguales a los obtenidos con mezclas de fibra de coco y peat moss.

## Literatura Citada

- Aghili, F., Khoshgoftarmanesh, A. H., Afyuni, M. y Mobli, M. (2009). Relationships between Fruit Mineral Nutrients Concentrations and Some Fruit Quality Attributes in Greenhouse Cucumber. *Journal of Plant Nutrition*, 32(12): 1994 – 2007. <https://doi.org/10.1080/01904160903308119>
- Aguilera Rodríguez, M., Alderete, A., Martínez Trinidad, T. y Ordaz Chaparro, V. M. (2016). Producción de *Pinus montezumae* Lamb. Con diferentes sustratos y fertilizantes de liberación controlada. *Agrociencia*, 50(1), 107-118. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30243765008>
- Álvaro, G.J. (2019). Compost y vermicompost ¿En qué se diferencian? *Fertibox*. <https://www.fertibox.net/single-post/compost-vermicompost>
- Anjanappa, M., Suresh Kumara, B. y Indires, K. M. (2012). Growth, Yield and Quality Attributes of Cucumber (Cv. Hassan Local) as Influenced by Integrated Nutrient Management Grown under Protected Condition. *The Mysore Journal of Agricultural Sciences*, 46(1): 32 – 37. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133068566>
- Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes (AEFA). (s.f.) Fibra de coco. <https://aefa-agronutrientes.org/glosario-de-terminos-utiles-en-agronutricion/fibra-de-coco>
- Badgery Parker, J., James, L., Parks, S., Tesoriero, L., Rylan, A., Ekman, J. y Jarvis, J. (2019). Commercial Greenhouse Cucumber Production. Industry and Investment NSW.
- Baldomero, Z. N. (2007). *Producción de Tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) Hidropónico con Sustratos, Bajo Invernadero*. [Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional]. [https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/779/TESIS\\_MAESTRIA\\_BALDOMERO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/779/TESIS_MAESTRIA_BALDOMERO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Barbaro, L., Karlanian, M. y Mata, D. (2018). *Importancia del Ph y la Conductividad Eléctrica (CE) en los Sustratos para Plantas*. Ediciones INTA.
- Berger. (27 de abril de 2017). Como seleccionar el sustrato adecuado. <https://www.berger.ca/es/recursos-para-los-productores/tips-y-consejos-practicos/seleccionar-sustrato-adecuado/>
- Brandenberger, L., Shrefler, J., Rebek, E. y Damicone, J. (marzo de 2021). Cucumber Production. Oklahoma State University. <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/cucumber-production.html>
- Brust, G. (2019). Management Strategies for Organic Vegetable Fertility. En D. Biswas y S. A. Micallef (Eds.), *Safety and Practice for Organic Food* (193-212). Academic Press.
- Buechel, T. (24 de septiembre de 2021). Air Porosity: What Is It and How Important Is It? *PRO-MIX*. <https://www.pthorticulture.com/en/training-center/air-porosity-what-is-it-and-how-important-is-it/>
- Buechel, T. (24 de septiembre de 2021). What is Sphagnum Peat Moss and Where Does It Come From? *PRO-MIX*. <https://www.pthorticulture.com/en/training-center/what-is-sphagnum-peat-moss-and-where-does-it-come-from/>
- Burrows, R. (5 de agosto de 2021). *Harvesting Cucumbers*. South Dakota State University Extension. <https://extension.sdstate.edu/harvesting-cucumbers>
- Chen Lopez, J. (24 de septiembre de 2021). Cómo la estructura del sustrato afecta la porosidad del aire. *PRO-MIX*. <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/como-la-estructura-del-sustrato-afecta-la-porosidad-del-aire/>
- Crespo Gonzáles, M. R., González Eguiarte, D. R., Rodríguez Macías, R., Ruiz Corral, J. A. y Durán Puga, N. (2018). Caracterización Química y Física del Bagazo de Agave Tequilero Compostado con Biosólidos de Vinaza como

Componente de Sustratos para Cultivos en Contenedor. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(3), 373-382.  
<https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.03.01>

De Luna Vega, A., Garcia Shagún, M. L., Rodriguez Guzman, E., Pimienta Barrio, E. y González Luna, S. (2018). Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) orgánico bajo un sistema de invernadero. *Revista del Desarrollo Urbano y Sustentable*, 4(10): 1 – 8.  
[https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Desarrollo Urbano y Sustentable/vol4num11/Revista de Desarrollo Urbano y Sustentable V4 N11 1.pdf](https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Desarrollo_Urbano_y_Sustentable/vol4num11/Revista_de_Development_Urbano_y_Sustentable_V4_N11_1.pdf)

Dimitrijević, A., ŠUNDEK, B., BLAŽIN, S. y BLAŽIN, D. (2016). Production Conditions for Greenhouse Vegetable Production on Small Scale Family Farms. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 20 (1), 21-24.  
<http://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/1821-4487/2017/1821-44871701013S.pdf>

Ding, X., Jiang, Y., Zhao, H., Guo, D., He, L., Liu, F., Zhou, Q., Nandwani, D., Hui, D. y Yu, J. (2018). Electrical conductivity of nutrient solution influenced photosynthesis, quality, and antioxidant enzyme activity of pakchoi (*Brassica campestris* L. ssp. *Chinensis*) in a hydroponic system. *PLOS ONE*, 13(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202090>

Evans, M. R. (2014). Greenhouse Management online. *University of Arkansas*.  
<https://greenhouse.hosted.uark.edu/index.html>

Faden, A. (19 de julio de 2020). Cucumber: An Origin Story. Positively Probiotic.  
<https://positivelyprobiotic.com/the-bacteria-blog/cucumber-an-origin-story>

Fertilab. (29 de octubre de 2016). Preparación de solución nutritiva para pepino utilizando resultado de análisis de agua.  
<https://www.fertilab.com.mx/Sitio/Vista/Preparacion-De-Solucion-Nutritiva-Para-Pepino.php>

- Flora y Fauna Web. (21 de agosto de 2019). *Cucumis sativus* L. <https://www.nparks.gov.sg/florafauweb/flora/3/8/3879>
- Fregoso Madueño, J. N., Goche Télles, J. R., Rutiaga Quiñones, J. G., Gonzales Laredo, R. F., Bocanegra Salazar, M. y Chávez Simental, J. A. (2017). Usos alternativos de los desechos de la industria del aserrío. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 23 (2). <https://revistas.chapingo.mx/forestales/?section=articles&subsec=issues&numero=239&articulo=2376>
- Galindo Pardo, F. V., Fortis Hernandez, M., Preciado Rangel, P., Trejo Valencia, R., Segura Castruita, M. A. y Orozco Vidal, 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). [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342014000700007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000700007)
- Gamarra Lezcano, C. C., Díaz Lezcano, M. I., Vera de Ortíz, M., del Pilar Galeano, M. y Cabrera Cardús, A. J. (2017). Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(46), 4-26. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322018000200004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322018000200004&script=sci_arttext)
- García García, R., M. (2017). Proceso de obtención de fibra de coco para fabricar colchones ecológicos hipoalergénicos en la comuna “Sacachún”. *Revista empresarial*, 11 (4), 14-19. <https://editorial.ucsg.edu.ec/ojs-empresarial/index.php/empresarial-ucsg/article/viewFile/107/100>
- Gayosso-Rodríguez, S., Borges Gómez, L., Villanueva Couoh, E., Estrada Botello, M. A. y Garruña, R. (2018). Caracterización física y química de materiales orgánicos para sustrato agrícola. *Agrociencia*, 52(4). [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952018000400639](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000400639)

- Gayosso-Rodríguez, S., Villanueva-Couoh, E., Estrada-Botello, M. A., & Garruña, R. (2018). Caracterización físico-química de mezclas de residuos orgánicos utilizados como sustratos agrícolas. *Bioagro*, 30(3), 179-190.
- Gazey, C. (17 de septiembre de 2018). Soil pH. Government of Western Australia. <https://www.agric.wa.gov.au/soil-acidity/soil-ph>
- Goldammer, T. (2019). *Greenhouse Management*. Apex Publishers
- Guerrero, E. M., Revelo, J. C., Benavides, O., Chaves, G. y Alvaro Moncayo, C. (2014). Evaluación de Sustratos en un Cultivo de Lechuga Bajo un Sistema Hidropónico en el Municipio de Pasto. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 31 (1): 3 – 16. <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.143101.38>
- Hernández Maruri, J. A. y Santiago López, U. (2015). Bagazo de caña, sustrato orgánico para la producción de pepino en invernadero. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/1029.pdf>
- HortiCultivos. (27 de febrero de 2017). *Sustratos para cultivos hortícolas y sus propiedades*. <https://www.horticultivos.com/featured/sustratos-cultivos-hortícolas-propiedades/>
- INTAGRI. (2017). La Hidroponía: Cultivos sin Suelo. <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/la-hidroponia-cultivos-sin-suelo>
- Intagri. (2021). *Tipos de pepino cultivados bajo invernadero*. <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/tipos-de-pepino-cultivados-bajo-invernadero>
- Jia, H. y Wang, H. (2021). Introductory Chapter: Studies on Cucumber. En Wang, H (Ed.), *Cucumber Economic Values and Its Cultivation and Breeding*. IntechOpen.
- Kazemi, M. (2013). Response of Cucumber Plants to Foliar Application of Calcium Chloride and Paclobutrazol under Greenhouse Conditions. *Bull. Env.*



*Pharmacol. Life Sci.*, 2(11), 15-18.  
<https://www.researchgate.net/profile/Mohamed-Ibrahim-41/post/Does-anyone-know-how-to-treat-a-calcium-chloride-to-plant-leaves/attachment/59d61ef979197b807797d5f9/AS%3A271780745052167%401441808987263/download/5.pdf>

Meneses-Fernández, C., & Quesada-Roldán, G. (2018). Crecimiento y rendimiento del pepino holandés en ambiente protegido y con sustratos orgánicos alternativos. *Agronomía Mesoamericana*, 29(2), 235-250.

Monge Pérez, J. E., Chacón Padilla, K. y Cruz Coronado, J. A. (2021). Guía ilustrativa de genotipos de pepino tipo americano. [https://www.researchgate.net/publication/351039181\\_Illustrative\\_guide\\_to\\_Slicer\\_cucumber\\_genotypes](https://www.researchgate.net/publication/351039181_Illustrative_guide_to_Slicer_cucumber_genotypes)

Naegele, R. y Wehner, T. (2016). Genetic Resources of Cucumber. En Grumet R., Katzir N., Garcia-Mas J (Eds.), *Genetics and Genomics of Cucurbitaceae* (61-86). Springer, Cham.

Nemali, K. (marzo de 2018). Understanding the Pores of a Soilless Substrate. *Purdue Extension*. <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/HO/HO-287-W.pdf>

Norma Oficial Mexicana NMX-FF-023-1982. Diario Oficial de la Federación, 22 de abril de 1996. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4881048&fecha=22/04/1996#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881048&fecha=22/04/1996#gsc.tab=0)

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (18 de marzo de 2020). La FAO impulsa la cartografía y vigilancia de las turberas. <https://www.fao.org/news/story/es/item/1266473/icode/>

Pineda Pineda, J., Sanchez del Castillo, F., Moreno Pérez, E. del C., Valdez Aguilar, L. A., Castillo Gonzáles, A. M., Ramírez Árias, A. y Vargas Canales, J. M. (2019). Inmovilización y retención nutrimental en aserrín de pino como sustrato agrícola. *Terra Latinoamericana*, 37(3).

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792019000300261](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792019000300261)

Restuccia, R. (29 de enero de 2019). 3 Key Benefits of Substrate Farming. JAIN. <https://jainsusa.com/blog/3-key-benefits-of-substrate-farming/>

Reyes Mejía, J. I. (2013). *Reacción Asistida por Microondas para la Obtención de Hidrocarburos a partir de Aserrín de Madera* [Tesis, Universidad Central del Ecuador]. DSpace. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1868/1/T-UCE-0008-02.pdf>

Sánchez del Castillo, F., González Molina, L., Moreno Pérez, E. del C., Pineda Pineda, J., y Reyes Gonzalez, C. E. (2014). Dinámica Nutricional y Rendimiento de Pepino Cultivado en Hidroponía con y sin Recirculación de la Solución Nutritiva. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(3). [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802014000300013](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802014000300013)

Savvas, D., Gianquinto, G., Tuzel, Y. y Gruda, N. (2013). Soilless culture. En R. Duffy (Ed.), *Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable crops*. (303-354). Food and Agriculture Organization of the United Nations

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2016). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*. [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Informe15\\_completo.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Informe15_completo.pdf)

Semillas Fito. (10 de noviembre de 2022). Fito. <https://www.semillasfito.mx/productos/hortícolas/pepino/slicer/centauro/>

Serret-Guasch, N., Giralt-Ortega, G., & Quintero-Ríos, M. (2016). Caracterización de aserrín de diferentes maderas. *Tecnología química*, 36(3), 395-405.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2020). *Panorama Agroalimentario* 2020.

[https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2020/Atlas-Agroalimentario-2020](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2020/Atlas-Agroalimentario-2020)

Sonon, L. S., Kissel, D. E. y Saha, U. (marzo de 2017). Cation Exchange Capacity and Base Saturation. *University of Georgia*.  
[https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/C%201040\\_2.PDF](https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/C%201040_2.PDF)

Suslow, T. V. y Cantwell, M. (Mayo de 1997). *Cucumber: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality*. Department of Plant Sciences, University of California, Davis.  
[https://postharvest.ucdavis.edu/Commodity\\_Resources/Fact\\_Sheets/Datadores/Vegetables\\_English/index.cfm?uid=14&ds=799](https://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resources/Fact_Sheets/Datadores/Vegetables_English/index.cfm?uid=14&ds=799)

Torres Torres, F. y Rojas Martínez, A. (2018). Suelo agrícola en México: retrosección y prospectiva para la seguridad alimentaria. *Realidad, datos y espacio revista internacional de estadística y geografía*, 9(3), 137-155.  
<https://rde.inegi.org.mx/index.php/2019/01/25/suelo-agricola-en-mexico-retrospeccion-prospectiva-la-seguridad-alimentaria/>

Trinklein, D. (3 de marzo de 2014). Cucumber: A Brief History. University of Missouri. <https://ipm.missouri.edu/MEG/2014/3/Cucumber-A-Brief-History/>

United States Department of Agriculture. (1998). Cucumber Shipping Point and Market Inspection Instructions.  
<https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/CucumberInspectionInstructions.pdf>

USDA Natural Resources Conservation Service. (junio de 2008). Bulk Density.  
[https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_053256.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053256.pdf)

USDA Natural Resources Conservation Service. (junio de 2008). Soil Structure & Macropores.  
[https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_053261.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053261.pdf)

- Vargas Canales, J. M., Castillo Gonzáles, A. M., Pineda Pineda, J., Ramírez Arias, J. A. y Avitia García, E. (2014). Extracción nutrimental de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en mezclas de tezontle con aserrín nuevo y reciclado. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 20(1). <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2013.02.005>
- Verheul, M. J., Slimestad, R. y Johnsen, L. R. (2013). Physicochemical Changes and Sensory Evaluation of Slicing Cucumbers from different Origins. *Europ. J. Hort. Sci*, 78(4), 176-183. [https://www.pubhort.org/ejhs/2013/file\\_3986029.pdf](https://www.pubhort.org/ejhs/2013/file_3986029.pdf)
- Washington State University. (2018). Embracing a Better Soil Amendment. <https://s3.wp.wsu.edu/uploads/sites/2080/2018/03/coconut-coir.pdf>
- Western Institute for Food Safety and Security. (2016). *Cucumbers*. [http://www.wifss.ucdavis.edu/wp-content/uploads/2016/05/FDA\\_WIFSS\\_-\\_Cucumbers\\_PDF.pdf](http://www.wifss.ucdavis.edu/wp-content/uploads/2016/05/FDA_WIFSS_-_Cucumbers_PDF.pdf)
- Zamora, E. (2017). El Cultivo de Pepino Tipo Slicer-americano (*Cucumis sativus* L.) Bajo Cubiertas Plásticas. Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora.