

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**EFFECTO DE BACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN  
PEPINO (*Cucumis sativus* L.) CON DIFERENTES SUSTRATOS BAJO  
CONDICIONES DE INVERNADERO.**

**POR**

**RAYMUNDO CANALES PARRA**

**TESIS  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**DICIEMBRE DE 2017**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

EFFECTO DE BACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN  
PEPINO (*Cucumis sativus* L.) CON DIFERENTES SUSTRATOS BAJO  
CONDICIONES DE INVERNADERO.

POR:  
RAYMUNDO CANALES PARRA

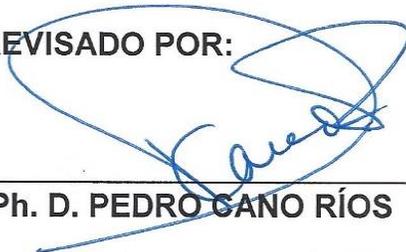
TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR,  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

REVISADO POR:

PRESIDENTE:

  
\_\_\_\_\_  
Ph. D. PEDRO CANO RÍOS

VOCAL:

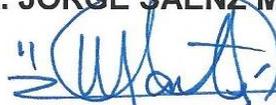
  
\_\_\_\_\_  
ING. JESÚS MANUEL LUNA DÁVILA

VOCAL:

  
\_\_\_\_\_  
ING. JUAN DE DIOS RUIZ DE LA ROSA

VOCAL SUPLENTE:

  
\_\_\_\_\_  
DR. JORGE SÁENZ MATA

  
\_\_\_\_\_  
M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

EFFECTO DE BACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN  
PEPINO (*Cucumis sativus* L.) CON DIFERENTES SUSTRATOS BAJO  
CONDICIONES DE INVERNADERO.

POR:  
RAYMUNDO CANALES PARRA

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORIA,  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL:

Ph. D. PEDRO CANO RÍOS

ASESOR:

ING. JESÚS MANUEL LUNA DÁVILA

ASESOR:

DR. LUCIO LEOS ESCOBEDO

ASESOR EXTERNO:

DR. JORGE SÁENZ MATA

M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



## **DEDICATORIA**

**A mi madre, María Parra Mejía, por darme la vida, cuidar de mí y siempre estar a mi lado, brindándome su apoyo incondicionalmente.**

**A mi padre, Fidel Canales Realista, por enseñarme el sentido de la humildad, responsabilidad, respeto y trabajo.**

**A mi abuelo, Juan Canales Martínez por llenarme de fortaleza para vencer cada uno de los retos económicos y morales.**

**A mis hermanos, Bulfrano, Macario, Marilú e Isabel por estar conmigo y brindarme apoyo moral en todo momento.**

**Yo que me adueñe de su tiempo y su espacio, todo convertido en cansancio a su paso dejando heridas, que en su cuerpo penetrado se quedaron.**

**Mi padre y madre, sus cuerpos ya desgastados por todo lo que me han dado; por lo que ahora me he formado.**

**En ustedes que no existió la rendición, siendo mi más grande inspiración.**

**A nunca dejar caminos por veredas, muy bien lo recuerdo yo.**

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por darme la fortuna de estar en este lugar y haberme regalado una familia ejemplar y agradables amistades.

A **MI ALMA TERRA MATER**, que me brindo el espacio y oportunidad de llegar a ser un profesionista, gracias.

Al **Ph. D. Pedro Cano Ríos**, por la aportación técnico-practico a mi desarrollo profesional. De igual manera por el impulso y motivación a seguir preparándome, gracias.

Al **Ing. Jesús Manuel Luna Dávila**, por el tiempo brindado y cada una de sus enseñanzas, al igual que el compañerismo que compartimos, gracias.

Al **Dr. Lucio Leos Escobedo**, por cada una de sus enseñanzas e igual manera por su amistad.

Al **Dr. Jorge Sáenz Mata**, por la accesibilidad y apoyo brindado para realizar la presente investigación, gracias.

A Salvador Fajardo, Limber Pérez, Mireya Chávez, Jesús Ortiz, Marcelo Sánchez, Marbella. Que me brindaron su apoyo incondicional, Gracias.

## RESUMEN

El cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.), es de gran importancia económica debido a la demanda en el mercado nacional e internacional, tanto en fresco como procesado. La producción en invernadero en el noroeste de México, ha sido un éxito al obtenerse altos rendimientos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de dos sustratos, tres genotipos de pepino y dos rizobacterias sobre la altura, calidad de fruta y rendimiento, bajo condiciones de invernadero. El trabajo de investigación se estableció en un invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro- Unidad Laguna, durante el ciclo verano-otoño del año 2016. La siembra se realizó en forma directa, en bolsas de 20 litros de capacidad; como sustrato se utilizó una mezcla con el 10% de Perlita, 40% de Arena de río y 50% de Composta y Arena de río 100% más una solución nutrimental. El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar, con arreglo trifactorial, generando 18 tratamientos de estudio y 72 unidades experimentales. El factor "A" lo conformó los dos sustratos, el factor "B" lo conformo los tres genotipos de pepino y el factor "C" fueron las dos rizobacterias (*Bacillus paralicheniformis* y *Pseudomonas lini*), además un testigo. En los resultados se encontró para altura de planta a los 40, 60 y 80 días después de la siembra (DDS), que el genotipo Parth 544 Slicer presento los valores más altos, igual a 193.2, 314.5 y 368.5 cm, con manejo convencional, mientras valores de 219.18, 298.90 y 324.86 cm con manejo orgánico, superando el manejo convencional al manejo orgánico a los 60 y 80 DDS en 5.23 % y 17.06%, respectivamente. En la acción de las rizobacterias sobre la altura de planta los genotipos Parth 552 Slicer obtuvo la mayor altura a los 40, 60 y 80 DDS con manejo convencional, mientras el genotipo Parth 544 Slicer la obtuvo con el manejo orgánico. Para rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ) y calidad del fruto, se encontró significancia estadística al 0.05.

**Palabras clave:** Manejo convencional, inoculación, genotipos, rendimiento y calidad.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE.....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. OBJETIVO GENERAL .....	2
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
1.2.3.HIPÓTESIS .....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. El cultivo de pepino .....	3
2.1.1.Generalidades .....	3
2.1.2.Características morfológicas .....	3
2.1.3.Requerimientos de Clima para el Cultivo de Pepino .....	4
2.1.4.Plagas del cultivo.....	6
2.1.5.Enfermedades del pepino .....	8
2.2. Importancia de las rizobacterias.....	9
2.2.1.Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN) .....	12
2.3. Generalidades y características de los invernaderos .....	14
2.4. Agricultura orgánica.....	15
2.4.1.Agricultura orgánica en México.....	16

2.4.2.Sustratos orgánicos .....	18
2.4.3.Té de compost .....	18
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
3.1. Localización del sitio de estudio.....	19
3.2. Localización geográfica del área de estudio. ....	19
3.3. Clima .....	19
3.4. Acondicionamiento del invernadero .....	20
3.4.1.Características del invernadero utilizado .....	20
3.4.2.Limpieza y desinfección del invernadero .....	20
3.4.3.Preparación de sustratos .....	21
3.4.3.1. Mezcla.....	21
3.5. Siembra .....	22
3.6. Bacterias.....	23
3.6.1.Preparación. ....	23
3.6.2.Inoculación en el cultivo .....	23
3.7. Labores Culturales.....	24
3.8. Riegos al cultivo .....	25
3.8.1.Fertilización .....	25
3.8.2.Preparación de la solución nutritiva. ....	26
3.8.3.Preparación de la solución orgánica .....	28
3.9. Control de Plagas y Enfermedades.....	29
3.10. Cosecha .....	29
3.12. Diseño experimental.....	30
3.13. Tratamientos de estudio.....	30
3.14. Variables evaluadas. ....	31

3.15. Herramientas de Medición.....	32
3.16. Análisis estadístico. ....	32
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1. Desarrollo vegetativo .....	34
4.1.1. Altura de las plantas .....	34
4.2. Variables evaluadas .....	43
4.2.1. Número de frutos por planta. ....	43
4.2.2. Peso Total de frutos por planta .....	44
4.2.3. Peso de frutos por planta .....	45
4.2.4. Rendimiento total de pepino .....	46
4.3. Calidad del fruto .....	47
4.3.1. Diámetro polar .....	47
4.3.2. Diámetro ecuatorial .....	47
4.3.3. Firmeza .....	48
4.3.4. Sólidos solubles totales .....	49
V. CONCLUSIONES.....	50
VI. RECOMENDACIONES.....	50
VII. LITERATURA CITADA .....	51
VIII. APÉNDICES.....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Atracción, adhesión y colonización bacteriana como determinantes para ejercer los mecanismos de estimulación de crecimiento vegetal. UAAAN-UL 2017 . . . . .	<b>11</b>
<b>Figura 2</b>	Esquema de la FBN en las plantas no-leguminosas donde interaccionan bacterias de vida libre y plantas leguminosas donde interaccionan bacterias mutualistas. UAAAN-UL 2017 . . . . .	<b>13</b>
<b>Figura 3</b>	Superficie de producción orgánica por estados en México (Pérez, 2004). UAAAN-UL 2017. . . . .	<b>17</b>
<b>Figura 4</b>	Invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, utilizado en el presente experimento. UAAAN-UL, 2017. . . . .	<b>20</b>
<b>Figura 5</b>	Desinfección del invernadero antes de la siembra. UAAAN-UL, 2017. . . . .	<b>20</b>
<b>Figura 6</b>	Sustrato que serviría como medio de crecimiento. UAAAN-UL, 2017. . . . .	<b>21</b>
<b>Figura 7</b>	Llenado de macetas. UAAAN- UL, 2017. . . . .	<b>21</b>
<b>Figura 8</b>	Colocación de macetas y lavado para lixiviar sales. UAAAN-UL, 2017. . . . .	<b>22</b>
<b>Figura 9</b>	Siembra de los genotipos de pepino en bolsas de 20 litros de capacidad, con el sustrato que serviría como medio de crecimiento. UAAAN- UL, 2017. . . . .	<b>22</b>
<b>Figura 10</b>	Inoculación de las bacterias <i>Bacillus paralicheniformis</i> y <i>Pseudomonas lini</i> en los genotipos de pepino con los distintos sustratos. UAAAN- UL, 2017. . . . .	<b>23</b>
<b>Figura 11</b>	Tutorado de plantas a los 15 días después de la siembra y regado de los pasillos para ayudar al sistema de enfriamiento a bajar las altas temperaturas dentro del invernadero. UAAAN- UL, 2017. . . . .	<b>24</b>

<b>Figura 12</b>	Riego y fertilización de las variedades de pepino, solución nutritiva convencional para tratamientos inorgánicos y Té de compost para tratamientos orgánicos. UAAAN- UL, 2017.....	<b>28</b>
<b>Figura 13</b>	Aplicación de insecticidas orgánicos de manera preventiva y curativa. UAAAN- UL, 2017.....	<b>29</b>
<b>Figura 14</b>	Cosecha de frutos de pepino. UAAAN- UL, 2017. ....	<b>29</b>
<b>Figura 15</b>	Efecto de la fertilización convencional sin inoculación sobre la altura de tres genotipos de pepino. UAAAN-UL. 2017. ....	<b>33</b>
<b>Figura 16</b>	Efecto de la fertilización orgánica sin inoculación sobre la altura de tres genotipos de pepino. UAAAN-UL. 2017. ....	<b>34</b>
<b>Figura 17</b>	Altura de los genotipos de pepino evaluados con fertilización convencional y la aplicación de <i>Bacillus paralicheniformis</i> . UAAAN-UL, 2017. ....	<b>36</b>
<b>Figura 18</b>	Altura de los genotipos de pepino evaluados con producción orgánica y la aplicación de <i>Bacillus paralicheniformis</i> . UAAAN-UL, 2017. ....	<b>37</b>
<b>Figura 19</b>	Altura de los genotipos de pepino evaluados con fertilización convencional y la aplicación de <i>Pseudomonas lini</i> . UAAAN-UL. 2017. ....	<b>39</b>
<b>Figura 20</b>	Altura de los genotipos de pepino evaluados con producción orgánica y la aplicación de <i>Pseudomonas lini</i> . UAAAN-UL, 2017.....	<b>40</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1</b>	Temperaturas críticas para el cultivo del pepino en las distintas fases de desarrollo. UAAAN-UL, 2017. ....	<b>5</b>
<b>Cuadro 2</b>	México. Rendimiento de los principales cultivos orgánicos vs cultivos convencionales (Gómez <i>et al.</i> , 2006). UAAAN-UL 2017. ....	<b>16</b>
<b>Cuadro 3</b>	Composición química de compostas evaluadas (Márquez <i>et al.</i> , 2008). UAAAN-UL 2017. ....	<b>18</b>
<b>Cuadro 4</b>	Análisis químico de la composta y del té de composta utilizados como fertilizante orgánico en la producción de tomate en invernadero (Ochoa-Martínez <i>et al.</i> , 2009) UAAAN-UL 2017. ....	<b>18</b>
<b>Cuadro 5</b>	Fertilización utilizada para la nutrición del cultivo de pepino, UAAAN- UL, 2017. ....	<b>25</b>
<b>Cuadro 6</b>	Obtención de los mg/L/maceta para macroelementos. UAAAN- UL, 2017. ....	<b>26</b>
<b>Cuadro 7</b>	Densidad y Pureza de los Ácidos Utilizados. UAAAN- UL, 2017. ....	<b>26</b>
<b>Cuadro 8</b>	Calculo para los microelementos. UAAAN- UL, 2017. ....	<b>27</b>
<b>Cuadro 9</b>	Descripción de los tratamientos utilizados. UAAAN- UL, 2017. ....	<b>30</b>
<b>Cuadro 10</b>	Altura de los genotipos de pepino a los 40, 60 y 80 días después de la siembra en producción convencional sin inoculación. UAAAN-UL, 2017. ....	<b>34</b>
<b>Cuadro 11</b>	Altura de los genotipos de pepino a los 40, 60 y 80 días después de la siembra en producción orgánica sin inoculación. UAAAN-UL, 2017. ....	<b>35</b>

<b>Cuadro 12</b>	Altura de los genotipos de pepino a los 40, 60 y 80 días después de la siembra (DDS) en producción convencional y aplicación de <i>Bacillus paralicheniformis</i> . UAAAN-UL, 2017.	<b>37</b>
<b>Cuadro 13</b>	Altura de los genotipos de pepino a los 40, 60 y 80 días después de la siembra en producción orgánica y la aplicación de <i>Bacillus paralicheniformis</i> . UAAAN-UL, 2017.	<b>38</b>
<b>Cuadro 14</b>	Altura de los genotipos de pepino a los 40, 60 y 80 días después de la siembra en producción convencional y la aplicación de <i>Pseudomonas lini</i> . UAAAN-UL, 2017. ....	<b>39</b>
<b>Cuadro 15</b>	Altura de los genotipos de pepino a los 40, 60 y 80 días después de la siembra en producción orgánica y la aplicación de <i>Pseudomonas lini</i> . UAAAN-UL, 2017. ....	<b>40</b>
<b>Cuadro 16</b>	Variables estudiadas así como la significancia para los efectos estudiados: sustratos, genotipos, inoculantes y sus interacciones. UAAAN-UL. 2017. ....	<b>42</b>
<b>Cuadro 17</b>	Valores promedio para la variable peso total de frutos por planta en los sustratos, genotipos y rizobacterias sobre los genotipos de pepino. UAAAN-UL.2017. ....	<b>44</b>
<b>Cuadro 18</b>	Valores promedio de la variable de peso de fruto por planta para el efecto de sustratos, genotipos y rizobacterias sobre los genotipos de pepino. UAAAN-UL.2017. ....	<b>44</b>
<b>Cuadro 19</b>	Valores promedio para la variable rendimiento total para el efecto de sustratos, genotipos y rizobacterias sobre los genotipos de pepino. UAAAN-UL.2017. ....	<b>45</b>
<b>Cuadro 20</b>	Valores promedio de la variable diámetro polar de frutos para el efecto de genotipos de pepino sobre los sustratos orgánicos e inorgánicos. UAAAN-UL.2017. ....	<b>46</b>
<b>Cuadro 21</b>	Valores promedio de la variable diámetro ecuatorial de frutos para el efecto de genotipos de pepino sobre los sustratos orgánicos e inorgánicos. UAAAN-UL.2017. ....	<b>47</b>
<b>Cuadro 22</b>	Valores promedio de la variable firmeza de frutos para el efecto de genotipos de pepino sobre los sustratos orgánicos e inorgánicos. UAAAN-UL.2017. ....	<b>47</b>

## ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE

<b>Cuadro 1A.</b>	Análisis de varianza para la variable número de frutos de pepino en los tratamientos con sustratos, genotipos y rizobacterias. UAAAN-UL. 2017.....	<b>59</b>
<b>Cuadro 2A.</b>	Análisis de varianza para la variable peso total de frutos de pepino en los tratamientos con sustratos, genotipos y rizobacterias. UAAAN UL. 2017.....	<b>59</b>
<b>Cuadro 3A.</b>	Análisis de varianza para la variable peso de frutos por planta de pepino en los tratamientos con sustratos, genotipos y rizobacterias. UAAAN-UL. 2017.....	<b>60</b>
<b>Cuadro 4A.</b>	Análisis de varianza para la variable rendimiento en Ton/ha de pepino en los tratamientos con sustratos, genotipos y rizobacterias. UAAAN-UL. 2017.....	<b>60</b>
<b>Cuadro 5A.</b>	Análisis de varianza para la variable diámetro polar de frutos de pepino en los tratamientos con sustratos, genotipos y rizobacterias. UAAAN-UL. 2017.....	<b>61</b>
<b>Cuadro 6A.</b>	Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial de frutos de pepino en los tratamientos con sustratos, genotipos y rizobacterias. UAAAN-UL. 2017.....	<b>61</b>
<b>Cuadro 7A.</b>	Análisis de varianza para la variable firmeza de frutos de pepino en los tratamientos con sustratos, genotipos y rizobacterias. UAAAN-UL. 2017.....	<b>61</b>
<b>Cuadro 8A.</b>	Análisis de varianza para las variables solido solubles (° Brix) de frutos de pepino en los tratamientos con sustratos, genotipos y rizobacterias. UAAAN-UL. 2017.....	<b>62</b>



## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la demanda de pepino en los Estados Unidos de Norteamérica, ha tenido un crecimiento sin precedentes. Donde la importación creció de 594, 102 toneladas en 2011 a 720,131 toneladas en el 2013; es decir, se tuvo un incremento del 21.21% en solo dos años (FAOSTAT, 2017). Según datos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), México es el principal exportador a Estados Unidos en diversas frutas y hortalizas, donde el pepino tiene un 83% de participación en el mercado (ASERCA, 2015).

El incremento en la producción y calidad de productos hortícolas es tema de interés para los investigadores, ya que los rendimientos de las hortalizas y sus propiedades nutraceuticas de sus frutos, son bajos en los sistemas de producción a cielo abierto y bajo condiciones protegidas (Gómez *et al.*, 2009; López-Elías *et al.*, 2011). Existen diferentes alternativas para aumentar los rendimientos de los cultivos en la agricultura protegida, tales como la ampliación del área cultivada, la disminución de las condiciones de estrés que afectan el desarrollo de las plantas (Martínez-Valverde *et al.*, 2002), así como el uso de sustratos orgánicos (Nieto-Garibay *et al.*, 2002).

El uso de sustratos orgánicos, ha cobrado gran importancia por diversas razones. Desde el punto de vista económico, su uso se ha fomentado por la agricultura orgánica, ya que es una respuesta a la mejora en las prácticas agrícolas (Nieto-Garibay *et al.*, 2002). Dentro de los sustratos orgánicos, sobresalen la Composta y la Vermicomposta, debido a que sus procesos de elaboración son métodos biológicos que transforman restos orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable (Claassen and Carey 2004). Los beneficios de los abonos orgánicos son evidentes, la Composta ha mejorado las características de los suelos, tales como fertilidad, capacidad de almacenamiento de agua, mineralización del nitrógeno, fósforo y potasio, además mantiene valores de pH óptimos para el crecimiento de las plantas y fomenta la actividad microbiana (Nieto-Garibay *et al.* 2002) y como sustrato para cultivos en invernadero que no contamina el ambiente (Rodríguez *et al.* 2008).

De los principales elementos nutritivos presentes en las Compostas y Vermicompostas, del 70 al 80% de Fósforo y del 80 al 90% de Potasio están disponibles el primer año (Eghball *et al.* 2000). Mientras que, el nitrógeno debe mineralizarse para poder ser absorbido por la planta (Heeb *et al.* 2005), durante el primer año, sólo se mineraliza el 11% del nitrógeno (Márquez *et al.* 2008).

Por otra parte, microorganismos promotores del crecimiento vegetal desempeñan un papel clave en la toma de nutrimentos, la tolerancia a estrés ambiental y en general, el mantenimiento de la salud radicular, favoreciendo así el aumento en el rendimiento de los cultivos (Rives y Hernández; 2007).

## **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la altura, calidad de fruta y rendimiento de dos sustratos, tres genotipos de pepino (*Cucumis sativus*) y dos rizobacterias, bajo condiciones de invernadero.

### **1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1) Evaluar el rendimiento y la calidad de las variedades de pepino bajo condiciones de producción convencional y producción orgánica en invernadero.

2) Evaluar el efecto de la aplicación de rizobacterias en el manejo nutricional orgánico e inorgánico sobre el desarrollo vegetativo, reproductivo, calidad y el rendimiento de las variedades de pepino en invernadero.

3) Evaluar el efecto de la aplicación de rizobacterias sobre el desarrollo vegetativo, reproductivo, calidad y rendimiento de las variedades de pepino en invernadero.

### **1.2.3. HIPÓTESIS**

La inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, incidirá sobre el desarrollo vegetativo así como en el rendimiento y calidad de frutos de pepino bajo condiciones de invernadero.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. El cultivo de pepino

#### 2.1.1. Generalidades

##### Origen del pepino

El pepino se considera originario de la India, siendo domesticado en Asia y de ahí fue introducido a Europa, después llevado a América por Cristóbal Colón. Los tipos más comunes de pepino son el americano, el europeo, el del este medio, el holandés y el pepino oriental (López *et al*, 2011).

##### Clasificación taxonómica

El pepino pertenece a la familia Cucurbitaceae, cuyo nombre botánico es *Cucumis sativus* (Zamudio y Félix; 2014).

Familia:	Cucurbitaceae
Género:	<i>Cucumis</i>
Especie:	<i>C. sativus</i>
Nombre científico:	<i>Cucumis sativus</i>
Nombre común:	Pepino.

#### 2.1.2. Características morfológicas

##### Raíz

Consta de una raíz principal, pivotante alrededor de 60 cm de longitud, que se ramifica rápidamente para dar origen a raíces secundarias superficiales muy finas, alargadas y de color blanco característico, cambiando a un color amarillo o café al envejecer. En condiciones óptimas una raíz puede crecer 30 cm por día. El pepino posee la facultad de generar raíces adventicias por encima del cuello (Zamudio y Félix; 2014).

##### Tallo

El tallo principal es espinoso, flexible, de sección angular, cubierto de pelos, con crecimiento indeterminado, de porte rastrero y trepador. De cada nudo parte una hoja y un zarcillo en el lado opuesto a la hoja. En la axila de cada hoja se emite un brote lateral y una o varias flores (Zamudio y Félix; 2014).

### **Hoja**

Es de largo pecíolo, gran limbo acorazonado, con tres lóbulos más o menos pronunciados (el central más acentuado y generalmente acabado en punta), con los bordes dentados, de color verde oscuro y recubierto de un vello muy fino (Zamudio y Félix; 2014).

### **Flor**

Tiene un 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 (Zamudio y Félix; 2014).

### **Fruto**

Pepónide áspero o liso, dependiendo de la variedad, que vira desde un color verde claro, pasando por un verde oscuro hasta alcanzar un color amarillento cuando está totalmente maduro, aunque su recolección se realiza antes de su madurez fisiológica. La pulpa es acuosa, de color blanquecino, con semillas en su interior repartidas a lo largo del fruto (Zamudio y Félix; 2014).

### **Semilla**

Se presentan en cantidad variable y son ovales, algo aplastadas y de color blanco-amarillento (Zamudio y Félix; 2014).

## **2.1.3. Requerimientos de Clima para el Cultivo de Pepino**

### **Temperatura**

La temperatura, es un factor determinante de la actividad metabólica y del crecimiento y desarrollo de los vegetales. La distribución biogeográfica original de las hortalizas comestibles tiene lugar en latitudes subtropicales, generalmente asociadas a regímenes térmicos poco variables y temperaturas mínimas superiores a 12 °C, límite considerado como el mínimo, por debajo del cual, estas especies

detienen el crecimiento y presentan síntomas de deterioro. Por tanto, la ausencia de control térmico cuando la temperatura se sitúa por debajo de estos niveles impide la programación de las cosechas y se generan amplias variaciones en la cantidad y calidad de la producción, al mismo tiempo, los cambios en la actividad metabólica, a veces bruscos, pueden inducir el envejecimiento precoz de las plantas y por tanto reducción de su potencial productivo. Por lo tanto, el control de la temperatura en el invernadero basada en los niveles de consigna que determinan los frutos de buena calidad durante la fase generativa es fundamental para mejorar la productividad (Lorenzo, P; 2012).

Para el cultivo del pepino las temperaturas durante el día que oscilen entre 20°C y 30°C, logran cierta incidencia sobre la producción, aunque a mayor temperatura durante el día, hasta 25°C, mayor es la producción precoz. Por encima de los 30°C, se observan desequilibrios en las plantas que afectan directamente a los procesos de fotosíntesis y respiración y temperaturas nocturnas iguales o inferiores a 17°C, que ocasionan malformaciones en hojas y frutos. El umbral mínimo crítico nocturno es de 12°C y a 1°C se produce la helada de la planta (INFOAGRO, 2017).

**Cuadro 1.** Temperaturas críticas para el cultivo del pepino en las distintas fases de desarrollo. UAAAN-UL, 2017.

Etapa de desarrollo	Temperatura (°C)	
	Diurna	Nocturna
<b>Germinación</b>	27	27
<b>Formación de planta</b>	21	19
<b>Desarrollo del fruto</b>	19	16

### **Humedad Relativa**

La humedad atmosférica desempeña un papel determinante en el proceso de transpiración del agua de las hojas y sobre el potencial hídrico foliar, sobre la regulación de la conductancia estomática y la temperatura de las hojas. Realiza estos procesos mediante funciones primarias de la planta como la fotosíntesis, la

absorción, el transporte de agua y elementos minerales por lo que un aumento de humedad puede producir cambios en el crecimiento y desarrollo de las plantas, incidencia de enfermedades fúngicas y en última instancia en la producción (Alpi, 1991).

El pepino es una planta con elevados requerimientos de humedad, debido a su gran superficie foliar, siendo la humedad relativa óptima durante el día del 60-70% y durante la noche del 70-90%. Sin embargo, los excesos de humedad durante el día pueden reducir la producción, al disminuir la transpiración y en consecuencia la fotosíntesis, aunque esta situación no es frecuente (INFOAGRO, 2017).

Para humedades superiores al 90% y con atmósfera saturada de vapor de agua, las condensaciones sobre el cultivo o el goteo procedente de la cubierta, pueden originar enfermedades fúngicas. Además un cultivo mojado por la mañana empieza a trabajar más tarde, ya que la primera energía disponible deberá cederla a las hojas para poder evaporar el agua de su superficie (INFOAGRO, 2017).

#### **2.1.4. Plagas del cultivo**

##### **Araña roja (*Tetranychus urticae*, *T. turkestanii* y *T. ludeni*)**

La primera especie citada es la más común en los cultivos hortícolas protegidos, pero la biología, ecología y daños causados son similares, por lo que se abordan las tres especies de manera conjunta (INFOAGRO, 2017).

Se desarrolla en el envés de las hojas causando decoloraciones, punteaduras o manchas amarillentas que pueden apreciarse en el haz como primeros síntomas. Con mayores poblaciones se produce desecación o incluso defoliación. Los ataques más graves se producen en los primeros estados fenológicos. Las temperaturas elevadas y la escasa humedad relativa favorecen el desarrollo de la plaga (INFOAGRO, 2017).

##### **Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*)**

Las partes jóvenes de las plantas son colonizadas por los adultos, realizando las puestas en el envés de las hojas. De éstas emergen las primeras larvas, que son móviles. Tras fijarse en la planta pasan por tres estados larvarios y uno de pupa, este último característico de cada especie. Los daños directos (amarillamientos y

debilitamiento de las plantas) son ocasionados por larvas y adultos al alimentarse, absorbiendo la savia de las hojas. Los daños indirectos se deben a la proliferación de neegrilla sobre la melaza producida en la alimentación, manchando y depreciando los frutos y dificultando el normal desarrollo de las plantas. Ambos tipos de daños se convierten en importantes cuando los niveles de población son altos. Otro daño indirecto es el que tiene lugar por la transmisión de virus. *Trialeurodes vaporariorum* es transmisora del virus del amarillamiento en cucurbitáceas. *Bemisia tabaci* es potencialmente transmisora de un mayor número de virus en cultivos hortícolas y en la actualidad actúa como transmisora del virus del rizado amarillo de tomate (TYLCV), conocido como “virus de la cuchara” (INFOAGRO, 2017).

#### **Pulgón (*Aphis gossypii* y *Myzus persicae*)**

Son las especies de pulgón más comunes y abundantes en los invernaderos. Presentan polimorfismo, con hembras aladas y ápteras de reproducción vivípara. Las formas áptera del primero presentan sifones negros en el cuerpo verde o amarillento, mientras que las de *Myzus* son completamente verdes (en ocasiones pardas o rosadas). Forman colonias y se distribuyen en focos que se dispersan, principalmente en primavera y otoño, mediante las hembras aladas (INFOAGRO, 2017).

#### **Trips (*Frankliniella occidentalis*)**

Los adultos colonizan los cultivos realizando las puestas dentro de los tejidos vegetales en hojas, frutos y, preferentemente, en flores (son florícolas), donde se localizan los mayores niveles de población de adultos y larvas nacidas de las puestas. Los daños directos se producen por la alimentación de larvas y adultos, sobre todo en el envés de las hojas, dejando un aspecto plateado en los órganos afectados que luego se necrosan. Estos síntomas pueden apreciarse cuando afectan a frutos (sobre todo en pimiento) y cuando son muy extensos en hojas). Las puestas pueden observarse cuando aparecen en frutos (berenjena, judía y tomate). El daño indirecto es el que acusa mayor importancia y se debe a la transmisión del virus del bronceado del tomate (TSWV), que afecta a pimiento, tomate, berenjena y judía (INFOAGRO, 2017).

### **Minadores de hoja (*Liriomyza trifolii*, *Liriomyza bryoniae*, *Liriomyza strigata*, *Liriomyza huidobrensis*)**

Las hembras adultas realizan las puestas dentro del tejido de las hojas jóvenes, donde comienza a desarrollarse una larva que se alimenta del parénquima, ocasionando las típicas galerías. La forma de las galerías es diferente, aunque no siempre distinguible, entre especies y cultivos. Una vez finalizado el desarrollo larvario, las larvas salen de las hojas para pupar, en el suelo o en las hojas, para dar lugar posteriormente a los adultos (INFOAGRO, 2017).

#### **2.1.5. Enfermedades del pepino**

##### **Mildiu de las cucurbitáceas (*Pseudoperonospora cubensis*).**

Los síntomas aparecen en las hojas como unas manchas de color amarillo, de formas angulares y delimitadas por los nervios. En el envés se observan estas manchas como un polvillo color grisáceo y llegando a tener un aspecto aceitoso que son los esporangios y esporangióforos del hongo. Las manchas terminan por necrosarse, pudiendo afectar la hoja entera que se seca, quedando adherida al tallo. Las condiciones óptimas de desarrollo se dan con humedades relativas elevadas, siendo indispensable un período de agua líquida en la hoja, con temperaturas óptimas entre 20-25°C, aunque los límites están entre 8 y 27°C. La dispersión es por medio del viento, lluvias, gotas de condensación, etc (Zamudio y Félix, 2014).

##### **Oidio de las cucurbitáceas o “ceniza” (*Sphaerotheca fuliginea*)**

Los síntomas que se observan son manchas de color blanco pulverulentas sobre la superficie de las hojas (haz y envés) que van cubriendo todo el aparato vegetativo llegando a invadir la hoja entera, afectando a tallos y pecíolos e incluso en ataques muy fuertes a frutos. Las hojas y tallos afectados en ataques muy fuertes se vuelven de color amarillento y se secan. Son fuentes de inóculo las malas hierbas, otros cultivos de cucurbitáceas y restos de cultivos, siendo el viento el encargado del transporte de las esporas y de la dispersión de la enfermedad. El óptimo de temperatura se sitúa alrededor de 26°C, existiendo un margen entre 10 y 35°C. La humedad relativa óptima está en el 70% (Zamudio y Félix, 2014).

##### **Mancha bacteriana de la hoja (*Xanthomonas campestris* pv. *Cucurbitae*)**

Posee síntomas similares a los mencionados para la bacteria de la mancha angular, sólo que en este caso no aparecen las pequeñas gotas de exudado. Son pequeñas manchas húmedas en las hojas, que evolucionan a zonas secas rodeándose de halos amarillentos. Algunas de estas manchas se pueden unir y formar áreas necrosadas en las hojas. También como la bacteria de la mancha angular, puede afectar a frutos, tallos y pecíolos. La temperatura óptima para la bacteria se sitúa entre 25-39°C, con el umbral térmico entre 35-39°C como temperatura máxima, 5°C como mínima, siendo letal la temperatura de 49°C (Zamudio y Félix, 2014).

### **Amarillamientos de las hojas (CuYV)**

Sobre las hojas se produce un moteado clorótico internervial. En las hojas más viejas se observa un amarilleo entre los nervios, estando éstos de color verde normal. Los frutos presentan cierta reducción en su crecimiento. Se transmite por medio de las moscas blancas. *Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci* (Zamudio y Félix, 2014).

## **2.2. Importancia de las rizobacterias**

Las bacterias rizosféricas desempeñan una función importante al establecer asociaciones con las plantas. En base al efecto que ejercen estos microorganismos sobre el crecimiento de las plantas, éstas pueden clasificarse en tres grupos: benéficas, neutras y patógenas (Beneduzi *et al.*, 2012). Kloeppler y Schroth (1978) introdujeron el término de rizobacterias en sus experimentos con rábanos, definiéndolo como la comunidad bacteriana que coloniza competitivamente las raíces de la planta, que estimulan su crecimiento y reducen la incidencia de las enfermedades. Posteriormente Kloeppler y Schroth (1981) designaron a este grupo bacteriano como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR por sus siglas en inglés: Plant Growth Promoting Rhizobacteria) (Jha *et al.*, 2012).

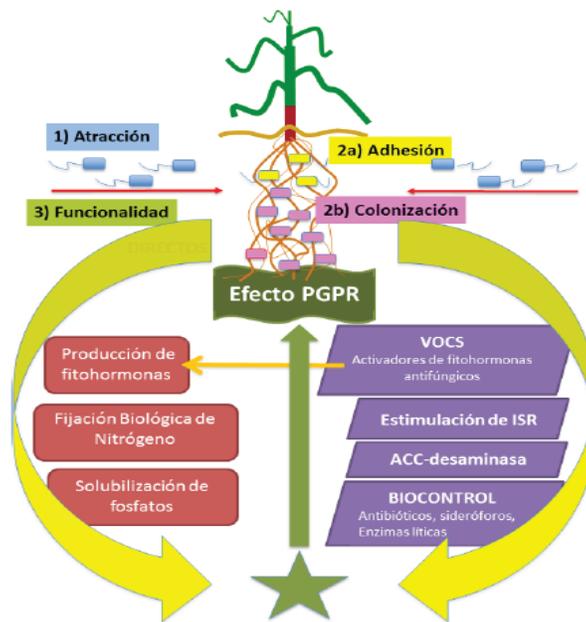
Las PGPR mejoran el crecimiento, la producción y la salud de las plantas, empleando una amplia variedad de mecanismos moleculares (Malik y Sindhu, 2011). Las sustancias que promueven el crecimiento vegetal son producidas por las

bacterias rizosféricas y pueden influir directa o indirectamente sobre el metabolismo y fisiología de la planta (Saleem *et al.*, 2007; Bhattacharyya, 2012).

Las PGPR son bacterias que habitan la rizósfera, región del suelo que fue descrita por Hiltner en 1904 como el área del suelo influenciada por los exudados de la raíz, la rizósfera incluye el área del suelo unida a la raíz que se extiende a pocos milímetros de la superficie del sistema radicular, ésta se caracteriza por albergar una gran variedad de microorganismos en comparación con el resto del suelo (Do Carmo *et al.*, 2011).

Los exudados rizosféricos incluyen aminoácidos, ácidos grasos, nucleótidos, ácidos orgánicos, fenoles, reguladores de crecimiento, esteroides, azúcares y vitaminas (Albareda *et al.*, 2006). Las rizobacterias compiten por estos metabolitos y por el sitio que ocupan sobre la raíz de la planta; siendo las uniones entre las células epidérmicas y el área donde emerge la raíz los sitios más poblados (Lugtenberg y Kamilova, 2009).

Aun cuando las PGPR se han clasificado en función de su mecanismo para promover el crecimiento de plantas, en realidad éstas ejercen su efecto benéfico empleando una combinación de mecanismos que permiten estimular el crecimiento y el mantenimiento de su salud (Babaloba, 2010). Para el buen desempeño de los mecanismos de estimulación del crecimiento vegetal, la mayoría de las rizobacterias establecen tres pasos indispensables (Figura 1):



**Figura 1.** Atracción, adhesión y colonización bacteriana como determinantes para ejercer los mecanismos de estimulación de crecimiento vegetal. UAAAN-UL 2017.

1. **Atracción** de la bacteria hacia la rizósfera de su hospedero, mediado por la quimiotaxis-específica bacteriana hacia exudados vegetales particulares, estos compuestos pueden servir como fuente de carbono y funcionar como moléculas de señalización (Albareda *et al.*, 2006).

2. **Adhesión y colonización** a la superficie de la raíz. Las bacterias deben tener la capacidad de adherirse a las semillas o raíces de plantas, para la posterior colonización; un proceso competitivo que es afectado por características genotípicas de la rizobacteria y la variedad de planta hospedera (Muñoz-Rojas *et al.*, 2003; Oliveira *et al.*, 2009). Además, se ha observado que la adhesión de algunas cepas bacterianas es sitio específica a la raíz, presentando un patrón de colonización particular en diferentes plantas (Bloemberg y Lugtenberg, 2001).

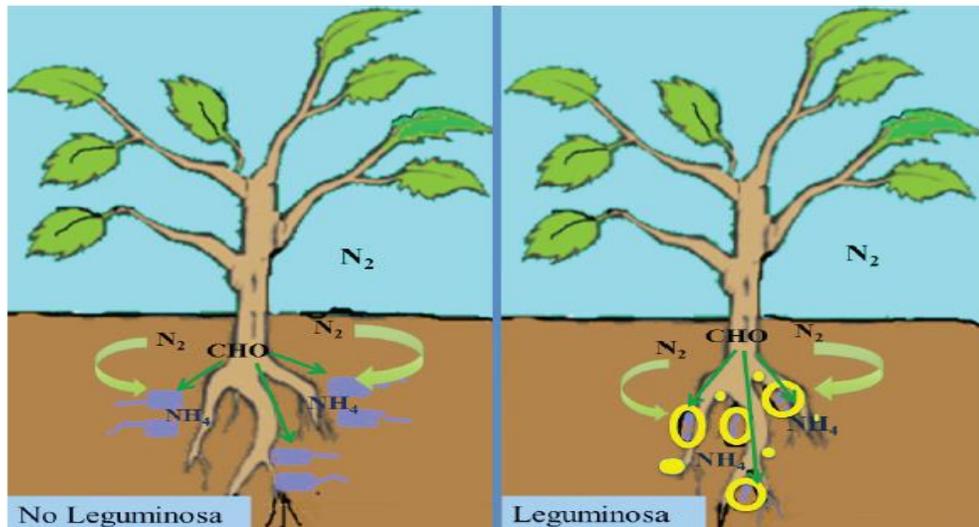
3. **Funcionalidad** de la simbiosis asociativa: implica un establecimiento efectivo de la relación microorganismo-planta, lo que podría favorecer: I) la modulación del balance hormonal de la planta mediante la producción de fitohormonas, compuestos orgánicos volátiles o por precursores del catabolismo de la planta. II) El mejoramiento en la nutrición de la planta mediante fijación biológica

de nitrógeno y la solubilización de fosfatos (Jha *et al.*, 2012) y III) el mantenimiento de la salud de la planta (Van Loon, 2007; Bordiec *et al.*, 2011).

### **2.2.1. Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN)**

La FBN se define como la conversión de nitrógeno atmosférico ( $N_2$ ) a amonio ( $NH_4$ ), compuesto químico del nitrógeno que puede ser utilizado por la planta, la transformación de  $N_2$  a nitrógeno biodisponible se consigue mediante la enzima denominada nitrogenasa (Annan *et al.*, 2012). La FBN se lleva a cabo en bacterias asociadas a plantas y en bacterias de vida libre (figura 2). Las bacterias fijadoras de nitrógeno como *Allorhizobium sp.*, *Azorhizobium sp.*, *Bradyrhizobium sp.*, *Mesorhizobium sp.* y *Rhizobium sp.* (Fernández-Aunión *et al.*, 2010) forman nódulos en las raíces de plantas leguminosas como: soya, chícharo, cacahuete y alfalfa. El amonio generado por estas bacterias puede ser usado por las plantas hospederas como fuente de nitrógeno, dando a cambio la fuente de carbono requerida por las bacterias (Fernández-Aunión *et al.*, 2010).

Los miembros del género *Frankia* también realizan la FBN en interacción simbiótica con plantas actinorrícicas (Santi *et al.*, 2013). Otros ejemplos de rizobacterias endófitas capaces de convertir nitrógeno atmosférico a la forma disponible para las plantas son: *Herbaspirillum spp.*, *Azospirillum amazonense* y *Burkholderia tropica* (Suman *et al.*, 2008); sin embargo el aporte de estas bacterias vía FBN hacia la planta es mínimo (Muñoz-Rojas y Caballero-Mellado, 2003; Saravanan *et al.*, 2008).



**Figura 2.** Esquema de la FBN en las plantas no-leguminosas donde interaccionan bacterias de vida libre y plantas leguminosas donde interaccionan bacterias mutualistas, UAAAN-UL 2017.

En el primer caso las bacterias solo se asocian a las raíces de las plantas y en el segundo caso las bacterias realizan una asociación íntima dentro de estructuras denominadas nódulos, donde las bacterias son protegidas del oxígeno y la nitrogenasa puede realizar su actividad con mayor eficiencia. En ambos casos las bacterias reciben fuente de carbono de las plantas ( $CHO$ ) y a cambio ellas les proveen de nitrógeno combinado ( $NH_4^+$ ) obtenido del proceso de la FBN.

Las bacterias de vida libre también son capaces de fijar nitrógeno atmosférico y algunos ejemplos incluyen a *Burkholderia unamae* (Caballero-Mellado *et al.*, 2004; Caballero- Mellado *et al.*, 2007), *Pseudomonas fluorescens* y algunas bacterias pertenecientes a *Beijerinckia sp.*, *Bacillus sp.*, *Azoarcus sp.*, *Azotobacter sp.* (Guzmán *et al.*, 2012), *Herbaspirillum sp.* y *Azospirillum sp.* (Fibach-Paldi *et al.*, 2012), sin embargo; asociadas a plantas no parecen otorgar aportes significativos

de nitrógeno y los mecanismos principales de crecimiento son independientes a esta vía. Por ejemplo *A. brasilense*, posee como mecanismo principal de promoción del crecimiento vegetal la producción de fitohormonas que estimulan el incremento del desarrollo de la raíz, impactando en el aumento de la toma de agua y minerales (Castro-Sowinski *et al.*, 2007).

### **2.3. Generalidades y características de los invernaderos**

Rodríguez y Jiménez; (2002), señalan que un invernadero es una construcción cubierta artificialmente, con materiales transparentes, con el objeto de proveer un medio ambiente favorable para el desarrollo de los cultivos en cualquier época del año. Un cultivo forzado o protegido se define como aquél que durante todo el ciclo productivo o en una parte del mismo crece en un microclima acondicionado por un invernadero. A pesar de que se hace hincapié en la modificación del ambiente climático, el cultivo forzado también incluye las técnicas de manejo, fertirrigación, densidad y época de siembra, sanidad vegetal, etc. Las cuales son prácticas que inciden notoriamente en los objetivos que se persiguen en un cultivo protegido tales como: incremento de la producción, precocidad y mayor calidad de la cosecha. Además de lo anterior el cultivo se orienta a la producción de plantas de diferente origen climático del ambiente natural donde se desea cultivarlas.

#### **Ventajas**

Romero (1988) mencionan las siguientes ventajas de la producción bajo condiciones de invernadero:

- 1) Programación de cosechas de acuerdo a la demanda y precio del producto.
- 2) Precocidad en el ciclo de cultivo, lo que hace posible el logro de hasta tres cosechas por año.
- 3) Aumento en el rendimiento hasta un 300%
- 4) Mayor calidad de frutos, ya que estos son más uniformes, sanos y no contaminados.

5) Ahorro de agua (se puede llegar a recuperar de 60 a 80% del agua aplicada que se evapotranspira).

6) Control adecuado de plagas y enfermedades.

7) Uso de semillas mejoradas y variedades selectas para cultivarse en invernadero con máximos rendimientos.

### **Desventajas**

Sánchez y Favela (2000) mencionan las siguientes desventajas:

1) Se requiere una alta especialización, empresarial y técnica de las personas que se dedican a esta actividad.

2) Alto costo de los insumos.

3) Las instalaciones y estructuras representan una elevada inversión inicial.

4) Un mal manejo del invernadero o del cultivo implica fuertes pérdidas económicas.

5) Es necesaria la automatización del invernadero para el control del ambiente.

6) Se puede favorecer el desarrollo de enfermedades, por lo que se requerirá de aplicaciones más frecuentes de productos químicos.

## **2.4. Agricultura orgánica**

Pérez y Landeros (2009), definen a la agricultura orgánica como el sistema de producción que proscribe el empleo total de plaguicidas y se basa en la aplicación de abonos orgánicos y prácticas agrícolas que están diseñadas para restablecer y mantener un balance ecológico de la biodiversidad. Gómez et al. (2008) señalan que la agricultura orgánica surgió como una alternativa para proteger el medio ambiente y las diferentes especies de plantas y animales de los peligros de la agricultura convencional o moderna.

La agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que trata de cambiar algunas de las limitaciones encontradas en la producción convencional y que más que una tecnología de producción, es una estrategia de desarrollo que se fundamenta no solamente en un mejor manejo del suelo y un fomento al uso de

insumos locales, sino también en un mayor valor agregado y una cadena de comercialización más justa (Espinoza *et al.*, 2007).

#### 2.4.1. Agricultura orgánica en México

El desarrollo de la agricultura ecológica en México ha sido sorprendente; surgió desde la década de los años ochenta en solo algunos lugares y en pocos años se ha extendido a muchos otros multiplicando su superficie e incursionando cada vez más en nuevos productos, constituyéndose en una opción económicamente viable para miles de productores campesinos e indígenas de escasos recursos (Pérez, 2004).

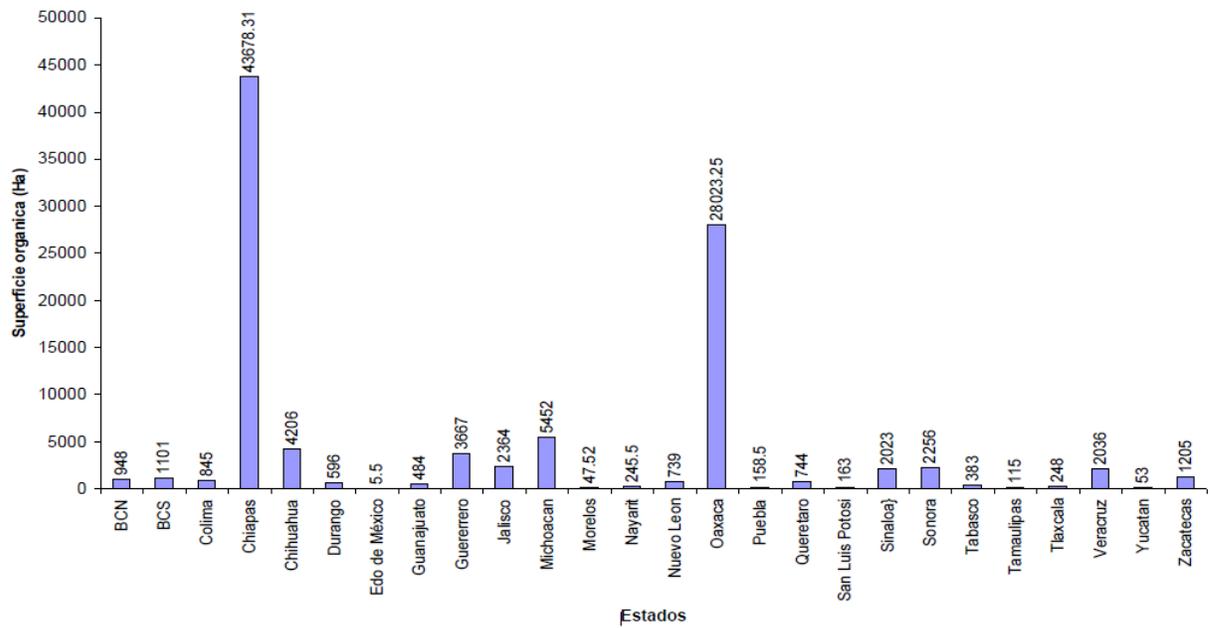
En México, la agricultura orgánica no contempla los agostaderos, a pesar de que son predios a los cuales nunca se le han aplicado agroquímicos, no obstante, no están certificados; así pues, existe un potencial con las superficies con pastos naturales, en las distintas regiones agroecológicas del territorio nacional (Espinoza *et al.*, 2007; Nahed *et al.*, 2009).

**Cuadro 2** México. Rendimiento de los principales cultivos orgánicos vs cultivos convencionales (Gómez *et al.*, 2006). UAAAN-UL 2017.

Producto	Producción (ton/ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento (ton/ha <sup>-1</sup> )		Diferencia Orgánico vs Convencional
		Orgánico	Convencional	
Mango	14.35	9.20	5.15	
Guayaba	10,287.75	16.50	13.40	3.10
Café cereza**	411,982.87	2.80	1.28	1.52
Cacao seco	10,388.32	0.60	0.16	0.44
Maíz	10,247.77	2.70	2.45	0.25

Nopal	133,031.45	26.40	26.96	-0.56
Limón	n. d.	14.70	15.56	-0.86
Manzana	3,830.72	15.10	16.00	-0.90
Aguacate	21,534.24	8.12	9.50	-1.38

**Figura 3.** Superficie de producción orgánica por estados en México (Pérez, 2004).  
 UAAAN-UL 2017.



## 2.4.2. Sustratos orgánicos

Gómez *et al.* (1999) y Gewin (2004), mencionan que los sistemas orgánicos de producción certificada, la normatividad menciona que debe transcurrir un período de tres hasta cinco años, sin aplicación de agroquímicos incluyendo fertilizantes sintéticos; razón por la cual, el productor convencional, no intenta ingresar al sistema de producción orgánica, ya que además que los rendimientos disminuyen, aún no se obtiene el sobre precio por concepto. Con el propósito de evitar dicho período una alternativa, sería la creación de un sustrato, obtenido a partir de materias primas aprobadas por la normatividad orgánica, antes mencionada, siendo una opción, mezclar en un contenedor, composta, por la alta cantidad de elementos nutritivos, con medios inertes, con el objetivo de mejorar las características físicas y químicas y evitar la hipoxia (Castillo *et al.*, 2000; Hashemimajd *et al.*, 2004).

**Cuadro 3.** Composición química de compostas evaluadas (Márquez *et al.*, 2008).  
UAAAN-UL 2017.

	N	P	K	Ca	Mg	Na	<sup>1</sup> MO	Fe	Cu	Zn	Mn
	(% )							(ppm)			
Biocomposta <sup>®</sup>	1.17	1.19	1.76	1.76	1.87	0.39	29.2	7005	202	941	373
Vermicomposta	1.27	0.15	0.43	1.86	0.13	0.12	10.50	27.44	3.28	25.04	18.04

<sup>1</sup>MO= Materia orgánica.

## 2.4.3. Té de compost

Ingham, (2005) sugiere que el té de composta, solución resultante de la fermentación aeróbica de composta en agua, puede utilizarse como fertilizante, debido a que contiene nutrientes solubles y microorganismos benéficos. Esta solución puede ser aplicada a través de sistemas de riego presurizado, por lo que su uso puede adaptarse en sistemas de producción orgánica de cultivos bajo condiciones de invernadero (Rippy, 2004). El té de composta se ha utilizado para prevenir enfermedades, tanto en aspersión foliar (Ingham *et al.*, 2005) como aplicado al sustrato (Scheuerell y Mahaffee, 2004).

**Cuadro 4.** Análisis químico de la composta y del té de composta utilizados como fertilizante orgánico en la producción de tomate en invernadero (Ochoa-Martínez *et al.*, 2009).

	Composta (% peso seco)	Té de composta (mg·litro <sup>-1</sup> )
N	0.97	219
P	0.54	18.2
K	3.59	230
Ca	4.97	1.32
Mg	0.98	520
Fe	0.85	0.49
Mn	0.041	0.089
Zn	0.026	0.19
Cu	0.007	0.13

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización del sitio de estudio

El experimento se desarrolló en un invernadero del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, ubicada en la carretera Santa Fe km 4, Torreón, Coahuila México. La Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Unidad Laguna se localiza en las coordenadas geográficas de 103° 25' 55" de altitud Oeste al meridiano de Greenwich y 25° 31' 11" de latitud Norte con una altura de 1123 msnm.

#### 3.2. Localización geográfica del área de estudio.

La Comarca Lagunera, se encuentra ubicada al suroeste de Coahuila y al noroeste del estado de Durango, localizándose bajo las siguientes coordenadas 101°40' y 104° 45' longitud Oeste del meridiano de Greenwich y los paralelos 24° 10' y 25° 35' de latitud Norte, teniendo además una altura promedio de 1,100 metros sobre el nivel del mar.

#### 3.3. Clima

La Comarca Lagunera, tiene un clima de tipo desértico con escasa humedad atmosférica, con una precipitación promedio de 200 a 300 mm anuales en la mayor

parte de la región, y de 400 a 500 mm en las zonas montañosas al Oeste, con una evaporación anual promedio de 2600 mm. Una temperatura media anual de 20° C, en los meses de noviembre a marzo la temperatura media mensual varía de 13.6° y 9.4° C. La humedad relativa varía en el año, en primavera tiene un valor promedio de 30.1 %, en otoño de 49.3 % finalmente en invierno un 43.1 %.

### **3.4. Acondicionamiento del invernadero**

#### **3.4.1. Características del invernadero utilizado**

Es un tipo de invernadero semicircular (Figura 4), cubierto con plástico transparente y malla sombra al 50%, con estructura metálica. Cuenta con un sistema de enfriamiento automatizado compuesto por una pared húmeda, cuatro ventiladores en el techo y dos extractores en la parte frontal. Con dimensiones de: 9 m de ancho, 23 m de largo y 4.5 m de alto; además en el interior cuenta con piso de grava.



**Figura 4.** Invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, utilizado en el presente experimento. UAAAN-UL, 2017.

#### **3.4.2. Limpieza y desinfección del invernadero**

Como medida preventiva de posibles enfermedades que se pudieran presentar en el cultivo a establecer. Se realizó una desinfección total del invernadero, con una mochila marca ARIMITSU SD-260D II de 25 L de capacidad.



**Figura 5.** Desinfección del invernadero antes de la siembra. UAAAN- UL, 2017.

### **3.4.3. Preparación de sustratos**

#### **3.4.3.1. Mezcla**

Usando como sustratos 10% de perlita, 40% de arena y 50% de composta y 100% arena.



**Figura 6.** Sustrato que serviría como medio de crecimiento. UAAAN- UL, 2017.

#### **3.4.3.2. Llenado de macetas**

La mezcla de los sustratos se colocó en bolsas de polipropileno de 20 litros de capacidad.



**Figura 7.** Llenado de macetas. UAAAN- UL, 2017.

#### **3.4.3.3. Colocación de las macetas en el invernadero.**

Las macetas fueron colocadas a 30 cm entre plantas a doble hilera, en tres bolillo. Posteriormente al sustrato a base de compost, arena de río y perlita se le aplicó un lavado para lixiviar el exceso de sales de acuerdo a la metodología de Cano *et al* (2011).



**Figura 8.** Colocación de macetas y lavado para lixiviar sales. UAAAN- UL, 2017.

### **3.5. Siembra**

La siembra se hizo de forma directa el 14 de junio del año 2016. A una profundidad de 2 cm, aproximadamente.



**Figura 9.** Siembra de los genotipos de pepino en bolsas de 20 litros de capacidad. UAAAN- UL, 2017.

### **3.6. Bacterias**

#### **3.6.1. Preparación.**

Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) utilizadas fueron: *Bacillus paralicheniformis* y *Pseudomonas lini*, pertenecientes a la colección microbiana del Laboratorio de Ecología Microbiana de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Durango, México. Para la preparación de los inóculos bacterianos, las dos cepas fueron inoculadas individualmente en medio líquido Luria Bertani y colocadas en una incubadora durante 24 h a 30 °C, con agitación de 200 revoluciones por minuto (Precisión Científica® 815®) las concentraciones bacterianas se ajustaron a  $1 \times 10^8$  UFC mL<sup>-1</sup> con buffer fosfato salino al 0.5X.

#### **3.6.2. Inoculación en el cultivo**

La inoculación de las RPCV se realizó el día 23 de junio del 2016 a los 7 días después de la emergencia de las plántulas, cuando las plántulas presentaban la primera hoja verdadera; empleando el método de inmersión, durante un periodo de

5 minutos, en una suspensión bacteriana de 4 L, a una concentración de  $1 \times 10^8$  UFC mL<sup>-1</sup>, los tratamientos testigos solo se trataron con agua destilada.



**Figura 10.** Inoculación de las bacterias *Bacillus paralicheniformis* y *Pseudomonas lini* en los genotipos de pepino con los distintos sustratos. UAAAN- UL, 2017.

### 3.7. Labores Culturales

Únicamente se realizaba la eliminación de las hojas viejas o en su defecto hojas enfermas. Cuando las plantas no podían sostenerse por sí solas fueron tutoradas con rafia (15 dds).

Para evitar abortos por altas temperaturas se regaban los pasillos del invernadero una o dos veces al día, ayudando así al sistema de enfriamiento.



**Figura 11.** Tutorado de plantas a los 15 días después de la siembra y regado de los pasillos para ayudar al sistema de enfriamiento a bajar las altas temperaturas dentro del invernadero. UAAAN- UL, 2017.

### 3.8. Riegos al cultivo

#### 3.8.1. Fertilización

En la nutrición del cultivo de pepino tanto para orgánico como para inorgánico se utilizaron las descripciones en la tabla

<b>Orgánica</b>	Te de composta	Composta Ácido cítrico (PH)
<b>Inorgánica</b>	Macros	Multi-npk (13-2-44) Fosfonitrato (33-3-00)
	Micros	Librel Mix-AI <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hierro 75g/kg</li> <li>• Cobre3g/kg</li> <li>• Manganeso 40g/kg</li> <li>• Boro 5g/kg</li> <li>• Zinc 5g/kg</li> <li>• Molibdeno 2g/kg</li> </ul>

**Cuadro 5.** Fertilización utilizada para la nutrición del cultivo de pepino, UAAAN- UL, 2017.

Se aplicó una solución nutritiva, una o dos veces por día dependiendo de las condiciones climáticas.

### 3.8.2. Preparación de la solución nutritiva.

La solución nutritiva se elaboró de acuerdo a la metodología de Aguilar y Rangel (2009) para macro y micro elementos:

Fertilizante	meq/L x peso eq	mg/L /maceta
Nitrato de amonio: $\text{NH}_4\text{NO}_3$	1.28 x 80	102
Nitrato de potasio: $\text{KNO}_3$	4.28 x 101	428
Nitrato de calcio: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1.3 x 118	153
Nitrato de magnesio: $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	3.4 x 128	435
Ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ )	1.23 x (63 x 1/1.42 x 100/70)	78
Ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )	1.6 x (98 x 1/1.6 x 100/72)	136

**Cuadro 6.** Obtención de los mg/L/maceta para macroelementos. UAAAN- UL, 2017.

Fertilizante	P eq	Densidad	Pureza
	g	g/ml	%

HNO <sub>3</sub>	63	1.42	70
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	98	1.60	72
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98	1.85	90

**Cuadro 7.** Densidad y Pureza de los Ácidos Utilizados. UAAAN- UL, 2017.

ELEMENTO	mg/L (requeridos)	FORMULA	PESO MOLECULAR	PESO ATÓMICO	mg del fertilizante /L de Sol. Nutr.
Fe	3.0	FeSO <sub>4</sub> -7H <sub>2</sub> O	278	56	<b>15.0</b>
Cu	0.2	CuSO <sub>4</sub> -5H <sub>2</sub> O	245	64	<b>0.76</b>
Mn	0.8	MnSO <sub>4</sub> -4H <sub>2</sub> O	192	55	<b>6.15</b>
Zn	0.3	ZnSO <sub>4</sub> -7H <sub>2</sub> O	287	65	<b>0.13</b>
B	0.7	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	62	11	<b>4.0</b>
Mo	0.06	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> -2H <sub>2</sub> O	242	96	<b>0.10</b>

**Cuadro 8.** Calculo para los microelementos. UAAAN- UL, 2017.

**mg del fertilizante /L de Sol. Nutr. = [100 / (PA / PM x 100)] x mg/L requeridos**

Considerando lo anterior, la solución nutritiva queda de la siguiente manera:

### **Macroelementos**

Nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )= (102 mg/L /maceta) (72 macetas)= 7344 mg=**7.3 gr**

Nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ )= (428 mg/L /maceta) (72 macetas)= 30816 mg= **30.8 gr**

Nitrato de calcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )= (153 mg/L /maceta) (72 macetas)= 11016  
mg= **11 gr**

Nitrato de magnesio ( $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )= (435 mg/L /maceta) (72 macetas)=31320  
mg= **31.3 gr**

### **Microelementos**

Ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ )= (78 mg/L /maceta) (72 macetas)= 5616 mg= **5.6 gr**

Ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )= (136 mg/L /maceta) (72 macetas)= 9792 mg= **9.7 gr**

100%/ 7.5% de Hierro= 13.3

(15 mg/L /maceta) (13.3)= 199.5 mg (72 macetas)= 14364 mg= **14.3 gr**

### **3.8.3. Preparación de la solución orgánica**

El té de Composta se elaboró de acuerdo a la metodología de Ingham (2005), con algunas modificaciones, como se describe a continuación: en un tambo de 200 litros se colocaron 100 litros de agua y se generó turbulencia durante 30 minutos con una bomba de aire. Por separado, se colocaron 8 kg de Composta en una bolsa de plástico tipo red y se introdujo en un recipiente de 20 litros con agua durante cinco minutos para lavar el exceso de sales. Luego se colocó la bolsa con la composta dentro del tanque con agua previamente aireada. Finalmente, se

agregaron 80 g de piloncillo como fuente de carbono soluble, la mezcla se dejó fermentar por 24 h con la bomba de aire encendida. Se aplicaron 1 Lt de té de composta a cada maceta con este tratamiento.



**Figura 12.** Riego y fertilización de las variedades de pepino, solución nutritiva convencional para tratamientos inorgánicos y Té de compost para tratamientos orgánicos. UAAAN- UL, 2017.

### 3.9. Control de Plagas y Enfermedades

A los inicios del cultivo se colocaron trampas amarillas como atrayentes de trips y mosca blanca, los cuales no se presentaron durante todo el cultivo. El pulgón (*Aphis goosypi sulz*) como plaga predominante durante el desarrollo del cultivo se controló con insecticidas orgánicos, como son el extracto de Cinna Neem (*A. indica* y *C. zeylanicum*) como concentrado emulsionante 55.0% y 15.0%, con dosis de 2-2.5 ml/L de agua cada vez que había incidencia de pulgones.



**Figura 13.** Aplicación de insecticidas orgánicos de manera preventiva y curativa. UAAAN- UL, 2017.

### 3.10. Cosecha

La cosecha se realizó cada tercer día aproximadamente o bien cuando los frutos por planta presentaban ciertos indicadores de cosecha para cada genotipo y la forma de identificar que un fruto estaba listo para la cosecha eran el desprendimiento de la flor o ausencia de espinas.



**Figura 14.** Cosecha de frutos de pepino. UAAAN- UL, 2017.

### **3.11. Genotipos de pepino a evaluar**

Los genotipos utilizados son:

Genotipo 1(G1): Esparon rukzwan.

Genotipo 2 (G2): Parth 544 slicer.

Genotipo 3 (G3): Parth 552 slicer.

### **3.12. Diseño experimental.**

El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar, con un arreglo trifactorial, donde el factor “A” corresponderá a dos sustratos de estudio, el factor “B” lo conformaron los tres genotipos de pepino y el factor “C” serán las dos PGPR además un testigo (cuadro 9), resultando  $2 \times 3 \times 3 \times 4 = 72$  unidades experimentales. La unidad experimental estará compuesta por una maceta, con una planta por maceta y de lo cual serán 4 macetas por tratamiento.

### **3.13. Tratamientos de estudio.**

**Cuadro 9.** Descripción de los tratamientos utilizados. UAAAN- UL, 2017.

Factor A Sustrato	Factor B Genotipo	Factor C Rizobacteria
Arena (100%) + Solución nutritiva	Esparon rukzwan Parth 544 slicer Parth 552 slicer	Sin inocular
10% de perlita, 40% de arena de río y 50% de composta.		<i>Bacillus paralicheniformis</i>
+ Té de composta		<i>Pseudomonas lini</i>

### 3.14. Variables evaluadas.

Se tomaron 4 plantas al azar, en la fase de crecimiento y desarrollo, para determinar los aspectos biométricos como la longitud del tallo, frutos por planta, peso total, peso por fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, firmeza, sólidos solubles y rendimiento en ton/ha durante el ciclo del cultivo.

#### 3.14.1. Altura de la planta

Se realizaron muestreos semanalmente, midiendo la planta desde el suelo hasta el ápice de crecimiento; para lo cual se tomaron 4 plantas. La toma de datos se realizó a partir de los 20 DDS hasta los 82 días DDS, ya que por ser una planta enredadera se dificultó realizar la medición en el resto de las semanas.

#### 3.14.2. Número frutos por planta

Se realizó un muestreo en cada una de los tratamientos desde el primer corte. Se tomaron 4 plantas por tratamiento y se tomaron el número de frutos por planta seleccionadas, durante el ciclo del cultivo.

#### **3.14.3. Peso del fruto**

Los frutos cosechados se pesaron de manera individual, sobre una balanza digital.

#### **3.14.4. Diámetro polar del fruto**

Se tomaron el total de frutos cosechados y se midió la longitud del mismo utilizando una cinta métrica o regla.

#### **3.14.5. Diámetro ecuatorial del fruto**

Se tomaron el total de frutos cosechados y se les midió el diámetro en la parte central con un vernier.

#### **3.15. Herramientas de Medición.**

Para tomar los datos de algunas variables como la altura, diámetro polar y ecuatorial, peso, sólidos solubles totales (°brix) y firmeza, se utilizaron los siguientes materiales: vernier, báscula de precisión marca VOLKE SF-400, cuchillo, regla milimétrica, refractómetro y penetrometro marca Qa SUPPLIES FT 327.

#### **3.16. Análisis estadístico.**

Para el presente trabajo los datos fueron ordenados y analizados bajo un diseño del experimento completamente al azar con cuatro repeticiones y un diseño de tratamientos trifactorial, cuando se encontraron diferencias significativas se realizó una comparación entre medias utilizando la diferencia mínima significativa

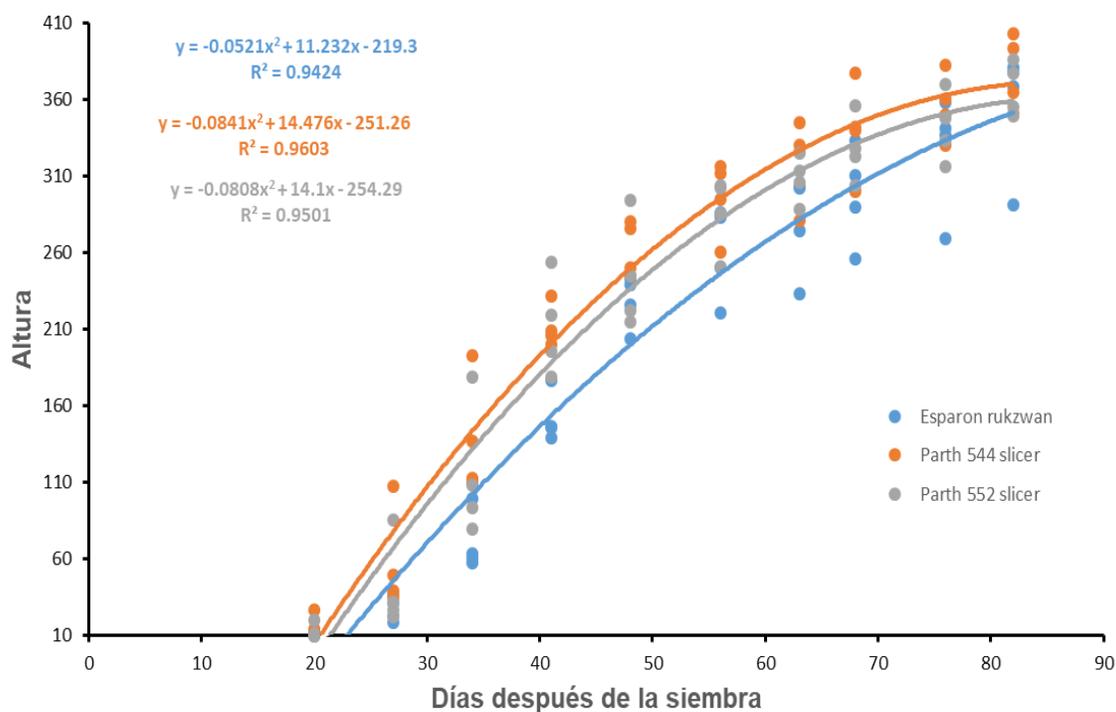
(DMS) al 5% y 1%. Los análisis de varianza se llevaron a cabo mediante el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) versión, 6.12.

#### **IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4.1. Desarrollo vegetativo

### 4.1.1. Altura de las plantas

Se tomó la altura a cuatro plantas, a partir de los 20 días después de la siembra (DDS) hasta los 82 días DDS. En las Figuras 15 y 16, se muestran los resultados obtenidos para esta variable. Donde se puede observar la dinámica de crecimiento de los genotipos en los sistemas de producción convencional y orgánica sin inoculación de rizobacterias. Para el sistema convencional en el crecimiento de los genotipos se observa una mayor respuesta para Parth 544 slicer como se muestra en el Cuadro 10, donde la ecuación  $y = -0.0841x^2 + 14.476x - 251.26$  reporta que a los 80 DDS alcanzó una altura de 368.58 cm.

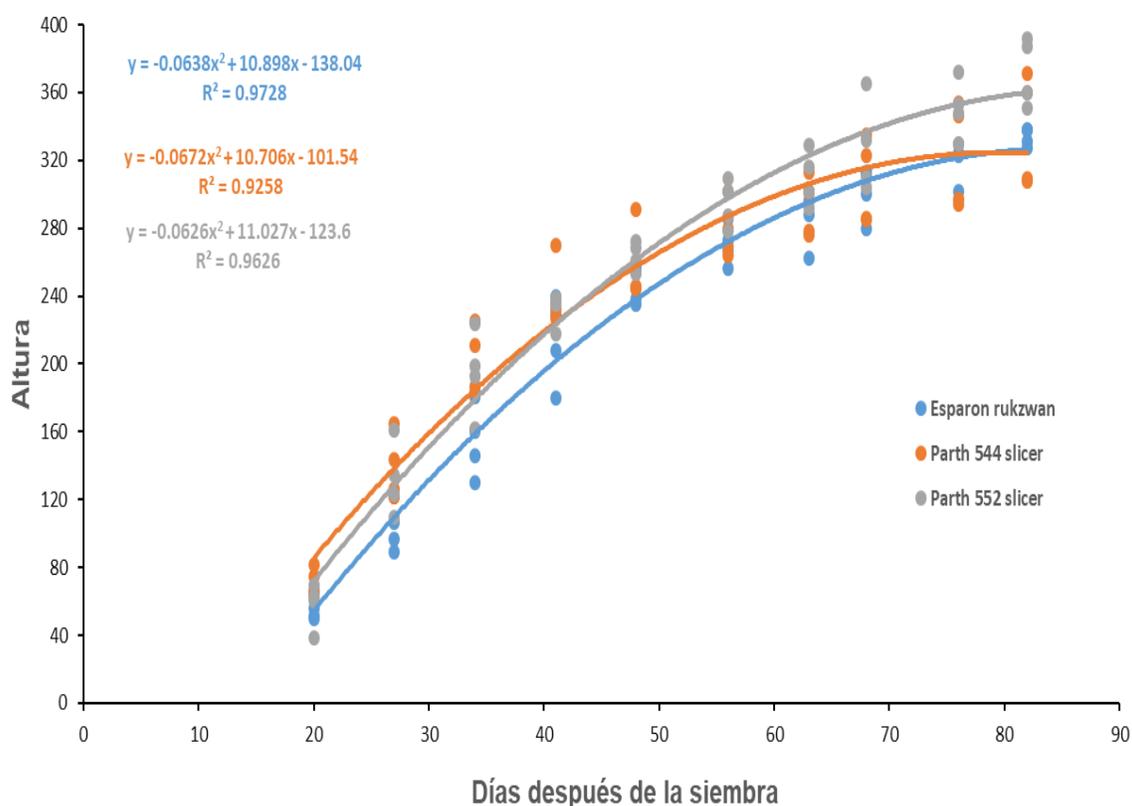


**Figura 15.** Efecto de la fertilización convencional sin inoculación sobre la altura de tres genotipos de pepino. UAAAN-UL. 2017.

**Cuadro 10.** Altura de los genotipos de pepino a los 40, 60 y 80 días después de la siembra en producción convencional sin inoculación. UAAAN-UL, 2017.

Genotipo	Ecuación	Altura (cm)		
		40	60	80
Esparon rukzwan	$y = -0.0521x^2 + 11.232x - 219.3$	146.62	267.06	345.82
Parth 544 slicer	$y = -0.0841x^2 + 14.476x - 251.26$	193.22	314.54	368.58
Parth 552 slicer	$y = -0.0808x^2 + 14.1x - 254.29$	180.43	300.83	356.59

Por otra parte, en la producción orgánica (figura 13) se observa mayor respuesta por Parth 552 slicer, como se muestra en el Cuadro 11, donde la ecuación  $y = -0.0626x^2 + 11.027x - 123.6$  reporta que a los 80 DDS alcanzó una altura de 357.92 cm.



**Figura 16.** Efecto de la fertilización orgánica sin inoculación sobre la altura de tres genotipos de pepino. UAAAN-UL. 2017.

**Cuadro 11.** Altura de los genotipos de pepino a los 40, 60 y 80 días después de la siembra en producción orgánica sin inoculación. UAAAN-UL, 2017.

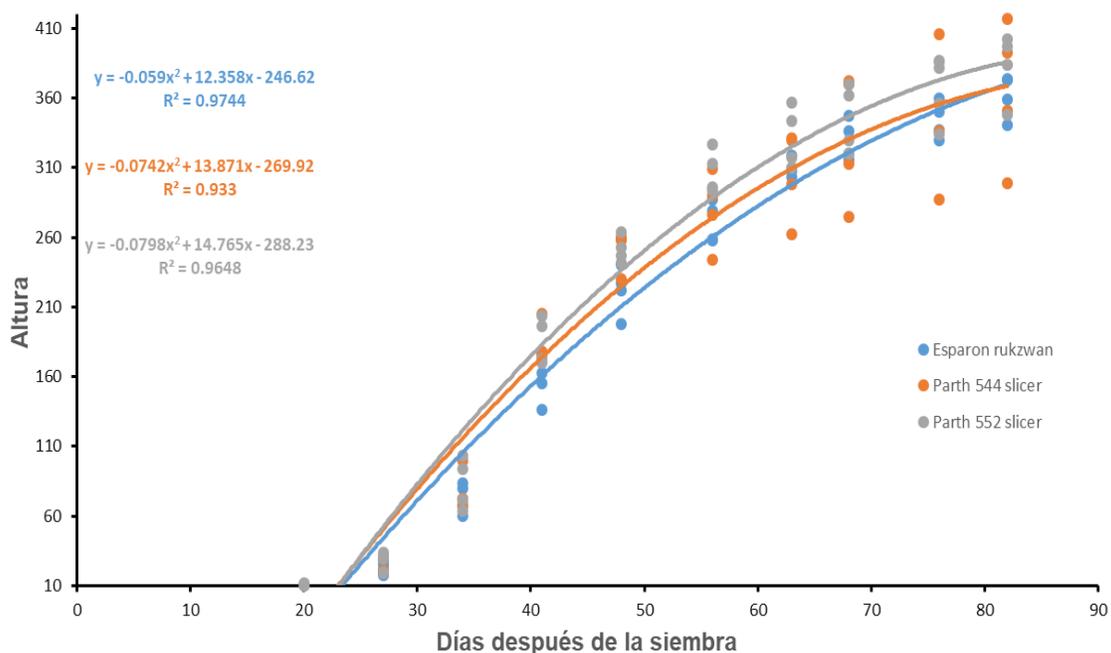
Genotipo	Ecuación	Altura (cm)		
		40	60	80
<b>Esparon rukzwan</b>	$y = -0.0638x^2 + 10.898x - 138.04$	195.8	286.16	325.48
<b>Parth 544 slicer</b>	$y = -0.0672x^2 + 10.706x - 101.54$	219.18	298.9	324.86
<b>Parth 552 slicer</b>	$y = -0.0626x^2 + 11.027x - 123.6$	217.32	312.66	357.92

En el estudio realizado por Galindo *et al* (2014) sobre caracterización físico-química de sustratos orgánicos con la Variedad Hisham 1110-EZ de pepino, reporto que el tratamiento testigo (arena + solución nutritiva) alcanzó la mayor altura (211 cm), superando por 26 cm al tratamiento de vermicompost que alcanzó un valor de 185 cm, lo cual están por debajo a los resultados obtenidos en el presente estudio en ambos sistemas de producción.

Los resultados obtenidos no coinciden con lo obtenido por Galindo *et al* (2014), por consiguiente se puede afirmar que la fertilización orgánica posee el potencial para desarrollar plantas de pepino bajo condiciones de invernadero. Lo cual se pudieron deber a los contenidos de elementos nutritivos disponibles y a la naturaleza de sus comunidades microbianas.

Cabe mencionar que a los 40 días se presentó mayor respuesta para esta variable con la fertilización orgánica en los tres genotipos evaluados, lo cual no continuó así, ya que para los 60 y 80 días después de la siembra se observaron mejores respuestas en la fertilización inorgánica sin inocular; datos que se comparan con los obtenidos por Galindo *et al* (2014).

Para el efecto de las rizobacterias en el desarrollo vegetativo de los diferentes genotipos tanto en producción convencional y orgánica. En las figuras 17 y 18 se muestran dichos efectos, en este caso con la aplicación de *Bacillus paralicheniformis*, en lo cual se muestra mayor expresión para esta variable en el sistema convencional como se describen en el Cuadro 12, donde el genotipo parth 552 slicer muestra mayor respuesta en las diferentes fechas de muestreo, obteniendo una altura máxima de 382.25 cm, en comparación con los demás genotipos con la aplicación de dicha rizobacteria.

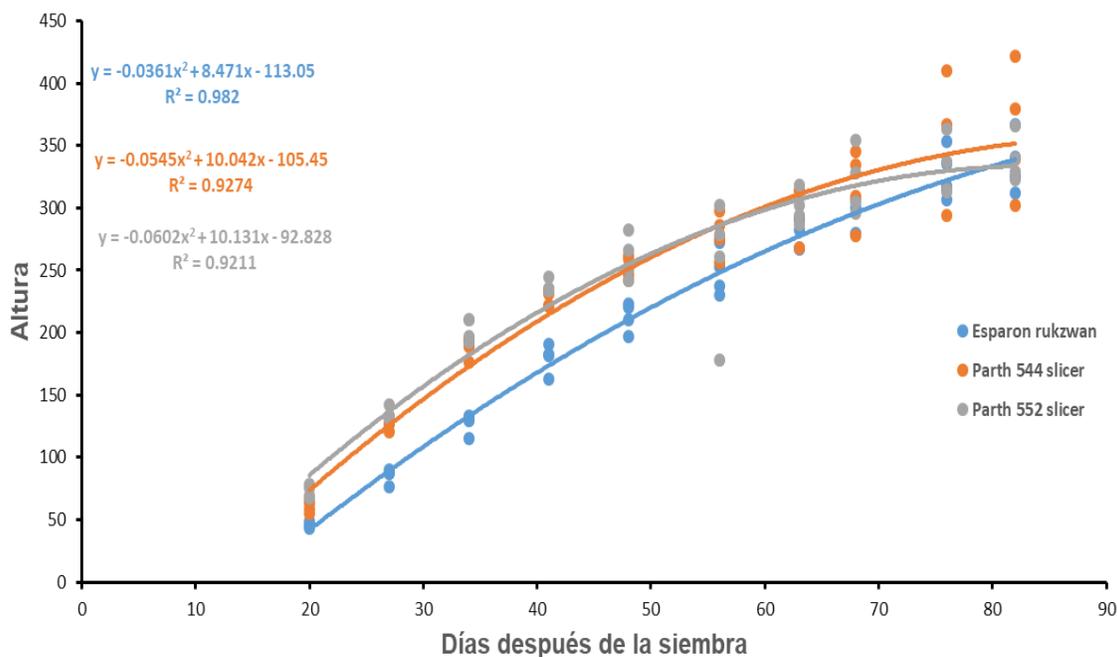


**Figura 17.** Altura de los genotipos de pepino evaluados con fertilización convencional y la aplicación de *Bacillus paralicheniformis*. UAAAN-UL, 2017.

**Cuadro 12.** Altura de los genotipos de pepino a los 40, 60 y 80 días después de la siembra (DDS) en producción convencional y aplicación de *Bacillus paralicheniformis*. UAAAN-UL, 2017.

Genotipo	Ecuación	Altura (cm)		
		40	60	80
Esparon rukzwan	$y = -0.059x^2 + 12.358x - 246.62$	153.3	282.46	364.42
Parth 544 slicer	$y = -0.0742x^2 + 13.871x - 269.92$	166.2	295.22	364.88
Parth 552 slicer	$y = -0.0798x^2 + 14.765x - 288.23$	174.69	310.39	382.25

En la figura 15 se muestra la efectividad de la rizobacteria *Bacillus paralicheniformis* en la promoción del crecimiento en pepino bajo un sistema de producción orgánica, siendo el genotipo Parth 544 slicer quien presento la mayor respuesta en comparación con los demás genotipos, alcanzando una altura de 349.11 cm a los 80 días después de la siembra.



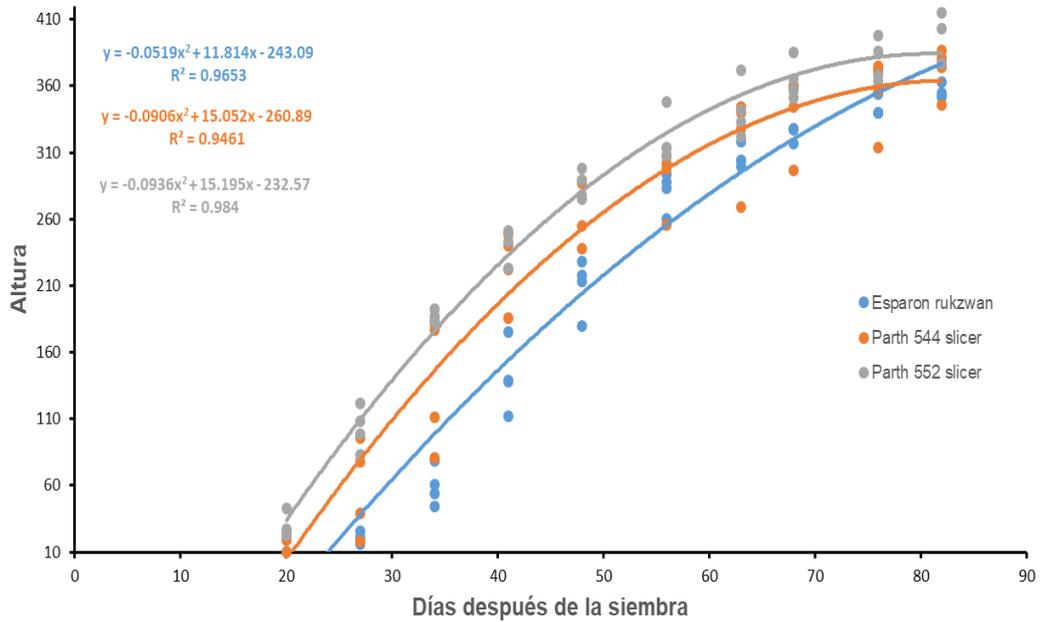
**Figura 18.** Altura de los genotipos de pepino evaluados con producción orgánica y la aplicación de *Bacillus paralicheniformis*. UAAAN-UL, 2017.

**Cuadro 13.** Altura de los genotipos de pepino a los 40, 60 y 80 días después de la siembra en producción orgánica y la aplicación de *Bacillus paralicheniformis*. UAAAN-UL, 2017.

Genotipo	Ecuación	Altura (cm)		
		40	60	80
Esparon rukzwan	$y = -0.0361x^2 + 8.471x - 113.05$	168.03	265.25	333.59
Parth 544 slicer	$y = -0.0545x^2 + 10.042x - 105.45$	209.03	300.87	349.11
Parth 552 slicer	$y = -0.0602x^2 + 10.131x - 92.828$	216.092	298.312	332.372

En el cuadro 13 muestra que los genotipos Parth 544 slicer y Parth 552 slicer tienen similar altura a los 40, 60 y 80 días después de la siembra, sin embargo se observa menor desarrollo por parte del genotipo Esparon rukzwan.

En las figuras 19 y 20 se muestra el efecto de la rizobacteria *Pseudomonas lini* en producción convencional y orgánica, donde se observa claramente que en el sistema de producción convencional se obtienen mayores respuestas para crecimiento vegetativo, en el Cuadro 14 se observa al genotipo Parth 552 slicer con ecuación  $y = -0.0936x^2 + 15.195x - 232.57$  obteniendo una altura de 383.99 cm a los 80 DDS, en la figura 16 se observa que dicho genotipo parara su crecimiento, por otra parte el genotipo Esparon rukzwan con ecuación  $y = -0.0519x^2 + 11.814x - 243.09$  se observa que continuara con su crecimiento lo cual servirá para alargar su ciclo productivo.



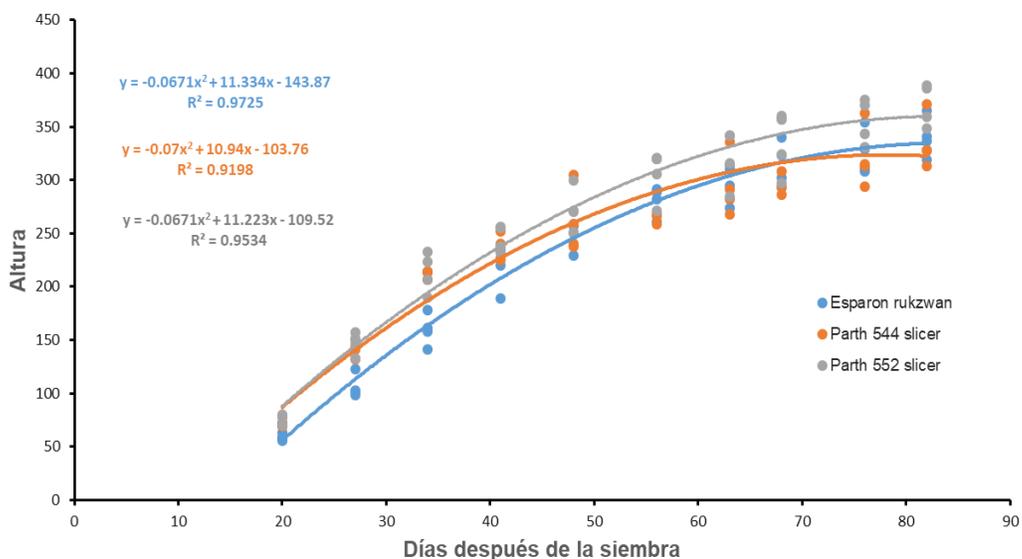
**Figura 19.** Altura de los genotipos de pepino evaluados con fertilización convencional y la aplicación de *Pseudomonas lini*. UAAAN-UL. 2017.

**Cuadro 14.** Altura de los genotipos de pepino a los 40, 60 y 80 días después de la siembra en producción convencional y la aplicación de *Pseudomonas lini*. UAAAN-UL, 2017.

Genotipo	Ecuación	Altura		
		40	60	80
<b>Esparon rukzwan</b>	$y = -0.0519x^2 + 11.814x - 243.09$	146.43	278.91	369.87
<b>Parth 544 slicer</b>	$y = -0.0906x^2 + 15.052x - 260.89$	196.23	316.07	363.43
<b>Parth 552 slicer</b>	$y = -0.0936x^2 + 15.195x - 232.57$	225.47	342.17	383.99

El Cuadro 14 se observa una mayor respuesta por el genotipo Parth 552 slicer durante todo el ciclo del cultivo, sin embargo; los genotipos Esparon rukzwan y Parth 544 slicer presentan una menor altura, los cuales a los 80 días mostraron una altura similar.

En la figura 20 se muestra la dinámica de crecimiento para los genotipos evaluados en producción orgánica con la aplicación de *Pseudomonas lini*, donde se observa mayor respuesta por el genotipo Parth 552 slicer con 358.88 cm a los 80 días después de la siembra y una mínima por parte del genotipo Parth 544 slicer con 323.44 cm, respectivamente (Cuadro 15).



**Figura 20.** Altura de los genotipos de pepino evaluados con producción orgánica y la aplicación de *Pseudomonas lini*. UAAAN-UL, 2017.

**Cuadro 15.** Altura de los genotipos de pepino a los 40, 60 y 80 días después de la siembra en producción orgánica y la aplicación de *Pseudomonas lini*. UAAAN-UL, 2017.

Genotipo	Ecuación	Altura		
		40	60	80
<b>Esparon rukzwan</b>	$y = -0.0671x^2 + 11.334x - 143.87$	202.29	294.97	334.05
<b>Parth 544 slicer</b>	$y = -0.07x^2 + 10.94x - 103.76$	221.84	300.64	323.44
<b>Parth 552 slicer</b>	$y = -0.0671x^2 + 11.223x - 109.52$	232.04	322.3	358.88

En los cuadros 14 y 15 se observa claramente que los genotipos manifiestan un mayor desarrollo en las primeras fases de crecimiento, para este caso a los 40 días después de la siembra se manifiesta en la producción orgánica, mientras que estos mismos genotipos tuvieron una mayor respuesta con el sistema inorgánico a partir de los 60 y 80 días después de la siembra.

En cuanto a la inoculación con rizobacterias en el cultivo de pepino en los sistemas de producción convencional y orgánica no expresaron los mismos resultados obtenidos por Mancilla *et al* (2017) lo cual observaron que la inoculación de rizobacterias promueve crecimiento de plántulas en chile poblano, con lo que se obtienen ejemplares de mayor calidad. Por igual Angulo-Castro *et al* (2017) observaron en plantas de pimiento Bell Pepper inoculadas con: *Pseudomonas tolaasii*; *Pseudomonas tolaasii*; *Pseudomomas sp.*; *Paenibacillus sp.*; donde menciona que mostraron mayor altura ( $p \leq 0,05$ ) con respecto al testigo y al testigo fertilizado. Por otra parte el mismo autor señala que en chile jalapeño, la inoculación con bacterias no produjo efectos significativos en la altura en comparación con el testigo y el testigo fertilizado.

## 4.2. Variables evaluadas

En el Cuadro 16 se presentan las variables evaluadas de rendimiento y calidad y la significancia a través de los efectos de sustratos, genotipos, inoculantes

FUENTE DE VARIACIÓN.							
Variable	Sust.	Gen.	Inoc.	S x G	Sust. x Inoc	G x I	S x G x I
Numero de frutos	NS <sup>1</sup>						
Peso total	* <sup>2</sup>	NS <sup>1</sup>					
Peso/fruto	*	NS <sup>1</sup>					
RTha	** <sup>3</sup>	NS <sup>1</sup>					
D. Polar	*	**	NS <sup>1</sup>	NS <sup>1</sup>	*	NS <sup>1</sup>	NS <sup>1</sup>
D. Ecuatorial.	NS <sup>1</sup>	**	NS <sup>1</sup>				
Firmeza	NS <sup>1</sup>	*	NS <sup>1</sup>				
S. Solubles	NS <sup>1</sup>	*					

y sus interacciones. Los análisis de varianza se presentan en el apéndice, del Cuadro 1A al Cuadro 8A. En lo sucesivo se presentaran y discutirán únicamente los efectos que fueron significativos.

**Cuadro 16.** Variables estudiadas así como la significancia para los efectos estudiados: sustratos, genotipos, inoculantes y sus interacciones. UAAAN-UL. 2017.

<sup>1</sup> NS=No Significativo, <sup>2</sup>\*=Significativo al .05 y <sup>3</sup>\*\*=Significativo al .01

### 4.2.1. Número de frutos por planta.

El análisis de los resultados no detecto diferencia significativa para ninguno de los efectos estudiados (Cuadro 1A). La media general fue de 5.3 frutos por planta

con un  $CV=28.73$ . El alto coeficiente de variación observado es sin duda una de las causas a la falta de significancia para los factores estudiados. En este caso concuerdan con los datos reportados por Marcano (2012) quien señala no se encontró diferencias significativas en el número de frutos de la planta pepino.

Sin embargo, a continuación se mencionan las medias, encontrando al sistema inorgánico con una media de 5.7 frutos por planta y dentro del sistema orgánico, tuvieron una respuesta similar, con una media de 5.03 frutos por planta. Considerando así que podemos producir orgánicamente, quizás con menos frutos pero con la misma calidad que el mercado demanda y convirtiendo esto en una alternativa para la producción agrícola.

Por su parte Viadez (2001), que cita a Serrano (1979), indica que inicialmente se permite el crecimiento de 5 a 6 frutos/planta y los frutos posteriores se deben eliminar, esto con el fin de tener frutos de calidad y mayor tamaño. Hay varias formas de tener frutos de buen tamaño y con una mejor presentación realizando podas y dejar solamente una cierta cantidad de frutos hasta la cosecha.

Por otra parte investigaciones realizadas por (Ortiz *et al.*, 2009) consideraron que la variable número de frutos y el área foliar por planta son los caracteres más relacionados con el rendimiento por planta.

#### **4.2.2. Peso Total de frutos por planta**

El análisis de varianza detecto diferencias significativas únicamente para la interacción entre sistemas de producción inorgánico vs orgánico, siendo no significativos para las demás interacciones (Cuadro 2A). La media general para la variable de peso total fue de 1897.153 gr por planta con un  $CV=34.65$ . Dado que las interacciones fueron significativas se interpretan las medias de interacción. En el caso del sistema inorgánico se tiene una media promedio de 2113.4 gr por planta. Y dentro del sistema orgánico se obtiene una media promedio de 1680.9 gr por planta (Cuadro 17), encontrando una diferencia para esta variable entre el sistema inorgánico vs orgánico de 432.5 gr.

Rivera (2013) en su estudio reporta como la menor producción en Kg/planta de 6.3624 y como la máxima producción de 9.2082, encontrando una diferencia de 2.8458 kg en pepino c.v. primavera aplicando 10 ml de una solución inoculante directamente en el suelo, resultados que no concuerdan con los datos obtenidos en el presente experimento tanto en el sistema inorgánico como en el orgánico. Dicha diferencia para esta variable se debe a las concentraciones de los inoculantes, el medio donde se desarrolló el cultivo, variedad y fecha de establecimiento.

**Cuadro 17.** Valores promedio para la variable peso total de frutos por planta en los sustratos, genotipos y rizobacterias sobre los genotipos de pepino. UAAAN-UL.2017.

Sustrato	Media (gr)
<b>100 Arena + SN</b>	2113.4 a
<b>50% compost + 40% arena + 10% perlita</b>	1680.9 b
<b>DMS (0.05) =</b>	310.7

#### 4.2.3. Peso de frutos por planta

En esta variable el análisis estadístico detecto diferencias significativas únicamente para la interacción entre sistemas de producción inorgánico vs orgánico (Cuadro 3A). Dado que la interacción fue significativa se interpretan las medias de interacción.

Rivera (2013) en su estudio reporta frutos de 366 gr, dato que es ligeramente superado en el presente experimento donde se obtuvieron frutos con un máximo de 368.01 gr para el sistema convencional, donde interactuó el sustrato arena + solución nutritiva en los genotipos esparon rukzwan, parth 544 slicer y parth 552 slicer, datos que no son superados por el sistema orgánico donde se obtuvieron valores de 336.67 gr (cuadro 18). A lo cual podemos agregar que con el sistema de producción orgánico y dentro de él la aplicación de biofertilizantes, podemos alcanzar frutos de mejor peso, siendo lo anterior una excelente alternativa a la agricultura moderna.

**Cuadro 18.** Valores promedio de la variable de peso de fruto por planta para el efecto de sustratos, genotipos y rizobacterias sobre los genotipos de pepino. UAAAN-UL.2017.

Sustrato	Media (gr)
<b>100 Arena + SN</b>	368.01 a
<b>50% compost + 40% arena + 10% perlita</b>	336.67 b
<b>DMS (0.05) =</b>	30.32

#### 4.2.4. Rendimiento total de pepino

Para esta variable el análisis estadístico detecto diferencia altamente significativa para la interacción, sistemas de producción inorgánico vs orgánico (Cuadro 4A). Dado que la interacción fue significativa se interpretan las medias de interacción. En el caso del sistema inorgánico tenemos una media de 44.031 ton/ha, mientras que dentro del grupo de los tratamientos del sistema orgánico tenemos una media de 35.008 ton/ha (Cuadro 19). Los resultados obtenidos están por debajo de lo obtenido por Té E. (2008) en su estudio de producción orgánica de tres variedades de pepino bajo condiciones de invernadero, en el cual encontró rendimientos promedio para las variedades; Kalunga con 11.879 kg/m<sup>2</sup>, saber con 10.952 kg/m<sup>2</sup> y primavera con 10.602 kg/m<sup>2</sup>, respectivamente, con manejo convencional. De igual manera los valores obtenidos por López-Elías et al (2011) donde reporto un rendimiento de máximo de 18.5 kg/m<sup>2</sup>.

**Cuadro 19.** Valores promedio para la variable rendimiento total para el efecto de sustratos, genotipos y rizobacterias sobre los genotipos de pepino. UAAAN-UL.2017.

Sustrato	Media (ton/ha)
<b>100 Arena + SN</b>	44.031 a
<b>50% compost + 40% arena + 10% perlita</b>	35.008 b
<b>DMS (0.05) =</b>	6.472

### 4.3. Calidad del fruto

#### 4.3.1. Diámetro polar

En esta variable el análisis estadístico detecto diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre genotipos, fluctuando de 21.729 a 23.170 cm respectivamente, no observándose diferencias significativas entre los demás efectos estudiados (Cuadro 5A). Como se observa en el Cuadro 20, el diámetro polar del fruto se obtuvo una mejor respuesta en el genotipo Esparon rukzwan con 23.170 cm, mientras que Parth 544 slicer con 21.729 cm, presentó el menor respuesta a esta variable. Lo anterior coincide con el estudio en híbridos de pepino americano bajo condiciones de invernadero realizado por López *et al* (2011) quienes reportan una longitud del pepino americano de 22.5 a 23.5 cm respectivamente.

Por otra parte estudios realizados por Té (2008) en variedades de pepino, mencionan que la longitud del pepino americano fluctúa entre 20 y 25 cm, no siendo menor de 15 cm (USDA, 1997).

**Cuadro 20.** Valores promedio de la variable diámetro polar de frutos para el efecto de genotipos de pepino sobre los sustratos orgánicos e inorgánicos. UAAAN-UL.2017.

Genotipos	Media (cm)
Esparon rukzwan.	23.170 a
Parth 552 slicer.	22.308 b
Parth 544 slicer.	21.729 c
DMS (0.05) =	0.548

#### 4.3.2. Diámetro ecuatorial

En esta variable el análisis estadístico detecto diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre genotipos, no observándose diferencias significativas entre los demás efectos estudiados (Cuadros 6A). Como se observa en el Cuadro 21, el diámetro mayor de fruto se obtuvo en el genotipo Parth 544 slicer con 5.050 cm, mientras que Esparon rukzwan, con 4.520 cm, presentó el menor diámetro, resultados que coinciden con el estudio realizado por Té (2008), quien encontró un diámetro promedio de 5,1 cm en pepino americano. No debiendo este pasar de los 6,0 cm (USDA, 1997). Por su parte López (2003) describe que el diámetro del fruto

del pepino puede variar de 3 cm a 6 cm, la cosecha de los frutos se recomienda antes de que alcance diámetros de 5.5 cm, sin signos de amarillamiento y cuando los frutos tienden a desprender sus espinas falsas.

Por otra parte, Jasso-Chaverria *et al.* (2005) encontraron un diámetro de fruto de 4.4 cm, lo cual es inferior a lo obtenido en la presente investigación. Además, Shaw *et al.* (2000) informaron que para Kalunga esta característica osciló entre 4.3 y 4.6 cm, lo que representa un resultado inferior al encontrado en el presente trabajo.

**Cuadro 21.** Valores promedio de la variable diámetro ecuatorial de frutos para el efecto de genotipos de pepino sobre los sustratos orgánicos e inorgánicos. UAAAN-UL.2017.

Genotipos	Media (cm)
Parth 544 slicer.	5.050 a
Parth 552 slicer.	4.979 a
Esparon rukzwan.	4.520 b
DMS (0.05) =	0.194

#### 4.3.3. Firmeza

El análisis de varianza detecto diferencias significativas únicamente para el factor sustrato, siendo no significativos para los otros efectos (Cuadro 7A). La media general para la variable de firmeza fue de 4.85 kg con un CV=13.21.

Una de las consecuencias de la poca firmeza de los frutos de pepino, como ocurrió en los efectos estudiados donde el análisis de los resultados no detecto diferencia significativa para la mayoría de los casos (Cuadro 22), es la rápida pérdida de calidad visual y sensorial, manifestada en primera instancia en marchitamiento (Suslov y Cantwell, 2012; Moreno *et al.*, 2013), así como alta susceptibilidad a pudriciones, amarillamiento y deshidratación, las cuales se caracterizan por el desarrollo de tejido esponjoso y menor turgencia, debido a la mayor pérdida de agua de las células por transpiración, producto de la plasmólisis y la menor acumulación de azúcares en las paredes celulares (Verheul *et al.*, 2013).

**Cuadro 22.** Valores promedio de la variable firmeza de frutos para el efecto de genotipos de pepino sobre los sustratos orgánicos e inorgánicos. UAAAN-UL.2017.

Genotipos	Media (Kg)
<b>Esparon rukzwan.</b>	5.108 a
<b>Parth 552 slicer.</b>	4.758 ab
<b>Parth 544 slicer.</b>	4.679 b
<b>DMS (0.05) =</b>	0.370

#### 4.3.4. Sólidos solubles totales

El análisis estadístico no detectó diferencia significativa para ninguno de los efectos estudiados (Cuadro 8A). La media general fue de 3.53 de sólidos solubles por fruto con un CV=10.26. Muy (2004) señala que los pepinos no se caracterizan por mostrar valores altos de °Brix, lo anterior se pudiera deber que a través de la recolección, la transpiración y respiración continúan; el descenso de los valores, previos a la pérdida de calidad comercial, puede estar relacionado con cambios en la velocidad respiratoria, y por consiguiente de la degradación oxidativa de los azúcares (Wills *et al.*, 1998).

## V.CONCLUSIONES

No hubo respuesta del cultivo de pepino a la inoculación de rizobacterias para ninguno de los efectos estudiados sobre el rendimiento y calidad. Sin embargo para la altura de planta se observaron mejores respuestas en el sistema convencional para el genotipo Parth 544 Slicer, Parth 552 Slicer con la rizobacteria *Bacillus paralicheniformis* y Esparon rukzwan con la rizobacteria *Pseudomonas lini*.

Por otra parte en el sistema orgánico se obtuvo mayor altura con el genotipo Parth 552 Slicer y la rizobacteria *Pseudomonas lini*.

## VI.RECOMENDACIONES

Conociendo que las rizobacterias utilizadas en este experimento, por separado, fueron excelentes promotoras de crecimiento vegetal pero no en la calidad del fruto y el rendimiento del cultivo, valdría la pena inclinar siguientes investigaciones a:

- ✓ Mezclar con otras rizobacterias benéficas para determinar si hay alguna posibilidad de mejorar las capacidades promotoras del desarrollo vegetal.

- ✓ Determinar si existe alguna interacción entre Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (RPCV) y Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) (Coinoculación).

## VII. LITERATURA CITADA

- Albareda M., Dardanelli MS., Sousa C., Megías M., Temprano F. and Rodríguez-Navarro D., 2006. Factors affecting the attachment of rhizospheric bacteria to bean and soybean roots. *FEMS Microbiol. Lett.* 259: 67-73.
- Alpi A. y Togoni F., 1991. Cultivo en Invernadero. Ediciones Mundi- Prensa. 3a edición. Madrid, España.
- Angulo, V. C., Sanfuentes, E. A., Rodríguez, F., y Sossa, K. E., 2014. Caracterización de rizobacterias promotoras de crecimiento en plántulas de *Eucalyptus nitens*. *Revista argentina de microbiología*, 46(4), 338-347.
- Angulo-Castro, A., Ferrera-Cerrato, R., Alarcón, A., Almaraz-Suárez, J. J., Delgadillo-Martínez, J., Jiménez-Fernández, M., y García-Barradas, O., 2017. Crecimiento y eficiencia fotoquímica del fotosistema ii en plántulas de 2 variedades de *Capsicum annum* L. inoculadas con rizobacterias u hongos micorrízicos arbusculares. *Revista Argentina de Microbiología*.
- Annan H., Golding A., Zhao Y. and Dong Z., 2012. Choice of hydrogen uptake (Hup) status in legume-rhizobia symbioses. *Ecol. Evol.* 2: 2285-90.
- ASERCA. Coordinación General de Promoción Comercial y Fomento a las Exportaciones. Proyecto Descriptivo. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (SERCA). Disponible en

[http://www.aserca.gob.mx/promocion/desarrollo/Eventos\\_2015/Lists/Octubre/Attachments/61/PROYECTO\\_PMA\\_2015.pdf](http://www.aserca.gob.mx/promocion/desarrollo/Eventos_2015/Lists/Octubre/Attachments/61/PROYECTO_PMA_2015.pdf). 2015. [Consulta: 20 de julio de 2015].

Babaloba O. O., 2010. Beneficial bacteria of agricultural importance. *Biotechnol. Lett.* 32: 1559-70.

Beneduzi A, Ambrosini A. and Passaglia LMP, 2012. Plant growthpromoting rhizobacteria (PGPR): Their potential as antagonists and biocontrol agents. *Genet. Mol. Biol.* 35: 1044-51.

Berg, G., 2009. Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. *Applied microbiology and biotechnology*, 84(1), pp.11–8.

Bhattacharyya PN. and Jha DK., 2012. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 28: 1327-50.

Bonfante, P. and Requena, N., 2011. Dating in the dark: how roots respond to fungal signals to establish arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Current opinion in plant biology*, 14(4), pp.451–7.

Bordiec S., Paquis S., Lacroix H., Dhondt S., Ait Barka E., Kauffmann S., Jeandet P., Mazeyrat-Gourbeyre F., Clement C., Baillieul F. and Dorey S., 2011. Comparative analysis of defence responses induced by the endophytic plant growth-promoting rhizobacterium *Burkholderia phytofirmans* strain PsJN and the non-host bacterium *Pseudomonas syringae* pv. pisi in grapevine cell suspensions. *J Exp Bot* 62: 595-603.

Caballero-Mellado J., Martínez-Aguilar L., Paredes-Valdez G. and Estrada-de los Santos P., 2004. *Burkholderia unamae* sp. nov., an N<sub>2</sub>-fixing rhizospheric and endophytic species. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 54: 1165-72.

Caballero-Mellado J., Onofre-Lemus J., Estrada-de los Santos P. and Martínez-Aguilar L., 2007. The tomato rhizosphere, an environment rich in nitrogen-

- fixing Burkholderia species with capabilities of interest for agriculture and bioremediation. *Appl. Environ. Microbiol.* 73: 5308-19.
- Cano R., P., U. Figueroa V., J. M. Cruz M., I. A. Araiza E. y A. Moreno R., 2011. Determinación del requerimiento de lavado y fitotoxicidad en composta y sustratos para la producción en invernadero. pp. 320-334. In: M. Fortis H., E. Salazar S., J. Dimas López M. y P. Preciado R. (eds.). *Agricultura orgánica: Cuarta parte*. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo., México.
- Castillo E., A., Quarín H., S., e Iglesias C. M., 2000. Caracterización química y física de composta de lombrices elaborada a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agricultura Técnica (Chile)* 60:74-79.
- Castro-Sowinski S., Herschkovitz Y., Okon Y. and Jurkevitch E., 2007. Effects of inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria on resident rhizosphere microorganisms. *FEMS Microbiol. Lett.* 276: 1-11.
- Claassen VP, Carey JL; 2004. Regeneration of nitrogen fertility in disturbed soils using composts. *Compost Sci. y Util* 12(2): 145–152.
- Do Carmo FL., dos Santos HF., Martins EF., Van Elsas JD., Rosado AS. and Peixoto RS., 2011. Bacterial structure and characterization of plant growth promoting and oil degrading bacteria from the rhizospheres of mangrove plants. *J. Microbiol.* 49: 535-43.
- Espinoza V., J., L. Palacios E., A., Ávila S., N., Guillén T. A., De Luna P. de la R., Ortega P. R. y Murillo A. B., 2007. La ganadería orgánica, una alternativa de desarrollo pecuario para algunas regiones de México. Una revisión. *INCI* 32 (6): 385-390.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> 2014. [Consulta: 10 de octubre de 2017].

- Fernández-Aunión C., Hamouda TB., Iglesias-Guerra F., Argandona M., Reina-Bueno M., Nieto JJ., Aouani ME., Vargas C., 2010. Biosynthesis of compatible solutes in rhizobial strains isolated from *Phaseolus vulgaris* nodules in Tunisian fields. BMC Microbiol 10: 192.
- Galindo Pardo, F. V., Fortis Hernández, M., Preciado Rangel, P., Trejo Valencia, R., Segura Castruita, M. Á., 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), 1219-1232.
- Gewin, V. 2004. Organic Faqs. Nature 428:796-798.
- Gómez A., R., Lázaro J., G., y León N. J. A., 2008. Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y de rábano (*Rhabanus sativus* L.) en huertos biointensivos en el trópico húmedo de Tabasco. Universidad y Ciencia 24 (1): 11-20
- Gómez C., M., A. Schwentesius R., R., y Gómez Tovar, L., 2006. Agricultura Orgánica en México. En: Agricultura Orgánica de México. Ed. CIESTAAM-UACH, CONACYT, SAGARPA, RAPAM, Falls Brook Centre, Soyitz. México. 194 pp. ISBN: 968-02-0273-9.
- Gómez T., L., Gómez C., M. A. y Schwentesius R., R. 1999. Producción y comercialización de hortalizas orgánicas en México. p. 121-158. In: Agricultura de exportación en tiempos de globalización, el caso de las hortalizas, flores y frutos. Gramont de C., H.; Gómez C., M. A.; González, H. y Schwentesius R., R. (eds.). CIEESTAM/Universidad Autónoma Chapingo (UACH). México, D. F.
- Gottel, N.R. et al., 2011. Distinct microbial communities within the endosphere and rhizosphere of *Populus deltoides* roots across contrasting soil types. Applied and environmental microbiology, 77(17), pp.5934–44.
- Hashemimajd K., Kalbasi M., Golchin A., and Shariatmadari, H., 2004. Comparison of vermicomposta and compost as potting media for growth of tomatoes. Journal of Plant Nutrition 27:1107-1123.

- INFOAGRO, 2017. Requerimientos edafoclimáticos en pepino. Consulta: 06 noviembre 2017. Disponible en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/pepino.htm>
- Ingham R., E. 2005. The Compost Tea Brewing Manual. 5th Edition. Soil Foodweb Inc, Corvallis, Oregon. USA. 79 p.
- Jasso-Chaverria, C., G.J. Hochmuth, R.C. Hochmuth y S.A. Sargent., 2005. Fruit yield, size, and color responses of two greenhouse cucumber types to nitrogen fertilization in perlite soilless culture. HortTechnol. 15(3), 565-571.
- Jha CK, Patel B. and Saraf M., 2012. Stimulation of growth of *Jatropha curcas* by the plant growth promoting bacterium *Enterobacter cancerogenus* MSA2. World J. Microbiol. Biotechnol. 28: 891-99.
- Kloepper JW and Schroth MN, 1978. Plant growth-promoting rhizobacteria on radishes. In Angers (ed), Proc. 4th Int. Conf. Plant Path. Bact. Vol. 2. INRA, Gibert-Clarey, Tours, France. pp. 879-82.
- López Zamora, CM., 2003. Guía técnica: Cultivo del pepino. La Libertad, SV. 44 p. (Guía técnica no. 17).
- López-Elías, J., Rodríguez, J. C., Huez, M. A., Garza, S., Jiménez, J., y Leyva, E. I.; 2011. Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda. Idesia (Arica), 29(2), 21-27.
- Lorenzo, P; 2012. El cultivo en invernaderos y su relación con el clima. Cuadernos de Estudios Agroalimentarios (CEA), (3), 23-44.
- Lugtenberg B. and Kamilova F., 2009. Plant-growth-promoting rhizobacteria. Annu. Rev. Microbiol. 63: 541-56.
- Malik DK and Sindhu SS., 2011. Production of indole acetic acid by *Pseudomonas* sp: effect of coinoculation with *Mesorhizobium* sp. Cicer on nodulation and plant growth of chickpea (*Cicer arietinum*). Physiol. Mol. Biol. Plants 17: 25-32.

- Mancilla, A. G., Suárez, J. J. A., Cerrato, R. F., Guzmán, M. D. P. R., Gaytán, O. R. T., Santos, A. T. y Garibay, R. I. A., 2017. CARACTERIZACIÓN Y SELECCIÓN DE RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO EN PLÁNTULAS DE CHILE POBLANO (*Capsicum annuum* L.). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(3), 463-474.
- Marcano, C., Acevedo, I., Contreras, J., Jiménez, O., Escalona, A., y Pérez, P., 2012. Crecimiento y desarrollo del cultivo pepino (*Cucumis sativus* L.) en la zona hortícola de Humocaro bajo, estado Lara, Venezuela. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(8), 1629-1636.
- Márquez H., C. Cano R., P. Rodríguez, D. N., 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. *Agricultura Técnica en México* Vol. 34 Núm. 1 Enero-Abril. p. 69-74.
- Moreno, D., W. Cruz., E. García, A. Ibáñez, J. Barrios y B. Barrios. 2013. Cambios fisicoquímicos poscosecha en tres cultivares de pepino con y sin película plástica. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 4(6), 909-920.
- Muñoz-Rojas J., and Caballero-Mellado J., 2003. Population dynamics of *Gluconacetobacter diazotrophicus* in sugarcane cultivars and its effect on plant growth. *Microb. Ecol.* 46: 454-64.
- Muy, D., J. Siller, J. Díaz y B. Valdés, 2004. Efecto de las condiciones de almacenamiento y el encerado en el estatus hídrico y la calidad poscosecha de pepino de mesa. *Rev. Fitotec. Mex.* 27(2), 157-165.
- Nahed T., J., Calderón P. J., Aguilar J. R., Sánchez M. B., Ruiz R. J. L., Mena Y., Castel J. M., Ruiz F. A., Jiménez F. G., López M. J., Sánchez M. G. y Salvatierra I. B., 2009. Aproximación de los sistemas agrosilvopastoriles de tres microrregiones de Chiapas, México, al modelo de producción orgánica. *Avances en Investigación Agropecuaria* 13 (1): 45-58
- Nieto–Garibay A, Murillo–Amador B, Troyo–Diéguez E, Larrinaga–Mayoral JA, García–Hernández JL; 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. *Interciencia* 27(8): 417–421.

- Ochoa-Martínez, E., Figueroa-Viramontes, U., Cano-Ríos, P., Preciado-Rangel, P., Moreno-Reséndez, A. y Rodríguez-Dimas, N., 2009. Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum mill.*) en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15(3): 245-250.
- Oldroyd, G.E.D., Harrison, M.J. & Paszkowski, U., 2009. Reprogramming plant cells for endosymbiosis. *Science (New York, N.Y.)*, 324(5928), pp.753–4.
- Oliveira ALM., Stoffels M., Schmid M., Reis VM., Baldani JI. and Hartmann A., 2009. Colonization of sugarcane plantlets by mixed inoculations with diazotrophic bacteria. *European Journal of Soil Biology* 45: 106-113.
- Ortiz, J.; Sánchez, F.; Mendoza, M. y Torres, A., 2009. Características deseables de plantas de pepino crecidas en invernadero e hidroponía en altas densidades de población. *Rev. Fitotec. Mex.* 32(4):289-294.
- Pérez C., J., 2004. Agricultura ecológica: una alternativa al desarrollo sustentable en el campo mexicano. *El Cotidiano* 20 (127): 95-100.
- Pérez V., A. y Landeros S. C., 2009. Agricultura y deterioro ambiental. *Elementos: Ciencia y cultura* 16 (73): 19-25
- Redford, A.J. et al., 2010. The ecology of the phyllosphere: geographic and phylogenetic variability in the distribution of bacteria on tree leaves. *Environmental microbiology*, 12(11), pp.2885–93.
- Rippy J., F. M. Peet M., M. Louis F., J. Nelson P., V., 2004. Plant development and harvest yield of greenhouse tomatoes in six organic growing systems. *Hortscience* 39 (2): 223-229.
- Rivera Alegría, M. E., 2013. Evaluación a la respuesta del pimiento (*Capsicum annum* L.) Variedad canon y del pepino (*Cucumis sativa* L.) Variedad primavera a la inoculación con rizobacterias (Doctoral dissertation).pág. 61
- Rives, N., Acebo, Y Hernández, A; 2007. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Perspectivas de su uso en Cuba. Cultivos Tropicales*, 28(2).

- Rodríguez M., R. y F. Jiménez D., 2002. Manejo de invernaderos, pp. 68-87: In: J.: Martínez R., D. Escobedo L., J. Martínez t. y A. Martínez R. (ed) Memorias de la XIV Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango.
- Romero F., E., 1988. Invernaderos para la Producción de Hortalizas y Flores. Folleto Técnico No. 2. CENID-RASPA- INIFAP. Gómez Palacio, Dgo. México.
- Saleem M., Arshad M., Hussain S. and Bhatti AS., 2007. Perspective of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) containing ACC deaminase in stress agriculture. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 34:635-48.
- Sánchez B. y E. Favela F., 2000. Construcción y Manejo de Invernaderos. Manual. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Unidad Laguna. Torreón, Coah. Pp. 45.
- Santi C., Bogusz D., Franche C., 2013. Biological nitrogen fixation in non-legume plants. *Ann Bot.* 111: 743-67.
- Saravanan VS., Madhaiyan M., Osborne J., Thangaraju M. and Sa T.M., 2008. Ecological occurrence of *Gluconacetobacter diazotrophicus* and nitrogen-fixing *Acetobacteraceae* members: their possible role in plant growth promotion. *Microb. Ecol.* 55: 130-40.
- Scheurell S. Mahaffee W., F., 2004. Compost tea as a container media drench for suppressing seedling damping-off caused by *pythium ultimum*. *Phytopathology.* 94: 1156-1163.
- Shaw, N.L., D.J. Cantliffe, J.C. Rodríguez, S. Taylor y D.M. Spencer. 2000. Beit Alpha cucumber: an exciting new greenhouse crop. *Proc. Flor. State Hort. Soc.* 113, 247-253.
- Stukenbrock, E.H. and McDonald, B.A., 2008. The Origins of Plant Pathogens in Agro-Ecosystems. *Annual Review of Phytopathology*, 46(1), pp.75–100.

- Suman A., Shrivastava A.K., Gaur A., Singh P. and Singh J., et al., 2008. Nitrogen use efficiency of sugarcane in relation to its BNF potential and population of endophytic diazotrophs at different N levels. *Plant Growth Regul.* 54: 1-11.
- Suslov, T. y M. Cantwell. 2012. Cucumber: Recommendations for maintaining postharvest quality. En: <http://postharvest.ucdavis.edu/pfvegetable/CucumberPhotos/>; consulta: marzo de 2014.
- Té, E., 2008. Producción orgánica de tres variedades de pepino bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ingeniería. México.
- USDA, 1997. United States Standards for grades of cucumbers. United States Department of Agriculture. Agricultural Marketing Service. Fruit and Vegetable Division. Fresh Products Branch. P. 7.
- Van Loon L.C., 2007. Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria. *Eur. J. Plant Pathol.* 119: 243-54.
- Verheul, M.J., R. Slimestad y L.R. Johnsen., 2013. Physicochemical changes and sensory evaluation of slicing cucumbers from different origins. *Europ. J. Hort. Sci.* 78(4), 176-183.
- Zamudio González B. y Félix Reyes A.; 2014. Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo invernadero en valles altos del estado de México. Metepec, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, pág.4-7.

Fuentes de variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calculada	Sig.
trat	17	63.611	3.741	1.56	0.109
Sust	1	9.388	9.388	3.92	0.053 * <sup>2</sup>
Gen	2	7.444	3.722	1.55	0.221 NS <sup>1</sup>
Inoc	2	4.777	2.388	1.00	0.376 NS <sup>1</sup>
Sust*Gen	2	13.777	6.888	2.87	0.065 NS <sup>1</sup>
Sust*Inoc	2	2.111	1.055	0.44	0.646 NS <sup>1</sup>
Gen*Inoc	4	17.888	4.472	1.86	0.130 NS <sup>1</sup>
Sust*Gen*Inoc	4	8.222	2.055	0.86	0.495 NS <sup>1</sup>
Error Exp	54	129.500	2.398		
total	71	193.111			
C.V.	28.736				

<sup>1</sup>NS=No significativo

<sup>2</sup>\*=Significativo al 5%

## VIII. APÉNDICES

**Cuadro 1A.** Análisis de varianza para la variable número de frutos de pepino en los tratamientos con sustratos, genotipos y rizobacterias. UAAAN-UL. 2017.

**Cuadro 2A.** Análisis de varianza para la variable peso total de frutos de pepino en los tratamientos con sustratos, genotipos y rizobacterias. UAAAN UL. 2017.

Fuentes de variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calculada	Sig.
trat	17	8951730.57	526572.39	1.22	0.282
Sust	1	3366580.014	3366580.014	7.79	0.007 * <sup>2</sup>
Gen	2	819374.694	409687.347	0.95	0.393 NS <sup>1</sup>
Inoc	2	798039.694	399019.847	0.92	0.403 NS <sup>1</sup>
Sust*Gen	2	402499.694	201249.847	0.47	0.630 NS <sup>1</sup>

Sust*Inoc	2	35171.528	17585.764	0.04	0.960 NS <sup>1</sup>
Gen*Inoc	4	2485985.806	621496.451	1.44	0.234 NS <sup>1</sup>
Sust*Gen*Inoc	4	1044079.139	261019.785	0.60	0.661 NS <sup>1</sup>
Error Exp	54	23341658.75	432252.94		
total	71	32293389.32			
C.V.		34.655			

<sup>1</sup>NS=No significativo

<sup>2</sup>\*=Significativo al 5%

**Cuadro 3A.** Análisis de varianza para la variable peso de frutos por planta de pepino en los tratamientos con sustratos, genotipos y rizobacterias. UAAAN-UL. 2017.

Fuentes de variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calculada	Sig.
trat	17	89076.813	5239.812	1.27	0.245
Sust	1	17684.849	17684.849	4.29	0.043 * <sup>2</sup>
Gen	2	21305.294	10652.647	2.59	0.084 NS <sup>1</sup>
Inoc	2	285.579	142.789	0.03	0.965 NS <sup>1</sup>
Sust*Gen	2	17191.328	8595.664	2.09	0.133 NS <sup>1</sup>
Sust*Inoc	2	6493.928	3246.964	0.79	0.459 NS <sup>1</sup>
Gen*Inoc	4	19859.595	4964.898	1.21	0.319 NS <sup>1</sup>
Sust*Gen*Inoc	4	6256.236	1564.059	0.38	0.822 NS <sup>1</sup>
Error Exp	54	222355.630	4117.696		
total	71	311432.444			
C.V.		18.212			

<sup>1</sup>NS=No significativo

<sup>2</sup>\*=Significativo al 5%

**Cuadro 4A.** Análisis de varianza para la variable rendimiento en Ton/ha de pepino en los tratamientos con sustratos, genotipos y rizobacterias. UAAAN-UL. 2017.

Fuentes de variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calculada	Sig.
trat	17	3886.162	228.597	1.22	0.282
Sust	1	1465.208	1465.208	7.81	0.007 * <sup>2</sup>
Gen	2	356.911	178.455	0.95	0.392 NS <sup>1</sup>
Inoc	2	346.014	173.007	0.92	0.403 NS <sup>1</sup>
Sust*Gen	2	174.030	87.015	0.46	0.631 NS <sup>1</sup>
Sust*Inoc	2	15.221	7.610	0.04	0.960 NS <sup>1</sup>
Gen*Inoc	4	1075.726	268.931	1.43	0.235 NS <sup>1</sup>
Sust*Gen*Inoc	4	453.049	113.262	0.60	0.661 NS <sup>1</sup>

Error Exp	54	10131.650	187.623
total	71	14017.812	
C.V.	34.660		

<sup>1</sup>NS=No significativo

<sup>2\*</sup>=Significativo al 5%

**Cuadro 5A.** Análisis de varianza para la variable diámetro polar de frutos de pepino en los tratamientos con sustratos, genotipos y rizobacterias. UAAAN-UL. 2017.

Fuentes de variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calculada	Sig.
trat	17	47.314	2.783	3.10	0.0008
Sust	1	3.555	3.555	3.96	0.051 <sup>*2</sup>
Gen	2	25.261	12.630	14.05	<.0001 <sup>**2</sup>
Inoc	2	0.881	0.440	0.49	0.615 NS <sup>1</sup>
Sust*Gen	2	1.880	0.940	1.05	0.358 NS <sup>1</sup>
Sust*Inoc	2	6.307	3.153	3.51	0.036 <sup>*2</sup>
Gen*Inoc	4	5.473	1.368	1.52	0.208 NS <sup>1</sup>
Sust*Gen*Inoc	4	3.953	0.988	1.10	0.366 NS <sup>1</sup>
Error Exp	54	48.545	0.898		
total	71	95.859			
C.V.	4.232				

<sup>1</sup>NS=No significativo

<sup>2\*</sup>, <sup>\*\*</sup>=Significativo al 5% y <1%, respectivamente.

**Cuadro 6A.** Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial de frutos de pepino en los tratamientos con sustratos, genotipos y rizobacterias. UAAAN-UL. 2017.

Fuentes de variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calculada	Sig.
trat	17	5.455	0.320	2.85	0.0018
Sust	1	0.013	0.013	0.12	0.7269 NS <sup>1</sup>
Gen	2	3.960	1.980	17.57	<.0001 <sup>**2</sup>
Inoc	2	0.150	0.075	0.67	0.5163 NS <sup>1</sup>
Sust*Gen	2	0.071	0.035	0.32	0.7281 NS <sup>1</sup>
Sust*Inoc	2	0.416	0.208	1.85	0.1671 NS <sup>1</sup>
Gen*Inoc	4	0.685	0.171	1.52	0.2089 NS <sup>1</sup>

Sust*Gen*Inoc	4	0.154	0.038	0.34	0.8475 NS <sup>1</sup>
Error Exp	54	6.085	0.112		
total	71	11.540			
C.V.	6.921				

<sup>1</sup>NS=No significativo

<sup>2\*</sup>, <sup>\*\*</sup>=Significativo al 5% y <1%, respectivamente.

**Cuadro 7A.** Análisis de varianza para la variable firmeza de frutos de pepino en los tratamientos con sustratos, genotipos y rizobacterias. UAAAN-UL. 2017.

Fuentes de variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calculada	Sig.
trat	17	8.992	0.528	1.29	0.235
Sust	1	0.823	0.823	2.01	0.162 NS <sup>1</sup>
Gen	2	2.503	1.251	3.05	0.055 <sup>*2</sup>
Inoc	2	0.708	0.354	0.86	0.427 NS <sup>1</sup>
Sust*Gen	2	0.658	0.329	0.80	0.453 NS <sup>1</sup>
Sust*Inoc	2	1.050	0.525	1.28	0.286 NS <sup>1</sup>
Gen*Inoc	4	1.556	0.389	0.95	0.443 NS <sup>1</sup>
Sust*Gen*Inoc	4	1.691	0.422	1.03	0.400 NS <sup>1</sup>
Error Exp	54	22.167	0.410		
total	71	31.159			
C.V.	13.214				

<sup>1</sup>NS=No significativo

<sup>2\*</sup>=Significativo al 5%

**Cuadro 8A.** Análisis de varianza para las variables solido solubles (° Brix) de frutos de pepino en los tratamientos con sustratos, genotipos y rizobacterias. UAAAN-UL. 2017.

Fuentes de variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calculada	Sig.
trat	17	2.904	0.170	1.30	0.227 NS <sup>1</sup>
Sust	1	0.006	0.006	0.05	0.820 NS <sup>1</sup>
Gen	2	0.328	0.164	1.25	0.294 NS <sup>1</sup>
Inoc	2	0.195	0.097	0.74	0.480 NS <sup>1</sup>
Sust*Gen	2	0.220	0.110	0.84	0.437 NS <sup>1</sup>
Sust*Inoc	2	0.006	0.003	0.03	0.973 NS <sup>1</sup>
Gen*Inoc	4	0.361	0.090	0.69	0.603 NS <sup>1</sup>
Sust*Gen*Inoc	4	1.784	0.446	3.40	0.015 <sup>*2</sup>

Error Exp	54	7.092	0.131
total	71	9.996	
C.V.	10.260		

---

<sup>1</sup>NS=No significativo

<sup>2</sup>\*=Significativo al 5%