

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO “  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISION DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**Uso de rizobacterias para la producción de pepino  
(*Cucumis sativus* L.) en condiciones de invernadero**

**POR**

**ROCIO ESMERALDA GARCÍA SÁNCHEZ**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título  
de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**MAYO 2021**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO "  
UNIDAD LAGUNA

DIVISION DE CARRERAS AGRONÓMICAS

"Uso de rizobacterias para la producción de pepino (*Cucumis sativus* L.)  
en condiciones de invernadero"

Por:

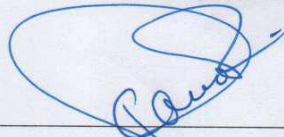
ROCIO ESMERALDA GARCÍA SÁNCHEZ

TESIS

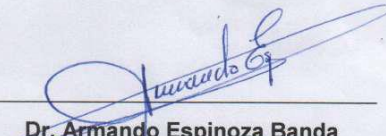
Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador, como requisito  
parcial de tesis para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO

Aprobada por el comité de Asesoría:



Dr. Pedro Cano Ríos  
PRESIDENTE



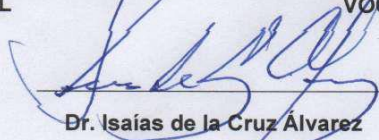
Dr. Armando Espinoza Banda  
VOCAL



Ing. Juan de Dios Ruíz de la Rosa  
VOCAL



MC. Gemma Luz Medina Reyes  
VOCAL



Dr. Isaías de la Cruz Álvarez

COORDINADOR INTERINO DE LA DIVISION DE CARRERAS  
AGRONOMICAS

Universidad Autónoma Agraria  
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONOMICAS

Torreón, Coahuila, México

Mayo 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

DIVISION DE CARRERAS AGRONÓMICAS

"Uso de rizobacterias para la producción de pepino (*Cucumis sativus* L.)  
en condiciones de invernadero"

Por:

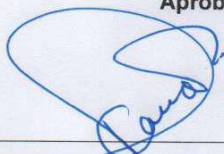
ROCIO ESMERALDA GARCÍA SÁNCHEZ

TESIS

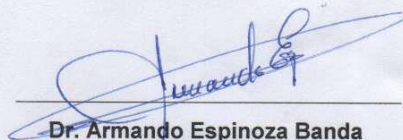
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO

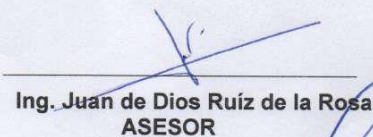
Aprobada por el Comité de Asesoría:



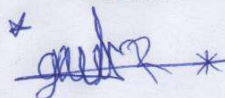
Dr. Pedro Cano Ríos  
ASESOR PRINCIPAL



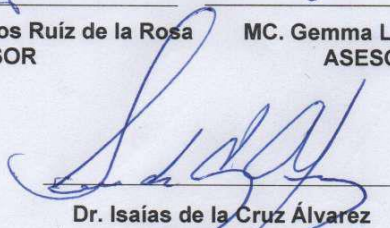
Dr. Armando Espinoza Banda  
ASESOR



Ing. Juan de Dios Ruiz de la Rosa  
ASESOR



MC. Gemma Luz Medina Reyes  
ASESOR EXTERNO



Dr. Isaías de la Cruz Álvarez

COORDINADOR INTERINO DE LA DIVISION DE CARRERAS  
AGRONOMICAS

Universidad Autónoma Agraria  
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONOMICAS

Torreón, Coahuila, México

Mayo 2021

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A mi “Alma Terra Mater”**

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN-UL). Por abrirme las puertas y darme la oportunidad de pertenecer a dicha institución y poder realizar mis estudios de licenciatura, y brindarme el apoyo necesario, la formación y las armas para la vida profesional.

### **Dr. Pedro Cano Ríos**

Por ayudarme en el transcurso de mi recorrido académico, por sus consejos, paciencia, confianza, apoyo y enseñanzas en cada asesoría de este proyecto, lo cual sin duda me llevo a concluir de manera satisfactoria este trabajo y con esto llevarme un gran aprendizaje. Por esto y por la gran persona que es muchas gracias.

A mis asesores, a la **MC. Gemma Luz Medina Reyes, Dr. Armando Espinoza Banda, e Ing. Juan de Dios Ruiz de la Rosa**, gracias a ellos por ser parte de este equipo de trabajo, por la asesoría y por el apoyo brindado. Muchas gracias.

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS**

Primeramente a dios por darme la vida y las fuerzas necesarias, paciencia y sabiduría para culminar gratamente con mis estudios.

### **A MIS PADRES**

Por haberme dado el apoyo incondicional durante toda mi vida, los mejores consejos para seguir adelante y no dudar en seguir. A mi padre y madre gracias por todo el amor, comprensión y confianza dada.

### **A MIS HERMANAS**

Ana Karen García Sánchez

Luisa Virginia García Sánchez

Por los consejos, el apoyo brindado y su amor. Muchas gracias por siempre estar conmigo.

### **A MI NOVIO**

Gracias por su apoyo incondicional y el amor brindado.

### **A MIS AMIGOS**

Para todos aquellos que me apoyaron incondicionalmente y me brindaron una grata compañía y enseñanzas. En especial a Laura Duarte Reyes, Celia Xalpa Rangel, Gemma Luz Reyes Medina y Itzel Aquino Salado, que fueron una familia que siempre me brindaron lo mejor de ellas.

### **A MI FAMILIA**

Por siempre darme palabras de aliento para seguir adelante y su apoyo incondicional y sus bendiciones que agradezco enormemente. Muchas gracias.

## RESUMEN

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una hortaliza que tiene mucha demanda en todo el mundo, debido a sus cualidades refrescantes del fruto y sus usos medicinales. Ocupando el cuarto lugar en demanda dentro de la familia de las cucurbitáceas. En México la producción de pepino es de alrededor de 700,000 mil toneladas, siendo Sinaloa el estado de mayor producción, seguido de Michoacán, Baja California, Morelos y Veracruz.

Esta investigación se llevó a cabo en el año 2018, durante el ciclo primavera-verano, en un invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México. El objetivo en este trabajo fue evaluar el desarrollo vegetativo, la calidad de fruto y rendimiento de la variedad #4 americano, inoculada con dos Rizobacterias en condiciones protegidas. Se utilizó un diseño experimental de bloques aleatorizados con seis repeticiones, mientras que para los tratamientos se utilizó un arreglo factorial con dos factores, siendo el factor A: las Rizobacterias (PGPR) y el factor B: niveles de fertilización. Se utilizaron dos PGPR (LB1 y KB4) y la combinación de ambas; utilizadas para la inoculación y un testigo (sin bacteria), mientras que el factor B con dos niveles de fertilización al 100 % y al 75 %. Las variables estudiadas fueron; altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, peso del fruto, largo del fruto, diámetro del fruto, dureza de cascara, dureza de pulpa, ancho de pulpa y grados Brix y rendimiento. Los resultados para desarrollo vegetativo arrojaron una altura máxima de 256.06 cm, un diámetro de tallo de 8.41 y un número de hojas de 38, a los 80 días después de la siembra y para calidad una media para peso de fruto de 404.02g, un largo de fruto de 22.78 cm, un diámetro de fruto de 46.09 mm, una dureza de cascara de 4.63 kg, una dureza de pulpa de 2.58 kg, un ancho de pulpa de 14.23 mm y 4.09 en grados Brix. El rendimiento total fue de  $69.3 \text{ ha}^{-1}$ , de la interacción de la fertilización con la variedad.

**Palabras clave:** Inoculación, Bacterias promotoras de crecimiento, Agricultura protegida.

## INDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	i
<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>RESUMEN</b> .....	iii
<b>INDICE</b> .....	iv
<b>INDICE DE CUADRO</b> .....	vii
<b>INDICE DE FIGURA</b> .....	viii
<b>INDICE DE APENDICE</b> .....	ix
<b>1. INTRODUCCION</b> .....	1
1.2 Objetivo.....	2
1.3 Metas.....	2
1.4 Hipótesis .....	2
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
2.2 Clasificación taxonómica.....	3
2.3 Morfología.....	4
2.3.1 Tallos.....	4
2.3.2 Sistema radicular .....	4
2.3.3 Flores .....	4
2.3.4 Hojas .....	4
2.3.5 Frutos .....	4
2.3.6 Semillas .....	5
2.4 Requerimientos Agro climatológicos .....	5
2.4.1 Temperatura .....	5
2.4.2 Humedad .....	5
2.4.3 Luminosidad .....	6
2.4.4 Viento .....	6
2.4.5 Suelo .....	7
2.5 Soluciones nutritivas .....	7
2.6 Producción mundial del pepino .....	7
2.7 Producción del pepino en México.....	8
2.8 El cultivo protegido .....	8
2.9 Producción de hortalizas bajo invernadero.....	9
2.10 Plagas y enfermedades en la producción de pepino.....	10

2.10.1	Plagas .....	10
2.10.2	Enfermedades .....	11
2.11	Bacterias promotoras del crecimiento vegetal .....	12
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>15</b>
3.1	Localización geográfica de la Comarca Lagunera .....	15
3.2	Localización del experimento .....	15
3.3	Forma del invernadero .....	15
3.4	Llenado de macetas .....	15
3.5	Material genotipos.....	16
3.6	Siembra.....	16
3.7	Inoculación.....	16
3.8	Fertirriego.....	16
3.9	Manejo del cultivo .....	17
3.9.1	Entutorado .....	17
3.9.2	Poda .....	17
3.9.3	Control de plagas y enfermedades .....	17
3.9.4	Cosecha.....	18
3.10	Variables evaluadas .....	18
3.11	Diseño experimental.....	18
3.12	Análisis estadístico.....	19
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>20</b>
4.1	Desarrollo vegetativo.....	20
4.1.2	Altura de la planta.....	20
4.1.3	Diámetro del tallo.....	22
4.1.3	Número de hojas.....	24
4.2	Calidad del fruto .....	26
4.2.1	Peso del fruto .....	26
4.2.2	Largo de frutos .....	27
4.2.3	Diámetro de frutos .....	27
4.2.4	Dureza de cascara.....	28
4.2.5	Dureza de pulpa.....	29
4.2.6	Ancho de pulpa .....	29
4.2.7	Grados Brix.....	30



4.3 Rendimiento .....	31
<b>5. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>32</b>
<b>6. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>33</b>
<b>7. APENDICES .....</b>	<b>38</b>

## INDICE DE CUADRO

Cuadro 3.1 Solución nutritiva de la fertilización del pepino ( <i>Cucumis sativus</i> L.). UAAAN-UL, 2021. ....	17
Cuadro 3.2. Número de días de la siembra a las cuatro cosechas. UAAAN-UL, 2021.....	18
Cuadro 3.3 Tratamientos establecidos con diferentes PGPR inoculadas y dosis de fertilización en pepino bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL, 2021...	19
Cuadro 4.1 Ecuaciones de regresión para la variable altura de plantas en los tratamientos inoculadas con rizobacterias en el híbrido de pepino #4 americano con altura a los 40 y 80 días de la siembra UAAAN-UL, 2021.....	21
Cuadro 4.2 Ecuaciones de regresión para la variable diámetro de plantas en los tratamientos inoculadas con rizobacterias en el híbrido de pepino #4 americano con diámetros a los 40 y 80 días de la siembra UAAAN-UL, 2021.....	23
Cuadro 4.3 Ecuaciones de regresión para la variable de hojas de pepino en los tratamientos inoculadas con rizobacterias en el híbrido de pepino #4 americano con número de hojas a los 40 y 80 días de la siembra UAAAN-UL, 2021.....	25
Cuadro 4.4 Media general de peso de fruto y su significancia para la variable bacterias y solución. UAAAN-UL 2021. ....	26
Cuadro 4.5 Media general de largo de frutos y su significancia para la variable bacterias y solución. UAAAN-UL 2021. ....	27
Cuadro 4.6 Media general de diámetro de frutos y su significancia para la variable bacterias y solución. UAAAN-UL 2021. ....	28
Cuadro 4.7 Media general de la dureza de cascara y su significancia para la variable bacterias y solución. UAAAN-UL 2021. ....	28
Cuadro 4.8 Media general de dureza de pulpa y su significancia para la variable bacterias y solución. UAAAN-UL 2021. ....	29
Cuadro 4.9 Media general de ancho de pulpa y su significancia para la variable bacterias y solución. UAAAN-UL 2021. ....	30
Cuadro 4.10 Media general de Grados Brix y su significancia para la variable bacterias y solución. UAAAN-UL 2021. ....	30
Cuadro 4.4 rendimiento de pepino en invernadero obtenido del factor de solución nutritiva.....	31

## INDICE DE FIGURA

Figura 2.1 Producción de pepino de los principales países productores. UAAAN-UL, 2021.....	8
Figura 4.1 Crecimiento en la altura de la planta de pepino ( <i>Cucumis sativus</i> L.), desde los 19 a los 103 (DDS) en los tratamientos 1 y 2 con las rizobacterias <i>Bacillus paralicheniformis</i> y tratamientos 3 y 4 con <i>Pseudomonas lini</i> . Analizadas en la UAAAN-UL, 2021. ....	20
Figura 4.2 Crecimiento en la altura de la planta de pepino ( <i>Cucumis sativus</i> L.), desde los 19 a los 103 (DDS) en los tratamientos 5 y 6 con la interacción de las rizobacterias <i>Bacillus paralicheniformis</i> y <i>Pseudomonas lini</i> , y tratamiento 7 y 8 los tratamientos testigos. Analizadas en la UAAAN-UL, 2021. ....	21
Figura 4.3 Crecimiento en el tallo de la planta de pepino ( <i>Cucumis sativus</i> L.), desde los 19 a los 103 (DDS) en los tratamientos 1 y 2 con las rizobacterias <i>Bacillus paralicheniformis</i> y tratamiento 3 y 4 con <i>Pseudomonas lini</i> . Analizadas en la UAAAN-UL, 2021. ....	22
Figura 4.4 Crecimiento en el tallo de la planta de pepino ( <i>Cucumis sativus</i> L.), desde los 19 a los 103 (DDS) en los tratamientos 5 y 6 con la interacción de las rizobacterias <i>Bacillus paralicheniformis</i> y <i>Pseudomonas lini</i> , y tratamiento 7 y 8 los tratamientos testigos. Analizadas en la UAAAN-UL, 2021. ....	23
Figura 4.5 Crecimiento de hojas en la planta de pepino ( <i>Cucumis sativus</i> L.), desde los 40 a los 96 (DDS) en los tratamientos 1 y 2 con las rizobacterias <i>Bacillus paralicheniformis</i> y tratamiento 3 y 4 con <i>Pseudomonas lini</i> . Analizadas en la UAAAN-UL, 2021. ....	24
Figura 4.6 Crecimiento de hojas en la planta de pepino ( <i>Cucumis sativus</i> L.), desde los 40 a los 96 (DDS) en los tratamientos 5 y 6 con la interacción de las rizobacterias <i>Bacillus paralicheniformis</i> y <i>Pseudomonas lini</i> , y tratamiento 7 y 8 los tratamientos testigos. Analizadas en la UAAAN-UL, 2021. ....	25

## INDICE DE APENDICE

<b>Cuadro A.1</b> Análisis de varianza para la variable rendimiento a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN-UL Comarca Lagunera.....	38
<b>Cuadro A.2</b> Análisis de varianza para la variable peso de fruto de la primera cosecha a través de la bacterias, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	38
<b>Cuadro A.3</b> Análisis de varianza para la variable peso de fruto de la segunda cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo- septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	38
<b>Cuadro A.4</b> Análisis de varianza para la variable peso de fruto de la tercera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	39
<b>Cuadro A.5</b> Análisis de varianza para la variable peso de fruto de la cuarta cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	39
<b>Cuadro A.6</b> Análisis de varianza para la variable largo de fruto de la primera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	39
<b>Cuadro A.7</b> Análisis de varianza para la variable largo de fruto de la segunda cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	40
<b>Cuadro A.8</b> Análisis de varianza para la variable largo de fruto de la tercera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	40
<b>Cuadro A.9</b> Análisis de varianza para la variable largo de fruto de la cuarta cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	40
<b>Cuadro A.10</b> Análisis de varianza para la variable diámetro de fruto de la primera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de	

pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	41
<b>Cuadro A.11</b> Análisis de varianza para la variable diámetro de fruto de la segunda cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	41
<b>Cuadro A.12</b> Análisis de varianza para la variable diámetro de fruto de la tercera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	41
<b>Cuadro A.13</b> Análisis de varianza para la variable diámetro de fruto de la cuarta cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	42
<b>Cuadro A.14</b> Análisis de varianza para la variable dureza de cascara de la primera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	42
<b>Cuadro A.15</b> Análisis de varianza para la variable dureza de cascara de la segunda cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	42
<b>Cuadro A.16</b> Análisis de varianza para la variable dureza de cascara de la tercera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	43
<b>Cuadro A.17</b> Análisis de varianza para la variable dureza de cascara de la cuarta cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	43
<b>Cuadro A.18</b> Análisis de varianza para la variable dureza de pulpa de la primera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	43
<b>Cuadro A.19</b> Análisis de varianza para la variable dureza de pulpa de la segunda cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	44
<b>Cuadro A.20</b> Análisis de varianza para la variable dureza de pulpa de la tercera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de	

pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	44
<b>Cuadro A.21</b> Análisis de varianza para la variable dureza de pulpa de la cuarta cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	44
<b>Cuadro A.22</b> Análisis de varianza para la variable ancho de pulpa de la primera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	45
<b>Cuadro A.23</b> Análisis de varianza para la variable ancho de pulpa de la segunda cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	45
<b>Cuadro A.24</b> Análisis de varianza para la variable ancho de pulpa de la tercera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	45
<b>Cuadro A.25</b> Análisis de varianza para la variable ancho de pulpa de la cuarta cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	46
<b>Cuadro A.26</b> Análisis de varianza para la variable de grados Brix de la primera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	46
<b>Cuadro A.27</b> Análisis de varianza para la variable de grados Brix de la segunda cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	46
<b>Cuadro A.28</b> Análisis de varianza para la variable de grados Brix de la tercera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	47
<b>Cuadro A.29</b> Análisis de varianza para la variable de grados Brix de la cuarta cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	47
<b>Cuadro A.30</b> Análisis de varianza para la variable peso de frutos de la media de las cuatro cosechas a través de las bacterias, concentración e interacción en el	

cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	47
<b>Cuadro A.31</b> Análisis de varianza para la variable largo de frutos de la media de las cuatro cosechas a través de las bacterias, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	48
<b>Cuadro A.32</b> Análisis de varianza para la variable diámetro de frutos de la media de las cuatro cosechas a través de las bacterias, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	48
<b>Cuadro A.33</b> Análisis de varianza para la variable dureza de cascara de la media de las cuatro cosechas a través de las bacterias, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	48
<b>Cuadro A.34</b> Análisis de varianza para la variable dureza de pulpa de la media de las cuatro cosechas a través de las bacterias, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	49
<b>Cuadro A.35</b> Análisis de varianza para la variable ancho de pulpa de la media de las cuatro cosechas a través de las bacterias, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	49
<b>Cuadro A.36</b> Análisis de varianza para la variable grados Brix de la media de las cuatro cosechas a través de las bacterias, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre 2018 UAAAN UL Comarca Lagunera.....	49

## 1. INTRODUCCION

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una hortaliza de alto potencial económico por ser un producto de exportación que se cultiva y consume en muchas regiones del mundo; además, se cuenta con variedades de alto rendimiento y con prácticas de manejo que permiten maximizar su producción bajo invernadero (Ortiz, *et al.*, 2009).

El sistema de producción de pepino en invernadero normalmente se practica en el norte de Europa y América y México lo ha importado (Ramírez, *et al.*, 2012).

En México, la producción de hortalizas bajo invernadero ha incrementado significativamente, ocupando la producción de pepino el 10% de la superficie (López, *et al.*, 2015).

El pepino, al igual que casi todos los cultivos comúnmente denominados hortalizas, presenta características muy particulares: es de rápido crecimiento, con un alto índice de acumulación de biomasa y con un sistema radical poco profundo; por lo que para lograr altos rendimientos es necesario utilizar sistemas de producción que garanticen un adecuado y oportuno aprovisionamiento de agua (Romero, *et al.*, 2009).

En los últimos años se ha incrementado la demanda de este fruto y como consecuencia el área de su cultivo, en el año agrícola 2002, INIFAP reportó una superficie sembrada de 15 648 hectáreas con una superficie cosechada de 15 403 hectáreas, y una producción de 367 280 toneladas, distribuyéndose en 29 estados de la República Mexicana, entre los que se encuentran: Michoacán, Sinaloa, Morelos, Baja California entre otros.

En el año agrícola 2009 en Sinaloa fueron sembradas 2 791.68 ha de pepino de las cuales se obtuvieron 166 896.71 toneladas que generaron \$344 078 740.0 por su comercialización (Yáñez, *et al.*, 2012). La producción de los cultivos agrícolas, entre otros factores, es impactada por el clima, el suelo, el agua y los microorganismos rizosféricos. De estos últimos, las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV), desempeñan funciones importantes para las plantas como es la producción de reguladores del crecimiento vegetal y



disminuir o prevenir los efectos de microorganismos fitopatógenos (Espinosa, *et al.*, 2017).

Las rizobacterias promueven el crecimiento de la planta (PGPR), tienen la disponibilidad de colonizar las raíces y estimular el crecimiento de la planta. La actividad de PGPR ha sido reportada por cepas de muchos géneros como: Azoarcus, Azospirillum, Azotobacter, Arthrobacter, Bacillus, Clostridium, Enterobacter, Gluconoacetobacter, Pseudomonas y Serratia (Canchignia, *et al.*, 2015).

## 1.2 Objetivo

Cuantificar la respuesta a las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en la producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en la variedad #4 americano.

Evaluar el comportamiento del pepino (*Cucumis sativus* L.) inoculando con rizobacterias bajo condiciones de invernadero en su producción y calidad de fruto.

## 1.3 Metas

A través de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, obtener un aumento de la producción de pepino.

## 1.4 Hipótesis

Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal incrementan el desarrollo vegetativo del pepino (*Cucumis sativus* L.) así como su producción.

La inoculación de las PGPR en las plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.), aumentan el peso en los frutos.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Origen del pepino

El pepino es originario de las regiones tropicales de Asia (sur de Asia), siendo cultivado en la india desde hace más de 3000 años. Dentro de las características generales en una planta anual, herbácea de crecimiento rastrero e indeterminado (Casaca, 2005). De la India se extiende a Grecia y de ahí a Roma y posteriormente se introdujo en China. El cultivo de pepino fue introducido por los romanos en otras partes de Europa; aparecen registros de este cultivo en Francia en el siglo IX, en Inglaterra en el siglo XIV y en Norteamérica a mediados del siglo XVI, ya que Cristóbal Colon llevo semillas a América. El primer híbrido apareció en 1872 (Infoagro, 2019).

El cultivo del pepino tiene un alto índice de consumo, tanto en fresco como industrializado, representando una alternativa de producción para el agricultor, para mercado interno y con fines de exportación (Casaca, 2005).

### 2.2 Clasificación taxonómica

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una planta herbácea anual de la familia de las cucurbitáceas cuyo fruto se utiliza en estado de inmadurez fisiológica (Valcárcel, 2017).

Cuadro 2.1 clasificación taxonómica del pepino, según reyes, 2012.

<i>Reino:</i>	<i>Vegetal</i>
<i>Subreino:</i>	Embryophyta
<i>División:</i>	Magnoliophyta (Angiosperma)
<i>Clase:</i>	Magnoliopsida (Dicotiledóneas)
<i>Orden:</i>	<i>Cucurbitales</i>
<i>Familia:</i>	<i>Cucurbitaceae</i>
<i>Género:</i>	<i>Cucumis</i>
<i>Especie:</i>	<i>Cucumis sativus</i>

(Reyes, 2012).

## 2.3 Morfología

### 2.3.1 Tallos

El tallo es herbáceo, trepador y rastrero, muy ramificado. Estas características biológicas permiten que las plantas solamente puedan desarrollarse erectas por medio de guías verticales o envueltas en alambres cuando estos son colocados en cueras. El pepino es totalmente decumbente (rastrero) cuando se deja a libre crecimiento. Su altura está condicionada por la variedad, pudiendo variar desde 0.70-2.50 m. o más (Pablo, 1992).

### 2.3.2 Sistema radicular

El sistema radicular del pepino es muy ramificado y superficial; aunque su raíz principal puede profundizar hasta 1.20 m. en caso de suelos sueltos y fértiles, con buen aprovisionamiento de agua y óptimas condiciones climáticas. La mayor parte de las raíces están ubicadas a una profundidad de 25-30 cm (Pablo, 1992).

### 2.3.3 Flores

Contiene flores de ambos sexos en la misma planta, por lo que se le considera monoica, de polinización cruzada; algunas variedades presentan flores hermafroditas. Al inicio se presentan solo flores masculinas en la parte baja de la planta, al centro, en igual proporción, las flores masculinas y femeninas se sitúan en las axilas de las guías secundarias (López, 2003).

### 2.3.4 Hojas

Las hojas tienen forma palmeada, son largamente pecioladas, fuertemente cordadas en la base, con el ápice acuminado, en cuyo limbo se aprecian de 3 a 5 lóbulos angulados, triangulares y de borde dentado, y presentan también vellosidades blancas (Casilimas, *et al.*, 2012).

### 2.3.5 Frutos

Los frutos son de tamaño y forma variables (oblongos, cilíndricos o globulosos), pudiendo alcanzar una longitud de 5 a 40 cm. El color de su corteza puede ser verde, amarillo o blanco, mientras que la carnosidad siempre es blanca y acuosa. Con relativa frecuencia, y sobre todo en estadios jóvenes, los frutos

muestran a lo largo de su superficie espinas y verrugas. Esta característica la presentan algunas variedades mientras que otras no (Casilimas, *et al.*, 2012)

### 2.3.6 Semillas

Son el resultado de los óvulos fecundados y maduros contenidos en el fruto. La semilla de pepino se compone de los tegumentos que las protegen, de las sustancias nutritivas y del embrión. Este último es la parte más importante, ya que de él depende la germinación, crecimiento y desarrollo de la nueva planta. Las semillas de pepino son algo más pequeñas que las del melón, ovales, inmaduras, aplastadas, lisas y de color amarillento blanquecino, terminadas en un extremo más agudo. Un gramo contiene unas 30-45 semillas, dependiendo del tipo de pepino y de la variedad, menor de 10 mm de largas y 0,3-0.5 cm de ancho. Su facultad germinativa dura aproximadamente 4-5 años, aunque para la siembra es preferible semillas que no hayan rebasado los 2-3 años. La germinación tiene lugar a los 1.5-2 días en lugares protegidos y semilleros de turba, y algunos días más si es al aire libre y en terreno de asiento (Reche, 2011).

## 2.4 Requerimientos Agro climatológicos

### 2.4.1 Temperatura

El pepino es una planta exigente a temperaturas altas, dentro del rango moderado la temperatura óptima para el desarrollo general de este cultivo oscila entre 18 y 22°C. La temperatura óptima para que las semillas germinen con rapidez en 3-5 días es de 25-30°C. En caso de temperaturas inferiores a 14°C cesa el crecimiento, si las plantas sufren un largo tiempo la influencia de tal temperatura las flores femenina caen, lo que provoca una fuerte disminución de rendimiento. Cuando la intensidad de la luz, como ocurre por lo general en los meses de verano la clorofila se destruye en parte y la hoja resulta amarillo verdoso (Acebedo, 2009).

### 2.4.2 Humedad

El pepino tiene gran superficie foliar y un alto poder de transpiración. La planta transpira debido a las diferencias de presión de vapor entre su interior y el exterior, para ello abre o cierra los estomas. A la salida del sol se calienta el aire

y las hojas de la planta, se produce condensación sobre el plástico, las plantas y los frutos. Se abren los estomas y aumenta la transpiración y la humedad del aire. A mayor temperatura, más transpiración, sube la humedad y baja el DPV a lo largo del día se produce una bajada de humedad. Pero en los meses fríos o en los momentos de mucha vegetación, no será suficiente, siendo necesario recurrir a la ventilación. Durante la noche, la humedad aumenta en el interior del invernadero llegando a valores próximos al 100% de Hr una humedad excesivamente alta afecta negativamente al cultivo disminuyendo la transpiración y el crecimiento y favorece la aparición de fisiopatías como la humectación, la gutación y la carencia de calcio. Cuando hay poca vegetación y hace calor la Hr puede bajar hasta un 25% y será necesaria la ventilación y la nebulización. Con plantas pequeñas pueden producirse necrosis en los ápices por deshidratación. Con niveles bajos de humedad, la hoja cierra sus estomas para reducir la transpiración, lo que afecta al desarrollo de la planta y del fruto, que crece más lentamente y es de menor calidad, con la punta afilada y deforme. La humedad relativa óptima para el pepino: 70-90 % durante la noche y 60-70 % durante el día (Solís, 2017).

#### 2.4.3 Luminosidad

El pepino es una planta que crece, florece y fructifica con normalidad en días cortos (con menos de 12 horas de luz); aunque también soporta elevadas intensidades luminosas y a mayor cantidad de radiación solar, mayor es la producción. No existe una relación cuantitativa concreta entre la reducción de luz y reducción de producción, ya que esta relación depende de la intensidad de la luz incidente y de la fase de cultivo (Ramírez, *et al.*, 2012).

#### 2.4.4 Viento

La presencia de viento acelera la pérdida de agua de la planta ya que provoca una disminución de la humedad relativa, por lo que los requerimientos hídricos aumentan. En consecuencia disminuye la fecundación por una inadecuada humedad de los estilos florales, detiene el crecimiento de la planta, reduce la producción y acelera la senescencia de la planta (Illescas, 2018).

#### 2.4.5 Suelo

El pepino se puede cultivar en una amplia gama de suelo, desde los arenosos hasta los francos arcillosos, los ideales para su buen desarrollo son los francos con abundante materia orgánica (más del 3.5%). Estos suelos deben contener una profundidad efectiva mayor de 60 cm, que facilite la retención del agua y el crecimiento del sistema radicular para que la planta logre un buen desarrollo y excelente rendimiento. Debe evitarse sembrarse en suelo demasiado arcilloso que produzca encharcamiento, lo que favorece el desarrollo de enfermedades fungosas, especialmente mildiu lanoso. Se adapta muy bien a un rango de pH de 5.5 a 6.8, soportando hasta 7.5. Se debe evitar sembrar en suelos ácidos con pH menores de 5.5 (López, 2003).

#### 2.5 Soluciones nutritivas

El pepino al igual que los demás cultivos necesitan de una serie de elementos químicos que se denominan elementos nutritivos, los cuales son indispensables para el desarrollo de su ciclo vital, la solución nutritiva es considerada como uno de los componentes principales del sistema hidropónico, dado que en ella están contenidos los nutrientes esenciales que el sustrato en casi todas las veces no aporta hacia las plantas. Independientemente del tipo de sistema hidropónico las plantas de pepino deben crecer sin limitaciones nutricionales y para eso la solución nutritiva debe tener un pH que este dentro de 5.5 a 6.5, la conductividad eléctrica entre 1.5 y 3 ds m<sup>-1</sup>, además de que no vayan a formarse precipitados por una mala disociación de los nutrientes o por problemas de antagonismos entre ellos (Sandi, 2016).

#### 2.6 Producción mundial del pepino

La producción mundial de pepino está encabezada por la República Popular China con 63% de la producción total en el año 2002, que fue aproximadamente 36 millones de toneladas; seguido por Turquía con 4.8%, Irán con 3.6% y EUA con 3%. Los tres primeros países cubren por si solos más de 70% de la producción de este cultivo en el mundo (Piguillem, 2004).

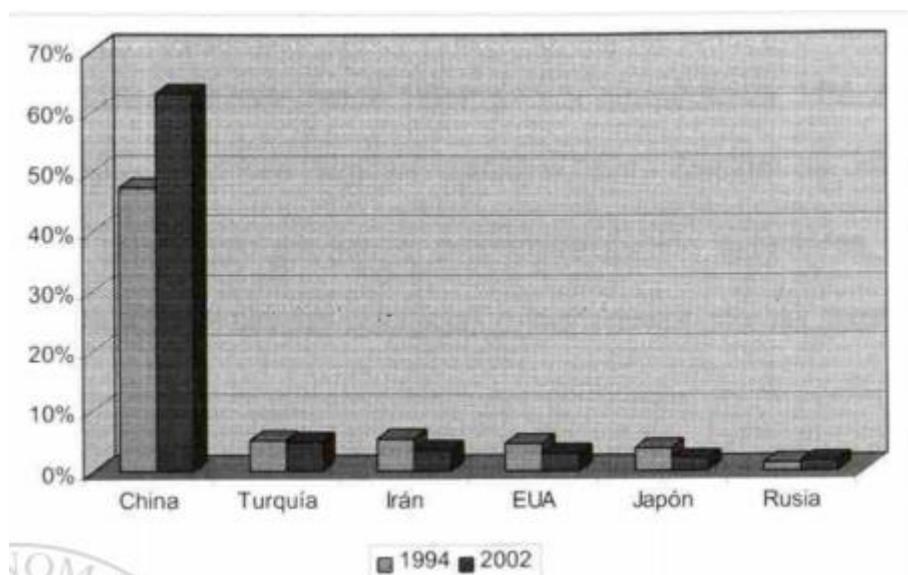


Figura 2.1 Producción de pepino de los principales países productores. UAAAN-UL. 2021.

## 2.7 Producción del pepino en México

Las hortalizas tienen particular importancia para la economía agrícola de México, por su contribución en la generación de divisas y empleo en el campo (Olalde, *et al.*, 2014). En México, la producción de hortalizas bajo invernadero se ha incrementado significativamente, ocupando la producción de pepino el 10% de la superficie (López *et al.*, 2015). La producción de pepino es mayor en el ciclo otoño-invierno con 68%, mientras que el 32 por ciento restante se genera en el ciclo primavera-verano. En promedio en los últimos tres años agrícolas seis estados generan 80% en el ámbito nacional, entre los que destacan: Sinaloa con 40% y Michoacán 14 por ciento. El pepino se recolecta todo el año, pero en los meses de febrero, marzo y abril, se obtiene 44 por ciento. La mayor parte de pepino que se comercializó en los principales mercados nacionales provino de diez entidades: Baja California, Baja California Sur, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Morelos, Puebla, Sinaloa, Sonora y Yucatán (Sagarpa, 2015).

## 2.8 El cultivo protegido

En el ámbito mundial, el cultivo protegido se reconoce hoy día como una tecnología agrícola de avanzada, que puede influir eficazmente en la producción

de hortalizas frescas durante todo el año. La importancia del mismo ha ido creciendo en la medida en que el productor ha determinado la tecnología y ha ido obteniendo resultados satisfactorios (Rodríguez y Castillo, 2010).

Los rendimientos hortícolas alcanzados por algunos de los proyectos existentes representan un importante salto cuantitativo en relación con los que se logran a campo abierto; existen en el país numerosas unidades de cultivos protegidos que se poseen un trabajo consolidado, a partir del cumplimiento de una rigurosa disciplina tecnológica, que parte de la capacitación sistemática de técnicos y obreros (Rodríguez y Castillo, 2010).

## 2.9 Producción de hortalizas bajo invernadero

Los sistemas de producción hortícola en invernadero, también conocida como horticultura protegida, constituyen una alternativa viable para enfrentar varios de los problemas anteriormente citados. Los invernaderos son estructuras generalmente metálicas, con cubierta de plástico, que permiten la obtención de productos hortícolas fuera de temporadas normales de producción, con lo que se consigue mejores precios de los productos cosechados. En México, la horticultura protegida está en crecimiento y desarrollo. En el año de 1980 se reportaron 300 ha con este sistema de producción y en 2008 alrededor de 10,000 ha. Este sistema de producción ha presentado un elevado crecimiento en los últimos años (entre 20 y 25% anual), lo que ha generado contradicciones en el número de hectáreas actualmente establecidas. Según la SAGARPA, en 2010 se tenían 11,760 ha mientras que para el mismo año la Asociación Mexicana de Agricultura Protegida, Asociación Civil (AMHPAC) en el mismo año censo 15,300 ha (Juárez, *et al.*, 2011).

El uso de invernaderos y sistemas hidropónicos representan una opción para incrementar la productividad agrícola, al propiciar un ambiente poco restrictivo para el crecimiento y desarrollo de las plantas que el que ocurre a cielo abierto, sobre todo en especies hortícolas. Debido a los costos altos de las instalaciones y manejo es necesario desarrollar y aplicar prácticas agrícolas



específicas para una máxima expresión del potencial productivo del cultivo (Ortiz, *et al.*, 2009).

La optimización del estatus nutricional de las plantas y el control del clima bajo invernaderos son fundamentales para obtener altos rendimientos bajo invernaderos especialmente si se trata de frutos como tomate (*Lycopersicon esculentum* L. Mill), pimiento-morrón (*Capsicum annuum* L.), berenjena (*Solanum melongena* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.), entre otros (Zamora, 2016).

El uso de ambientes protegidos puede incrementar la productividad de hortalizas como el pepino, pues las plantas se mantienen por mucho más tiempo en producción; sin embargo, para la aplicación de estos sistemas es importante adaptar el tipo de cobertura, el manejo del cultivo y los genotipos a las condiciones ambientales que prevalecen en cada zona (Chacón y Monge, 2016).

#### 2.10 Plagas y enfermedades en la producción de pepino

Todas las plantas están expuestas a ser dañadas por diferentes tipos de plagas y enfermedades. Muchas de las veces los daños producidos son visibles; pero, en otras son invisibles, es decir dañan el interior de la planta, solo pueden ser detectadas por el deterioro de las mismas. La aparición de las plagas y enfermedades está relacionada con las alteraciones de las condiciones agroecológicas existentes, en segundo lugar, los daños causados por las plagas y enfermedades afectan al estado de las plantas y si no son observados y tratados a tiempo nos puede perjudicar la producción por encima de los umbrales económicos (Dávila, *et al.*, 2017).

##### 2.10.1 Plagas

###### Mosca blanca

Mosca blanca *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrididae) debilita las plantas *Cucurbitaceae* al succionar la savia, introduciendo toxinas en los vasos vasculares de la planta sistema, cubriendo la hoja con rocío de miel, lo que facilita el crecimiento de hollín y hongos, así como la inducción de la hoja y trastornos fisiológicos. Muchos factores pueden influir en la densidad de población de la mosca blanca en plantas hospedantes como el clima, niveles de nitrógeno (N) y

potasio (k), edad y vigor de las planta, tipo y densidades de tricomas, alelo químicos y naturales enemigos (Demolin, *et al.*, 2006).

#### Pulgón

Los pulgones (*Aphis gossypii*), los adultos y ninfas se alimentan de la savia de las hojas provocando clorosis y deformación del follaje, además son vectores de enfermedades virales. Forman colonias y se distribuyen en focos que se dispersan, principalmente en primavera y otoño, mediante las hembras aladas (Dávila, *et al.*, 2017).

#### Trips

Trips (*Frankliniella occidentalis*): 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. El daño indirecto es el que acusa mayor importancia y se debe a la transmisión del virus del bronceado del tomate (TSWV), que afecta también al pimiento, tomate, berenjena y judía (Quinchiguango, 2017).

### 2.10.2 Enfermedades

El pepino es muy sensible a enfermedades y ataques de insectos en hoja. Las enfermedades están asociadas en general a excesos de humedad en el ambiente, por tanto en la medida de lo posible debemos mantener el cultivo sin hojas viejas para mejorar la ventilación (Zoppolo, *et al.*, 2008).

Las enfermedades que atacan al pepino bajo invernaderos incluyen el moho gris *Botrytis cinerea*, la cenicilla polvoriento *Sphaerotheca fuliginea*, la gomosis *Didymella bryoniae*, y el mildiu veloso *Pseudonospora cubensis* las cuales pudieran ser un problema serio al atacar la planta y al fruto. Estas enfermedades pudieran ser prevenidas mediante una adecuada circulación de aire para evitar una condensación sobre las plantas dentro del invernadero (Zamora, 2017).

#### Cenicilla

El cultivo de pepino está expuesto a diversas enfermedades entre las que destacan las causadas por hongos fitopatógenos que originan las cenicillas. Las

cenicillas se sitúan entre los principales patógenos que afectan plantas. Aunque raramente causan la muerte del hospedante, reducen el rendimiento y calidad de plantas de importancia económica. Las cenicillas más importantes de las cucurbitáceas son las originadas por *Erysiphe cichoracearum* y *Sphaerotheca fuliginea*, su presencia en el campo usualmente ocurre en la fase asexual (*Oídium* sp.) y rara vez se observa la fase sexual. En Sinaloa es común observar la presencia de cenicilla infectando plantas de pepino (Yáñez, et al., 2012).

### Mildiu

El mildiu polvoriento aparece en hojas, peciolo y yemas jóvenes de las cucurbitáceas, como una masa blanca con aspecto de ceniza, compuesta de micelio denso e incontable número de esporas. Bajo condiciones medioambientales favorables, la superficie de la hoja puede ser abarcada completamente, incluso llegar a cubrir ambas superficies, y además provocar una defoliación prematura en las plantas. La infección puede alcanzar tejidos más profundos y llegar a tal grado que las hojas tomen una coloración amarilla, luego carmelita y finalmente secarse (González, Infante y Martínez, 2010).

### 2.11 Bacterias promotoras del crecimiento vegetal

La expresión Plant Growth Promoting Rhizobacteris (PGPR) fue acuñada por J. W. Kloepper y M. N. Schroth en 1978, para describir las bacterias que habitan la rizosfera y que afectan positivamente el desarrollo de las plantas. Estas bacterias tienen la capacidad de colonizar activamente el sistema radicular para favorecer y/o mejorar su crecimiento y rendimiento. Las RPCV representan alrededor de 2 al 5% de las bacterias rizosféricas. Las siglas RPCV hacen referencia a todas las bacterias que son capaces de mejorar el crecimiento de las plantas a través de uno o más mecanismos. Los siguientes géneros de bacterias han sido reportados como RPCV: *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Azoarcus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Caulobacter*, *Chromobacterium*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Micrococcous*, *Pantoea*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* y *Serratia* (Moreno, et al., 2018).

Las PGPR son capaces de colonizar el sistema radicular de las plantas y desempeñan diversos mecanismos involucrados en la promoción del crecimiento y rendimiento de las especies vegetales; estos mecanismos se clasifican en directos e indirectos. Los mecanismos directos son aquellos donde estos microorganismos, estimulan el desarrollo de las plantas, a través de la producción de reguladores de crecimiento (auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido abscísico), la fijación biológica de nitrógeno, la solubilización y mineralización de fosfatos (González, *et al.*, 2018).

La presencia de nematodos en cultivos susceptibles y en equilibrio con las rizobacterias, ha permitido mantener estos sistemas de producción durante varios años sin presentar una reducción en su rendimiento. Rizobacterias del género de *Pseudomonas* spp., y *Bacillus* spp., son empleadas como agentes de biocontrol de diversos nematodos. Las rizobacterias promueven el crecimiento de plantas y previenen el establecimiento de patógenos. Además, desencadenan una serie de reacciones de defensa en la planta hospedera (Canchignia, *et al.*, 2015).

Las RPCV ejercen efectos benéficos en las plantas a través de mecanismos directos e indirectos, o una combinación de ambos. Los mecanismos directos ocurren cuando las bacterias sintetizan metabolitos que facilitan a las plantas, o bien cuando estas incrementan la disponibilidad de diferentes elementos nutritivos, requeridos para su metabolismo y para mejorar su proceso de nutrición. Entre los mecanismos directos destacan: la fijación de nitrógeno (N); la síntesis de fitohormonas, vitaminas y enzimas, la solubilización de fósforo (P) inorgánico y la mineralización de fósforo orgánico, la oxidación de sulfuros, el incremento en la permeabilidad de la raíz, la producción de nitritos, la acumulación de nitratos, la reducción de la toxicidad por metales pesados y de la actividad de la enzima ACC desaminasa, la secreción de sideróforos, la reducción de los niveles de etileno en los suelos, y el incremento de la permeabilidad de las raíces. Mientras que, los mecanismos indirectos se caracterizan porque las RPCV ocasionan la disminución o eliminación de microorganismos fitopatógenos, ya sea a través de la producción de sustancias

antimicrobianas o antibióticos, de enzimas líticas o una combinación de estas; por competencia de nutrimentos o de espacio en el nicho ecológico, así como por estimulación de las defensas naturales de la planta mediante mecanismos de biocontrol; la inducción de resistencia sistémica (IRS) a un amplio espectro de organismos patógenos y la producción de sideróforos, como mecanismo para secuestrar el Fe disponibles en los suelos y con esto limitar el desarrollo y la presencia de dichos fitopatógenos; hidrólisis de moléculas como el ácido fusarico generado por estos para liberar 1-3-glucanasa, con la cual se inhibe el desarrollo de la pared fúngica de hongos como *Phytium ultimum* y *Rhizoctonia solani* (Moreno, *et al.*, 2018).

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera

La Región Lagunera se encuentra conformada por las porciones sureste del estado de Coahuila y noroeste del estado de Durango. Este territorio se ubica entre los meridianos 102°00 y 104°47 de longitud oeste, y los 24°22 y 26°23 de latitud norte. Comprende quince municipios, de los cuales diez corresponden a Durango y cinco a Coahuila en un total de 48,887.50 kilómetros cuadrados. Esta amplia región es regada por dos ríos interiores: el Nazas y el Aguanaval. Las ciudades conurbadas de Torreón, Coahuila, y de Gómez Palacio y Lerdo, en Durango, constituyen el corazón de esta comarca (Muñoz, 2005).

#### 3.2 Localización del experimento

El proyecto se realizó en el municipio de Torreón, Coahuila, que se localiza en la parte oeste del sur del estado de Coahuila, en las coordenadas 103°26 '33" longitud oeste y 25°32 '40" latitud norte, a una altura de 1,120 metros sobre el nivel del mar.

En los invernaderos ubicados en las instalaciones de la UAAAN-UL entre las coordenadas geográficas 25° 22" de latitud norte y 101° 02" longitud oeste y a una altitud de 1142 msnm.

#### 3.3 Forma del invernadero

El invernadero consta con una superficie de 180 m<sup>2</sup>, la forma de este es semicircular con estructura completamente cerrada, cubierto por materiales de plástico transparente, el piso es de piedra granulada de color blanco, el sistema de enfriamiento cuenta con un par de extractores de aire caliente y una pared húmeda ubicados de forma opuesta, ambos sistemas están sincronizados para accionarse por los sensores, para satisfacer las necesidades hídricas se utilizaron dos cubos de 200 Lts.

#### 3.4 Llenado de macetas

El llenado de macetas se realizó de la siguiente manera:

Las macetas que se utilizaron fueron bolsas de polipropileno de 18 kg de color negro, con palas en un 80% de arena y 20% de perlita. El arreglo de las

macetas se hizo a doble hilera, con arreglo de tresbolillo y separación entre hileras de 1.6 m, para una densidad de 4.2 plantas por m<sup>2</sup>.

### 3.5 Material genotipos

El híbrido de pepino que se utilizó fue #4 Americano de la compañía Origene Seeds, se utilizaron 144 macetas. Además, se usó dos PGPR (LB1 y KB4) utilizadas para la inoculación, la combinación de las dos (bacterias) y un testigo (sin bacteria).

### 3.6 Siembra

La siembra se realizó de forma directa en las macetas, colocando una semilla por maceta el 25 de mayo del 2018 periodo primavera-verano. Se usó la variedad de pepino #4 Americano. Las macetas fueron previamente regadas con 8 litros de agua para que el día de la siembra se tuviera humedad en las macetas.

### 3.7 Inoculación

La primera inoculación se hizo con una jeringa con 3 ml de cada bacteria y de la interacción de estas después de la siembra, realizándola el 5 de junio.

La segunda inoculación se realizó con unas jeringas con 5ml de cada bacteria y de la interacción de estas, después de 1 mes de la primera inoculación, realizándose el 4 de julio.

### 3.8 Fertirriego

El fertirriego fue para cada una de las combinaciones de las bacterias, para el testigo y para ambas variedades, en diferentes concentraciones al 100% y al 75%, primeramente, se aplicaron los ácidos por separado, ácido nítrico y ácido fosfórico a la solución nutritiva en 200 litros de agua y después se aplicaron los nitratos de potasio, amonio y magnesio como se muestra en el cuadro 3.1, estas cantidades se utilizaron para cada una de las etapas fenológicas.

En dos ocasiones se aplicó 0.370 g de MAP, la primera fue antes de la primera cosecha 15 días en 200 litros de agua, después se hizo la segunda aplicación.

Cuadro 3.1 Solución nutritiva de la fertilización del pepino (*Cucumis sativus* L.).  
UAAAN-UL, 2021.

Compuesto	100% (g)	75% (g)
Ácido nítrico (HNO <sub>3</sub> )	0.105	0.07875
Ácido fosfórico (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )	0.213	0.15975
Nitrato de potasio (KNO <sub>3</sub> )	1.701	1.27575
Nitrato de amonio (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> )	0.240	0.180
Nitrato de magnesio MG(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.988	0.741
MAP	0.370 Kg	

\* La solución nutritiva se utilizó en todas las etapas fenológicas.

### 3.9 Manejo del cultivo

#### 3.9.1 Entutorado

El Entutorado consistió básicamente en guiar verticalmente a través de un amarre el tallo principal de la planta del pepino al alambre con la ayuda de la rafia se comenzó el entutorado a partir de que la planta alcanzo 30 cm de altura y cuando tenía 6 hojas verdaderas.

#### 3.9.2 Poda

La primera poda se hizo a las plantas que presentaron tallos secundarios, y a los 66 días se realizó la segunda poda de hojas para que la planta se concentrara en el llenado de fruto, evitando podar las hojas cercanas a los frutos, posteriormente a los 82 días se hizo una poda sanitaria de hojas debido a la presencia de cenicilla.

#### 3.9.3 Control de plagas y enfermedades

La mosquita blanca fue la primera presencia de plagas que se detectó entre los 25-30 días después de la siembra, se colocaron trampas amarillas



pegajosas para identificarlas y poder darle un mejor control, estas trampas se colocaron de manera que se cubrieran bien todas las áreas del cultivo, al inicio de la presencia de este se le aplicó insecticida a base de extracto de neem y canela, posteriormente se aplicó Muralla®. A los 47 días se tuvo presencia de minador, aunque solo se identificó la presencia en una planta, por lo que no fue necesario aplicar insecticida. Posteriormente se identificó la presencia de cenicilla la cual se identificó previamente a la cuarta y última cosecha por lo que no fue necesario aplicar fungicida.

#### 3.9.4 Cosecha

Se realizaron 4 cosechas, para esto en cada una de ellas los frutos se marcaron con su correspondiente dato (bacteria, tratamiento y repetición) en el fruto antes del corte, para después tomar dato correspondiente de cada fruto, así como su altura, diámetro del fruto, diámetro de la pulpa, grados Brix, dureza de cascara y de pulpa, utilizando reglas, flexómetros, vernier digital, balanza digital, refractómetro y penetrometro.

Cuadro 3.2. Número de días de la siembra a las cuatro cosechas. UAAAN-UL, 2021.

55 días	70 días	90 días	112 días
Primera cosecha producción de planta.	Segunda cosecha de calidad.	Tercera cosecha para vida de anaquel.	Cuarta cosecha para producción total.

#### 3.10 Variables evaluadas

Las variables evaluadas del desarrollo de la planta fueron: altura de la planta, diámetro del tallo y número de hojas. Así como las variables de la calidad del fruto; peso, diámetro, longitud, dureza de cascara, dureza de pulpa, ancho de pulpa y grados Brix, de cada una de las cosechas, así como su rendimiento total.

#### 3.11 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques aleatorizados con seis repeticiones mientras que para los tratamientos un arreglo factorial con dos factores, siendo el factor A: las Rizobacterias (PGPR) y el factor B: niveles de fertilización. Se utilizaron dos PGPR (LB1 y KB4) y la combinación de ambas; utilizadas para la

inoculación y un testigo (sin bacteria), mientras que el factor B con dos niveles de fertilización al 100% y al 75%. De la combinación de las bacterias y su combinación con los niveles de fertilización resultaron ocho tratamientos, los cuales se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 3.3 Tratamientos establecidos con diferentes PGPR inoculadas y dosis de fertilización en pepino bajo condiciones de invernadero. UAAN-UL, 2021.

<b>Tratamiento</b>	<b>PGPR inoculadas</b>	<b>Dosis de fertilización</b>
T1	LBEcto1 ( <i>Bacillus</i> sp.)	100%
T2	LBEcto1 ( <i>Bacillus</i> sp.)	75%
T3	KBEcto4 ( <i>Pseudomonas lini</i> )	100%
T4	KBEcto4 ( <i>Pseudomonas lini</i> )	75%
T5	LBEcto1 ( <i>Bacillus</i> sp.) * KBEcto4 ( <i>Pseudomonas lini</i> )	100%
T6	LBEcto1 ( <i>Bacillus</i> sp.) * KBEcto4 ( <i>Pseudomonas lini</i> )	75%
T7	Sin RPCV	100%
T8	Sin RPCV	75%

### 3.12 Análisis estadístico

Para el rendimiento, las alturas y los diámetros se utilizó el paquete estadístico Statistical Analysis System 2002 (SAS), versión 9.0 con el procedimiento de anova. Con el que se determinaron los análisis de varianza utilizando la diferencia mínima significativa al 5%.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de cada una de las variables de fenología, calidad del fruto y rendimiento evaluado en este proyecto.

### 4.1 Desarrollo vegetativo

#### 4.1.2 Altura de la planta

El crecimiento de la altura de las plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.), se representó en una gráfica de regresión lineal, en donde la variable dependiente (y) es altura (cm) y la variable independiente (x) días después de la siembra (DDS). En donde los resultados de la ecuación de regresión ( $R^2$ ) de todos los tratamientos fueron favorables, ya que oscilo entre 94 y 97% en la variable altura, como se observa en las figura 4.1 y 4.2.

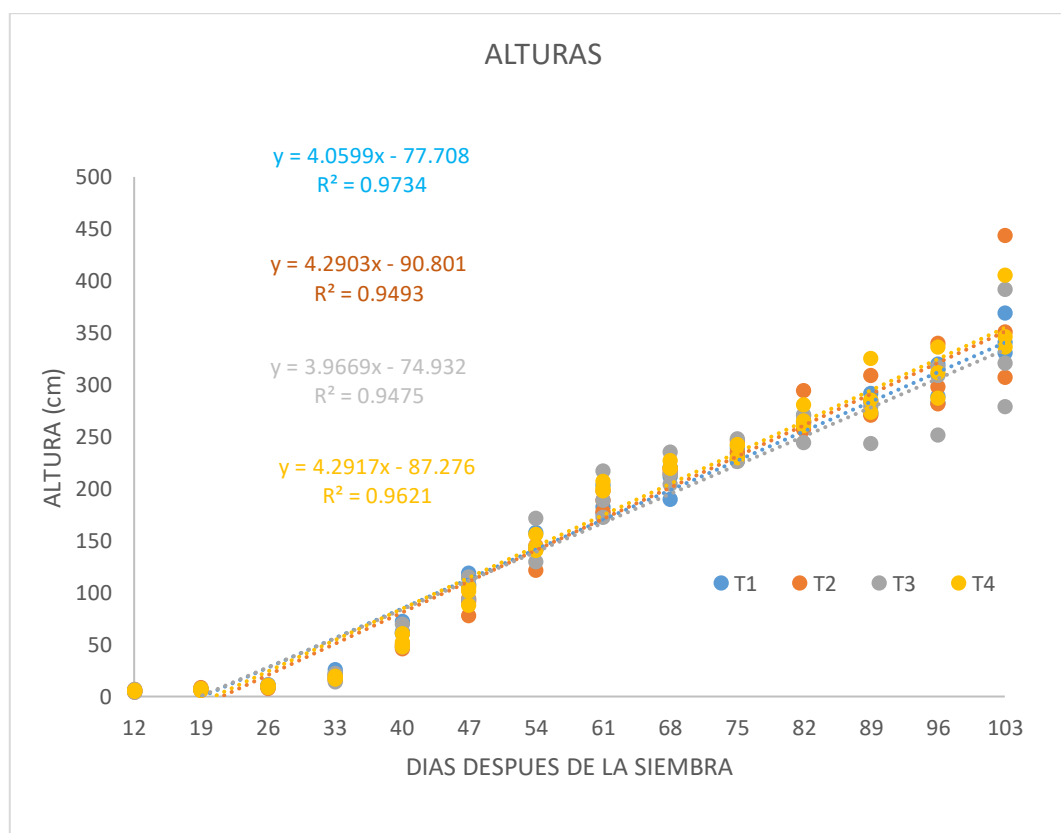


Figura 4.1 Crecimiento en la altura de la planta de pepino (*Cucumis sativus* L.), desde los 19 a los 103 (DDS) en los tratamientos 1 y 2 con las rizobacterias *Bacillus paralicheniformis* y tratamientos 3 y 4 con *Pseudomonas lini*. Analizadas en la UAAAN-UL, 2021.

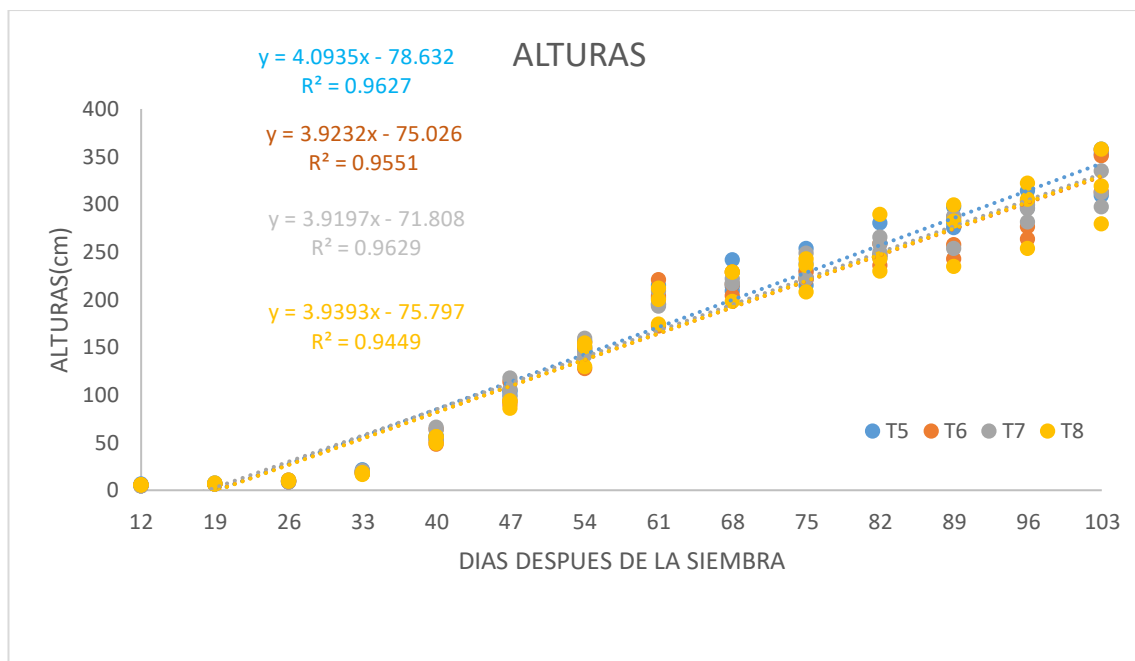


Figura 4.2 Crecimiento en la altura de la planta de pepino (*Cucumis sativus* L.), desde los 19 a los 103 (DDS) en los tratamientos 5 y 6 con la interacción de las rizobacterias *Bacillus paralicheniformis* y *Pseudomonas lini*, y tratamiento 7 y 8 los tratamientos testigos. Analizadas en la UAAAN-UL, 2021.

Cuadro 4.1 Ecuaciones de regresión para la variable altura de plantas en los tratamientos inoculadas con rizobacterias en el híbrido de pepino #4 americano con altura a los 40 y 80 días de la siembra UAAAN-UL, 2021.

BACTERIA	FERTILIZACIÓN	ECUACIONES	R <sup>2</sup>	Promedio en cm	
				40 DDS	80 DDS
A1	B1	$y = - 77.708+4.0599x$	0.973	84.69	247.08
A1	B2	$y = - 90.801+4.2903x$	0.949	80.81	252.42
A2	B1	$y = - 74.932+3.966x$	0.948	83.71	242.35
A2	B2	$y = - 87.276+4.2917x$	0.962	84.39	256.06
A3	B1	$y = - 78.632+4.0935x$	0.963	85.11	248.85
A3	B2	$y = - 75.026+3.9232x$	0.955	81.90	238.83
A4	B1	$y = - 71.808+3.9197x$	0.963	84.98	241.77
A4	B2	$y = - 75.797+3.9393x$	0.945	81.78	239.35

El incremento de la altura en las plantas de pepino vario significativamente para las Rizobacterias, en combinación con las concentraciones de fertilización, se obtuvo la mejor altura 256.06 cm a los 80 días con la bacteria *Pseudomonas*

*lini* (A2) y la fertilización al 75 % (B2), y la menor altura fue de 238.83 con una fertilización al 75 % y la interacción de *Pseudomonas lini* y *Bacillus paralicheniformis* (A3). En cuanto a las diferentes fertilizaciones, se observó que los resultados no variaron demasiado es decir que no hubo gran significancia.

De acuerdo Galindo et al., (2014), obtuvo resultados de altura de 211 cm. En otro estudio realizado con fertilizantes orgánicos en el cultivo de pepino se obtuvo una altura de 143 cm (Ghasem, et al., 2014). Los resultados de este proyecto son superior al de las otras investigaciones.

#### 4.1.3 Diámetro del tallo

El crecimiento del diámetro de los tallos de las plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.). Se presentó en una gráfica lineal, en donde la variable dependiente (y) es el diámetro y la variable independiente (x) días después de la siembra (DDS). En donde los resultados de la ecuación de regresión ( $R^2$ ) de todos los tratamientos fueron favorables, ya que oscila entre 85 y 93% en la variable de diámetro de tallo. Como se observa en la figura 4.3 y 4.4.

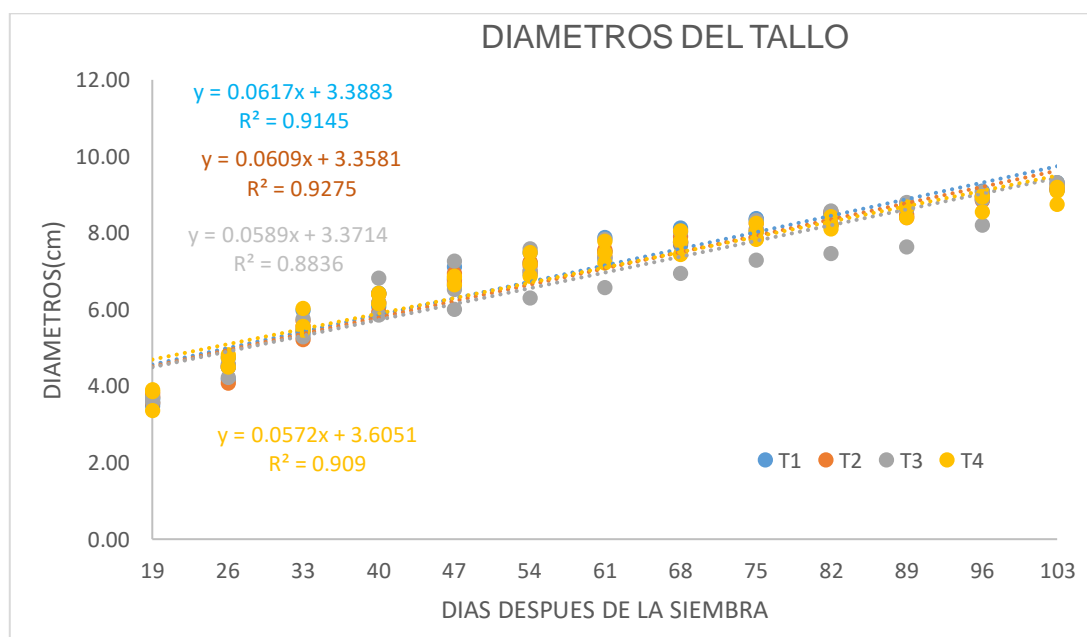


Figura 4.3 Crecimiento en el tallo de la planta de pepino (*Cucumis sativus* L.), desde los 19 a los 103 (DDS) en los tratamientos 1 y 2 con las rizobacterias *Bacillus paralicheniformis* y tratamiento 3 y 4 con *Pseudomonas lini*. Analizadas en la UAAAN-UL, 2021.

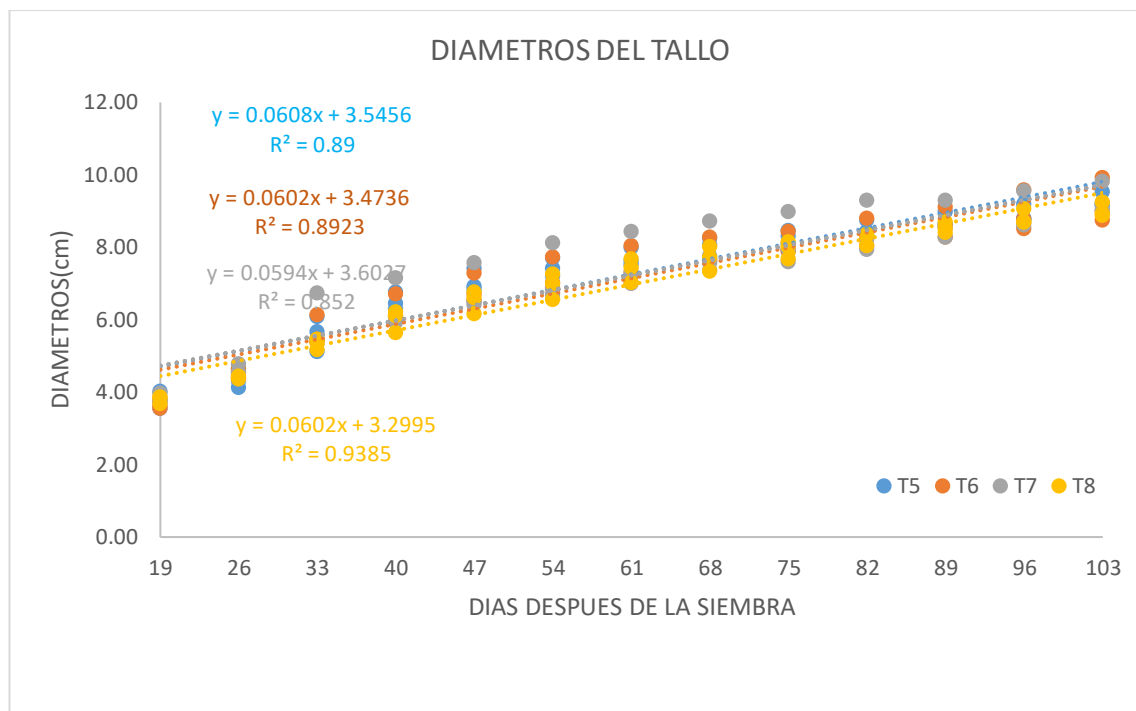


Figura 4.4 Crecimiento en el tallo de la planta de pepino (*Cucumis sativus* L.), desde los 19 a los 103 (DDS) en los tratamientos 5 y 6 con la interacción de las rizobacterias *Bacillus paralicheniformis* y *Pseudomonas lini*, y tratamiento 7 y 8 los tratamientos testigos. Analizadas en la UAAAN-UL, 2021.

Cuadro 4.2 Ecuaciones de regresión para la variable diámetro de plantas en los tratamientos inoculadas con rizobacterias en el híbrido de pepino #4 americano con diámetros a los 40 y 80 días de la siembra UAAAN-UL, 2021.

BACTERIAS	FERTILIZACION	ECUACIONES	R <sup>2</sup>	Promedio en mm	
				40 DDS	80 DDS
A1	B1	Y= 3.3883-0.0617x	0.915	5.86	8.32
A1	B2	y=3.3581-0.0609x	0.928	5.79	8.23
A2	B1	y=3.3714-0.0589x	0.884	5.73	8.08
A2	B2	y=3.6051-0.0572x	0.909	5.89	8.18
A3	B1	Y=3.5456-0.0608x	0.890	5.98	8.41
A3	B2	Y=3.4736-0.0602x	0.892	5.88	8.29
A4	B1	y=3.6027-0.0594x	0.852	5.98	8.35
A4	B2	Y=3.2995-0.0602x	0.939	5.71	8.35

En el crecimiento del tallo de la planta de pepino no hubo significancia entre las rizobacterias, aunque el mayor diámetro registrado fue de 8.41 a los 80 días con la interacción de *Bacillus paralicheniformis* y *Pseudomonas lini* (A3), con

la fertilización al 100 % (B1). El menor diámetro de tallo fue de 8.08 con *Pseudomonas lini* (A2) y la fertilización al 100 % (B1).

Según Ortiz, *et al.*, 2009. Obtuvo resultados de diámetro de tallos en el pepino de 7.46 mm con la variedad “Monarch” en condiciones de invernadero y con un sistema hidropónico. En comparación con este proyecto, los resultados de la investigación anterior son inferiores ya que los diámetros son mayores en esta variedad.

#### 4.1.3 Número de hojas

En el crecimiento de hojas de la planta de pepino (*Cucumis sativus*, L.). Se presentó en una gráfica lineal, en donde la variable dependiente (y) son el número de hojas (cm) y la variable independiente (x) días después de la siembra (DDS). En donde los resultados de la ecuación de regresión ( $R^2$ ) de todos los tratamientos fueron favorables, ya que oscilan entre 93 y 99 % en la variable de número de hojas, como se observa en las figuras 4.5 y 4.6.

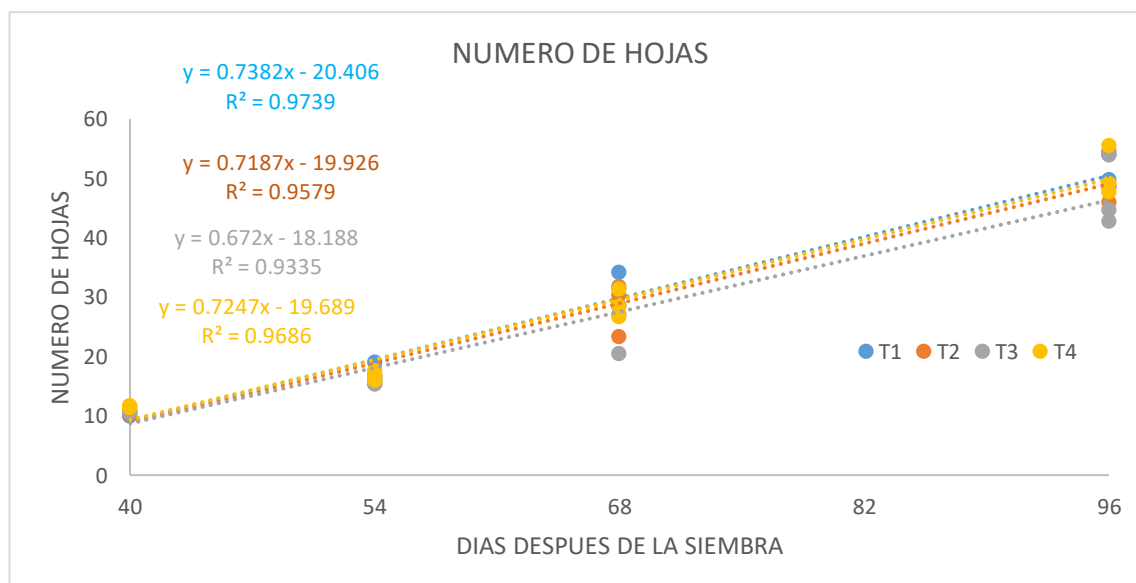


Figura 4.5 Crecimiento de hojas en la planta de pepino (*Cucumis sativus* L.), desde los 40 a los 96 (DDS) en los tratamientos 1 y 2 con las rizobacterias *Bacillus paralicheniformis* y tratamiento 3 y 4 con *Pseudomonas lini*. Analizadas en la UAAAN-UL, 2021.

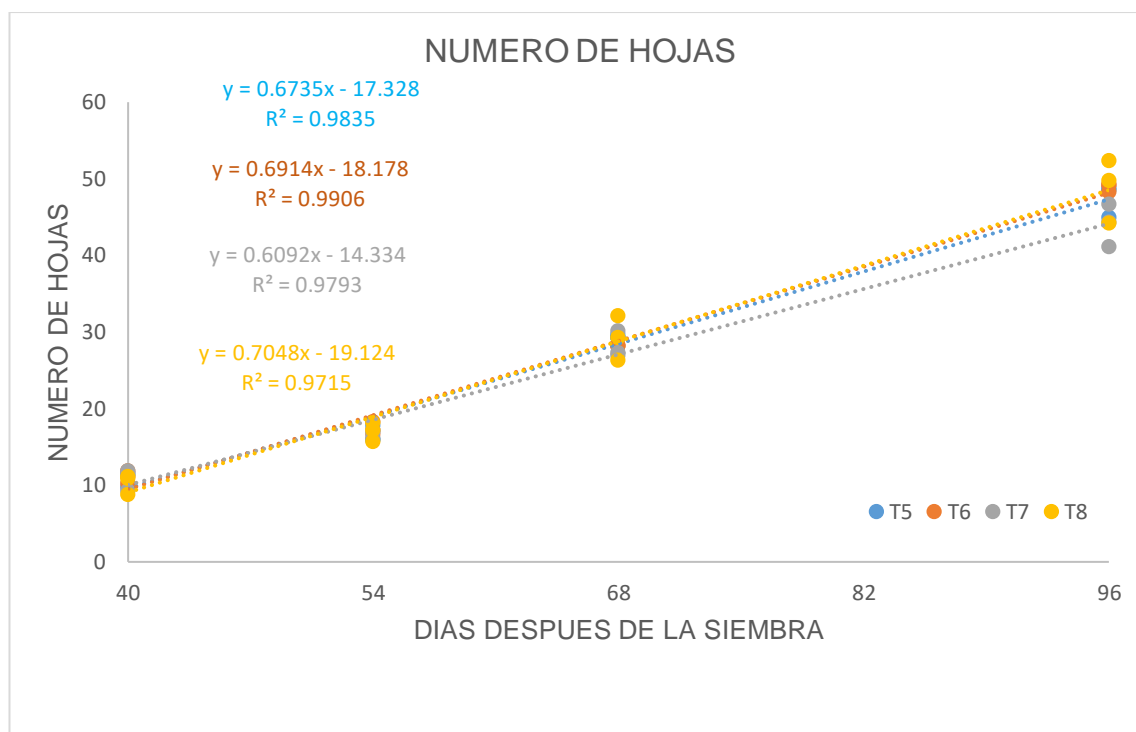


Figura 4.6 Crecimiento de hojas en la planta de pepino (*Cucumis sativus* L.), desde los 40 a los 96 (DDS) en los tratamientos 5 y 6 con la interacción de las rizobacterias *Bacillus paralicheniformis* y *Pseudomonas lini*, y tratamiento 7 y 8 los tratamientos testigos. Analizadas en la UAAAN-UL, 2021.

Cuadro 4.3 Ecuaciones de regresión para la variable de hojas de pepino en los tratamientos inoculadas con rizobacterias en el híbrido de pepino #4 americano con número de hojas a los 40 y 80 días de la siembra UAAAN-UL, 2021.

BACTERIAS	FERTILIZACION	ECUACIONES	R <sup>2</sup>	N. DE HOJAS	
				40 DDS	80 DDS
A1	B1	Y= -20.406+0.7382x	0.974	9.12	38.65
A1	B2	y=-19.926+0.7178x	0.958	8.79	37.50
A2	B1	y=-18.188+0.672x	0.934	8.69	35.57
A2	B2	y=-19.689x+0.7247	0.969	9.30	38.29
A3	B1	Y=-17.328+0.6735x	0.984	9.61	36.55
A3	B2	Y=-14.334+0.6092x	0.991	10.03	34.40
A4	B1	y=-14.334+0.6092x	0.979	10.03	34.40
A4	B2	Y=-19.124+0.7048x	0.972	9.07	37.26



El crecimiento de número de hojas de la planta de pepino hubo una pequeña variación entre las rizobacterias. Obteniendo el mayor número de hojas con las rizobacterias *Bacillus paralicheniformis* (A1) y fertilización al 100 % (B1) con 38 hojas a los 80 días y el menor número de hojas con el testigo (A4) y una fertilización de 100% con 34 hojas. En cuanto al número de hojas en pepino aún no hay investigaciones que afirmen nuestro resultado.

## 4.2 Calidad del fruto

### 4.2.1 Peso del fruto

Los análisis de varianza de peso de fruto no se obtuvieron diferencia significativa en soluciones ni en bacterias, sin embargo el mayor peso de fruto es de 404.02 g de la interacción de ambas bacterias (*Bacillus paralicheniformis*, *Pseudomonas lini*) (A3), y en las fertilizaciones la más alta fue 394.26 g de la solución al 100 % como se muestra en el cuadro 4.4. De acuerdo a Suniaga *et al.*, (2008) encontraron pesos de frutos desde 271 a 422 gramos en pepino con la variedad "Poinsett 76". Rivera, (2008) en su estudio de pepino reporto frutos de 366 g. Es decir que los resultados de este proyecto están dentro del rango obtenido de peso de fruto en pepino en otras investigaciones.

Cuadro 4.4 Media general de peso de fruto y su significancia para la variable bacterias y solución. UAAAN-UL 2021.

Peso del fruto		
Bacterias	Media (g)	Significancia
<i>Bacillus paralicheniformis</i> * <i>Pseudomonas lini</i> (A3)	404.02	a
<i>Pseudomonas lini</i> (A2)	398.28	a
Testigo (A4)	390.97	a
<i>Bacillus paralicheniformis</i> (A1)	368.73	a
solución		
100 % (B1)	394.26	a
50 % (B2)	386.74	a

#### 4.2.2 Largo de frutos

Los análisis de varianza para el largo de fruto no se reflejaron diferencias significativas ni para bacterias ni solución, y la media más alta fue de 22.87 cm de la interacción de ambas bacterias (A3), y 22.68 cm de la solución al 100 % como se muestra en el cuadro 4.5. López-Elías et al., (2015) evaluaron la producción y calidad de pepino bajo condiciones de invernadero y obtuvieron un largo de frutos de 25.7 cm. En otra investigación de Marcano et al., (2012) estudiaron el crecimiento y desarrollo del cultivo de pepino, obteniendo una longitud de 21.3 cm. Es decir que los resultados obtenidos de este proyecto se encuentran dentro del rango de longitud de pepino que ha resultado en otros proyectos e incluso por encima de otros resultados.

Cuadro 4.5 Media general de largo de frutos y su significancia para la variable bacterias y solución. UAAAN-UL 2021.

Largo de frutos		
Bacterias	Media (cm)	Significancia
<i>Bacillus paralicheniformis</i> * <i>Pseudomonas lini</i> (A3)	22.87	a
<i>Pseudomonas lini</i> (A2)	22.78	a
Testigo (A4)	22.58	a
<i>Bacillus paralicheniformis</i> (A1)	22.10	a
solución		
100 % (B1)	22.68	a
50 % (B2)	22.48	a

#### 4.2.3 Diámetro de frutos

Los análisis para los diámetros de frutos no presentaron gran significancia entre los resultados de la variable bacteria y solución. El mayor diámetro entre bacterias fue de 46.09 mm, y para solución la más alta fue de 46.36 mm como se muestra en el cuadro 4.6. Shaw et al., (2000) obtuvieron diámetros de fruto entre 3.80 y 4.4 cm. En otra investigación Jasso-chaverria, et al., (2005) obtuvo valores entre 3.5 y 3.70 cm. De acuerdo con los datos de este proyecto supero ligeramente a la investigación antes mencionada.

Cuadro 4.6 Media general de diámetro de frutos y su significancia para la variable bacterias y solución. UAAAN-UL 2021.

Diámetro de frutos		
Bacterias	Media (mm)	Significancia
<i>Bacillus paralicheniformis</i> * <i>Pseudomonas lini</i> (A3)	46.09	a
Testigo (A4)	46.07	a
<i>Pseudomonas lini</i> (A2)	46.03	a
<i>Bacillus paralicheniformis</i> (A1)	45.25	a
solución		
100 % (B1)	46.36	a
50 % (B2)	45.35	a

#### 4.2.4 Dureza de cascara

Los análisis de varianza para dureza de cascara no presentaron mucha significancia en los resultados entre bacterias ni entre soluciones. La mayor media de dureza de cascara fue de 4.63 kg de la interacción de ambas bacterias (A3), y la mayor dureza de cascara de solución fue de 4.60 al 50 % (B2) como se muestra en el cuadro 4.7. López-Elías *et al.*, (2005) encontraron una firmeza de cascara de 5.00 kg. De acuerdo a la investigación anterior este proyecto es levemente superado.

Cuadro 4.7 Media general de la dureza de cascara y su significancia para la variable bacterias y solución. UAAAN-UL 2021.

Dureza de cascara		
Bacterias	Media (kg)	Significancia
<i>Bacillus paralicheniformis</i> * <i>Pseudomonas lini</i> (A3)	4.63	a
<i>Bacillus paralicheniformis</i> (A1)	4.56	a
<i>Pseudomonas lini</i> (A2)	4.54	a
Testigo (A4)	4.44	a
solución		
50 % (B2)	4.60	a
100 % (B1)	4.48	a

#### 4.2.5 Dureza de pulpa

Los análisis de varianza para dureza de pulpa no presentaron gran significancia de los resultados de bacterias y solución. La media más alta de dureza de pulpa fue de 2.58 de la interacción de ambas bacterias (A3) y en soluciones 2.56 de la solución al 50% (B2) como se muestra en el cuadro 4.8. No se encontró investigaciones con resultados de medias de dureza de pulpa, aunque esta es una característica de importancia en la calidad de pepino.

Cuadro 4.8 Media general de dureza de pulpa y su significancia para la variable bacterias y solución. UAAAN-UL 2021.

Dureza de pulpa		
Bacterias	Media (kg)	Significancia
<i>Bacillus paralicheniformis</i> * <i>Pseudomonas lini</i> (A3)	2.58	a
<i>Bacillus paralicheniformis</i> (A1)	2.53	a
Testigo (A4)	2.46	a
(A1) <i>Pseudomonas lini</i> (A2)	2.46	a
solución		
50 % (B2)	2.56	a
100 % (B1)	2.45	a

#### 4.2.6 Ancho de pulpa

Los análisis de varianza de ancho de pulpa mostraron una significancia en la variable bacteria. La mayor media de ancho de pulpa fue de 14.93 mm con la (A3) y la menor de 14.12 mm con la (A4). En cuanto a la variable de solución no se encontró significancia, obteniendo una media de 14.45 mm como la más alta con la solución al 100 % (B1) como se muestra en el cuadro 4.9. No se encontró investigaciones con resultados de medias de ancho de pulpa, aunque esta es una característica de importancia en la calidad de pepino.

Cuadro 4.9 Media general de ancho de pulpa y su significancia para la variable bacterias y solución. UAAAN-UL 2021.

Ancho de pulpa		
Bacterias	Media (mm)	Significancia
<i>Bacillus paralicheniformis</i> * <i>Pseudomonas lini</i> (A3)	14.93	a
<i>Pseudomonas lini</i> (A2)	14.37	b
<i>Bacillus paralicheniformis</i> (A1)	14.32	b
Testigo (A4)	14.12	b
solución		
100 % (B1)	14.45	a
50 % (B2)	14.42	a

#### 4.2.7 Grados Brix

Los análisis de varianza de grados Brix no mostraron significancia entre las bacterias ni entre las soluciones. Obteniendo como la media más alta de 4.24 en bacterias con la (A2), y 4.09 con la variable de solución con la (B1) como se muestra en el cuadro 4.10. López-Elías *et al.*, (2015) obtuvieron 3.3 Brix de sólidos solubles totales. En otra investigación se obtuvo 2.5 Brix de sólidos solubles Pardo *et al.*, (2014). Es decir que los resultados de este proyecto superan a los resultados de las investigaciones antes mencionadas.

Cuadro 4.10 Media general de Grados Brix y su significancia para la variable bacterias y solución. UAAAN-UL 2021.

Grados Brix		
Bacterias	Media	Significancia
<i>Pseudomonas lini</i> (A2)	4.24	a
Testigo (A4)	4.10	a
<i>Bacillus paralicheniformis</i> (A1)	4.03	a
<i>Bacillus paralicheniformis</i> * <i>Pseudomonas lini</i> (A3)	3.95	a
solución		
100 % (B1)	4.09	a
50 % (B2)	4.07	a

### 4.3 Rendimiento

De acuerdo a los resultados de los rendimientos se pudo observar que no hay significancia en cuanto al factor A bacterias. A diferencia del factor B en el cuadro 4.4, en el que se observa una significancia entre soluciones ya que se obtuvo mayor rendimiento con la solución al 100 %.

Cuadro 4.4 rendimiento de pepino en invernadero obtenido del factor de solución nutritiva.

Concentración de la solución	Rendimiento (t*ha)
100% (C1)	69.3 a
75%(C2)	63.6 b
<b>Media</b>	<b>66.4</b>

En la investigación realizada por Ghasem *et al.*, (2014) obtuvo un rendimiento de 6,461.00 kg\*ha<sup>-1</sup>. En Colombia se realizó una investigación con cinco genotipos de pepino con una densidad de 1.4 plantas/m<sup>2</sup> y se obtuvo rendimientos entre 6.0 y 6.5 kg/m<sup>2</sup> (Monsalve *et al.*, 2012). Además en la investigación realizada por Ayala *et al.*, (2018) evaluó pepino: selecto, con rendimiento de 22.4 t\*ha<sup>-1</sup>. De acuerdo a las investigaciones anteriores, los resultados en este proyecto fueron superiores obteniendo un rendimiento entre 69.3 y 63.6 t\*ha<sup>-1</sup>.

## 5. CONCLUSIÓN

Con base a los resultados obtenidos en este proyecto se llegó a las siguientes conclusiones:

En el desarrollo vegetativo de la planta de pepino, se obtuvieron valores más altos de altura, diámetro y hojas que otras investigaciones. Es decir que las rizobacterias fueron el factor determinante para estos resultados ya que, los valores más altos se presentaron con los tratamientos de rizobacterias, caso contrario con los tratamientos del testigo (sin bacteria). Obteniendo los datos más altos con la rizobacterias *Pseudomonas lini* con la interacción del 75 %.

En calidad de pepino no se encontró significancia entre las rizobacterias. En el caso de las fertilizaciones tampoco se encontró significancia entre las dos concentraciones, es decir, que para poder reducir el uso de fertilizantes podemos utilizar la concentración al 75 %.

El rendimiento obtenido fue favorable para este proyecto a comparación de otras investigaciones podría ser debido al número de plantas por metro cuadrado, las rizobacterias y la fertilización.

## 6. LITERATURA CITADA

- Acebedo, A. (2009). Influencia de tres dosis de fitoma en el cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de huerto intensivo. Ministerio de Educación Superior Centro Universitario "Vladimir I Lenin". 7.
- Ayala-Tafoya, F., López, C., Yáñez, M., Díaz, T., Velázquez, J., Martín, J., y Delgado, P. (2018). Densidad de plantas y poda de tallos en la producción de pepino en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Vol. 10, p89-90.
- Casaca, A. D., (2005). El cultivo de pepino. Documento técnico, Guías de frutas y vegetales.
- Casilimas, H., Bojaca, C., Monsalve, O., (2012). Manual de producción de pepino bajo invernadero. Primera edición. Printed in Colombia. P17-18.
- Chacón, K. y Monge, J. E. (2016). Evaluación de rendimiento y calidad de tres genotipos de pepino tipo mini (*Cucumis sativus* L.) cultivados bajo invernadero en costa rica, durante la época seca. *Tecnología en Marcha*. 10.18845. 15.
- Chanchignia, H. (2015). Aplicación de rizobacterias que promueven el crecimiento en plantas (PGPR) del género *Pseudomonas* spp como controladores biológicos de insectos y nematodos-plagas. *Ciencia y tecnología*. 8(1):25-35. 25-26.
- Dávila, F., Mendosa, A., Reyes, E., Matey, W., (2017). Estrategia MIP del cultivo de pepino *Cucumis sativus* L. Tesis para el título de Ingeniero Agrónomo. Managua, Nicaragua. Departamento de producción Vegetal. Universidad Nacional Agraria Facultad de Agronomía.
- Demolin, G. L., Picanco, M., Carvalho, R. N. y Carvalho, C. E. (2006). Factors affecting the attack rate of *Bemisia tabaco* on cucumber. *Pesq. Agropec. Bras. Brasilia*. 1241.



- Espinosa, B. (2017). Inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en tomate (*Solanum Lycopersicon*) cv. Afrodita en invernadero. *Terra Latinoamérica*. 35:169-178. 170-171.
- Galindo Pardo, F. V., Fortis Hernández, M., Preciado Rangel, P., Trejo Valencia, R., Segura Castruita, M. A., Y Orozco Vidal, J.A., 2014. Caracterización físico-química de sustratos orgánicos para producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo sistema protegido. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(7), 1219-1232.
- Ghasem, S., Maryam, T., y Azimzadeh, S. (2014). Effect of organic fertilizers on cucumber (*Cucumis sativus* L.) yield. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. P808-814.
- González, G., Espinoza, B., Cano, p., Moreno, A., Leos, L., Sánchez, H., Sáenz, J. (2018). Influencia de rizobacterias en la producción y calidad nutracéutica de tomate bajo condiciones de invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 368.
- González, N., Martínez, B. e Infante, D. (2010). Mildiu polvoriento en las cucurbitáceas. *Rev. Protección Veg.* 46.
- Illescas, L. A. (2018). Evaluación de distanciamiento de siembra en pepino partenocárpico. Universidad Rafael Landívar. 6.
- Infoagro., (2019). El cultivo de pepino. Guía práctica para la producción profesional e intensiva del pepino, hortaliza de la familia de las cucurbitáceas. Copyright Infoagro systems, S.L.
- Jasso-Chaverria, C., Hochmuth, G. J., Hochmuth, R. C., y Sargent, S. A. (2005). Fruit yield, size and color responses of two greenhouse cucumber types to nitrogen fertilization in perlite soilless culture. *HortTechnology*.p 565-571.
- Juárez, P., Bugarín, R., Sánchez, A. L., Balois, R., Juárez, C. R., y Cruz, E. (2011). Horticultura protegida en Nayarit, México: situación actual y perspectivas. *Revistas Bio Ciencias*. 17.
- López, C. M. (2003). Cultivo del pepino. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. 11.

- López, J. (2015). Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en función de la densidad de plantación en condiciones de invernadero. *European Scientific Journal*. 11: 1857-7881. 26-27.
- Marcano, C., Acevedo, I., Contreras, J., Jiménez, O., Escalona, A., y Pérez, P. (2012). Crecimiento y desarrollo del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en la zona hortícola de Humocaró bajo, estado de Lara, Venezuela. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3(8). P 1629-1639.
- Monsalve, O. I., Casilimas, H. A., Y Bojaca, C. R. (2012). Evaluación técnica y económica del pepino y el pimentón como alternativas al tomate bajo invernadero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. Vol. 5.p82.
- Moreno, A., García, V., Reyes, J. L., Vásquez, J., Cano, P. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Rev. Colomb. Biotecnol*. 10.15446. 69.
- Muñoz, J. (2005). La comarca lagunera, constructo cultural. Universidad Iberoamericana Torreón. 17-18
- Olalde, V., Mastache, A., Carreño, E., Martínez, J y Ramírez, M., (2014). El sistema de tutorado y poda sobre el rendimiento de pepino en ambiente protegido. *Asociación interciencia Venezuela*. Vol.39.p712.
- Ortiz, J. (2009). Características deseables de plantas de pepino crecidas en invernaderos hidroponía en altas densidades de población. *Fitotec*. 32:289-294. 289-290.
- Pablo, P. (1992). Cultivo de pepino. Fundación de Desarrollo Agropecuario, Inc. 2-3.
- Piguillem, J. P. (2004). Competitividad del pepino mexicano en el mercado internacional. Universidad Autónoma de Nuevo Leon. 2.
- Quinchiguango, E. P. (2017). Evaluación del rendimiento de dos híbridos de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) sometidos a tres niveles de fertilización química en la zona de monte olivo, Cantón Bolívar, Provincia del Carchi. Universidad Técnica de Babahoyo. 6.

- Ramírez, G., Rico, G., Mercado, A., Ocampo, R., Guevara, R. y Soto, G. Efecto del manejo cultural y sombreo sobre la productividad del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.). CIENCIAUAQ.P.2.
- Reche, J. (2011). Cultivo del pepino en invernadero. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 31-32.
- Rivera, M. E., (2013). Evaluación a la respuesta del pimiento (*Capsicum annum* L.) variedad canon y del pepino (*Cucumis sativus* L.) variedad primavera a la inoculación con rizobacterias. Doctoral dissertation. P61.
- Rodríguez, P. y Castillo, J. (2010). Producción local de pepino (*Cucumis sativus* L.). Híbrido sarig 454 y su impacto sobre el crecimiento y productividad del cultivo en dependencia de la biofertilización foliar en un agro ecosistema santiaguero. Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba. 116.
- Romero, E., Rodríguez, A., Razuri, L., Suniaga, J. y Mantilla, E. (2009). Estimación de las necesidades hídricas del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.), durante las diferentes etapas fenológicas, mediante la tina de evaporación. Volumen 16.p57.
- Sagarpa. (2015). Márgenes de comercialización. SIAP.
- Sandí, C. G. (2016). Crecimiento, producción y absorción nutricional del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) con dos soluciones nutritivas en ambiente protegido en la zona de san Carlos, costa rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 11-12.
- Shaw, N. L., Cantliffe, D. J., Rodríguez, J. C., Taylor, S., y Spencer, D. M. (2000). Beit Alpha cucumber – an exciting new greenhouse crop. Proceedingd of the Florida States Horticultural Society.p247-253.
- Solís, A., (2017). El cultivo de pepino en varios sistemas de producción. Unidad de aprendizaje hortofruticultura.
- Suniaga, J., Rodríguez, A., Razuri, L., Romero, E., y Montilla, E. (2008). Fertilización mediante fertirriego, durante diferentes etapas del ciclo de

cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.) en condiciones de bosque seco. Agricultura Andina. P56-65.

- Valcárcel, J. V., (2017). Racionalización de la colección de pepino (*Cucumis sativus* L.) del banco de germoplasma del Coman. Valencia. Tesis doctoral.
- Yáñez, M. G., Leon, J. F., Godoy, T. P., Gastélum, R., López, M., Cruz, J. E., y Cervantes, L. (2012). Alternativas para el control de la cenicilla (*Oidium* sp.) en pepino (*Cucumis sativus* L.). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol. 3. 260.
- Zamora, E. (2016). Algunas fisiopatías de frutos, tallos y hojas en cultivos protegidos. Universidad de Sonora. 1.
- Zamora, E. (2017). El cultivo de pepino persa (*Cucumis sativus* L.) bajo cubiertas plásticas. Universidad de Sonora. 4.
- Zoppolo, R., Faroppa, S., Bellenda, B., García, M. (2008). Alimentos en la huerta. Universidad de la República Uruguay. 100.

## 7. APENDICES

**Cuadro A.1.** Análisis de varianza para la variable rendimiento a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	106.232	53.116	1.80	0.2023
Bacteria (B)	3	121.16	40.386	1.37	0.2940
Concentración (C)	1	196.222	196.222	6.63	0.0220
B*C	3	41.284	13.761	0.47	0.7112
Error	14	414.22	29.587		
Total	23	879.119			

**Cuadro A.2.** Análisis de varianza para la variable peso de fruto de la primera cosecha a través de la bacterias, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL.2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	14680.517	7340.259	3.50	0.0586
Bacteria (B)	3	12827.519	4275.840	2.04	0.1549
Concentración (C)	1	46.668	46.668	0.02	0.8836
B*C	3	1948.254	649.418	0.31	0.8182
Error	14	29384.332	2098.881		
Total	23	58887.290			

**Cuadro A.3.** Análisis de varianza para la variable peso de fruto de la segunda cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo- septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	17883.390	8941.695	1.69	0.2197
Bacteria (B)	3	23222.947	7740.982	1.46	0.2668
Concentración (C)	1	1968.249	1968.249	0.37	0.5514
B*C	3	6831.937	2277.312	0.43	0.7341
Error	14	73982.452	5284.461		
Total	23	123888.976			

**Cuadro A.4.** Análisis de varianza para la variable peso de fruto de la tercera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL.2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	9963.555	4981.778	2.36	0.1310
Bacteria (B)	3	14954.688	4984.896	2.36	0.1155
Concentración (C)	1	758.318	758.318	0.36	0.5587
B*C	3	6704.469	2234.823	1.06	0.3982
Error	14	29577.837	2112.703		
Total	23	61958.867			

**Cuadro A.5.** Análisis de varianza para la variable peso de fruto de la cuarta cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	21544.857	10772.428	4.20	0.0372
Bacteria (B)	3	3653.057	1217.686	0.47	0.7048
Concentración (C)	1	25.967	25.967	0.01	0.9213
B*C	3	2736.600	912.200	0.36	0.7858
Error	14	35904.431	2564.602		
Total	23	63864.912			

**Cuadro A.6.** Análisis de varianza para la variable largo de fruto de la primera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	8.624	4.312	2.63	0.1068
Bacteria (B)	3	6.479	2.160	1.32	0.3074
Concentración (C)	1	0.026	0.026	0.02	0.9019
B*C	3	0.474	0.158	0.10	0.9606
Error	14	22.910	1.636		
Total	23	38.513			

**Cuadro A.7.** Análisis de varianza para la variable largo de fruto de la segunda cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL.2021.

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M</b>	<b>F</b>	<b>SIGNIFICANCIA</b>
Bloque	2	16.040	8.020	3.05	0.0797
Bacteria (B)	3	7.668	2.556	0.97	0.4341
Concentración (C)	1	0.107	0.107	0.04	0.8435
B*C	3	3.257	1.086	0.41	0.7467
Error	14	36.859	2.633		
Total	23	63.930			

**Cuadro A.8.** Análisis de varianza para la variable largo de fruto de la tercera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M</b>	<b>F</b>	<b>SIGNIFICANCIA</b>
Bloque	2	1.291	0.645	0.42	0.6620
Bacteria (B)	3	6.894	2.298	1.51	0.2546
Concentración (C)	1	0.557	0.557	0.37	0.5544
B*C	3	8.805	2.935	1.93	0.1708
Error	14	21.267	1.519		
Total	23	38.813			

**Cuadro A.9.** Análisis de varianza para la variable largo de fruto de la cuarta cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M</b>	<b>F</b>	<b>SIGNIFICANCIA</b>
Bloque	2	2.201	1.100	0.42	0.6653
Bacteria (B)	3	1.919	0.640	0.24	0.8642
Concentración (C)	1	0.459	0.459	0.17	0.6821
B*C	3	2.930	0.977	0.37	0.7742
Error	14	36.707	2.622		
Total	23	44.215			

**Cuadro A.10.** Análisis de varianza para la variable diámetro de fruto de la primera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	27.192	13.596	1.71	0.2159
Bacteria (B)	3	12.150	4.050	0.51	0.6816
Concentración (C)	1	19.469	19.469	2.45	0.1396
B*C	3	6.256	2.085	0.26	0.8510
Error	14	111.085	7.935		
Total	23	176.151			

**Cuadro A.11.** Análisis de varianza para la variable diámetro de fruto de la segunda cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	27.339	13.669	0.75	0.4906
Bacteria (B)	3	22.807	7.602	0.42	0.7436
Concentración (C)	1	31.259	31.259	1.71	0.2115
B*C	3	40.735	13.578	0.74	0.5431
Error	14	255.288	18.235		
Total	23	377.427			

**Cuadro A.12.** Análisis de varianza para la variable diámetro de fruto de la tercera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	0.941	0.470	1.32	0.2988
Bacteria (B)	3	1.727	0.576	1.61	0.2310
Concentración (C)	1	0.077	0.077	0.22	0.6488
B*C	3	0.110	0.037	0.10	0.9570
Error	14	4.995	0.357		
Total	23	7.850			



**Cuadro A.13.** Análisis de varianza para la variable diámetro de fruto de la cuarta cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	108.750	54.375	4.57	0.0297
Bacteria (B)	3	1.559	0.520	0.04	0.9873
Concentración (C)	1	3.207	3.207	0.27	0.6118
B*C	3	38.246	12.749	1.07	0.3928
Tratamiento	9	151.762	16.862	1.42	0.2694
Error	14	166.577	11.898		
Total	23	318.339			

**Cuadro A.14.** Análisis de varianza para la variable dureza de cascara de la primera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	0.969	0.484	2.21	0.1461
Bacteria (B)	3	0.554	0.185	0.84	0.4923
Concentración (C)	1	0.106	0.106	0.49	0.4975
B*C	3	0.844	0.281	1.29	0.3178
Error	14	3.063	0.219		
Total	23	5.535			

**Cuadro A.15.** Análisis de varianza para la variable dureza de cascara de la segunda cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	0.334	0.167	0.43	0.6564
Bacteria (B)	3	1.452	0.484	1.26	0.3269
Concentración (C)	1	0.004	0.004	0.01	0.9207
B*C	3	0.279	0.093	0.24	0.8661
Error	14	5.392	0.385		
Total	23	7.461			

**Cuadro A.16.** Análisis de varianza para la variable dureza de cascara de la tercera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	0.941	0.470	1.32	0.2988
Bacteria (B)	3	1.727	0.576	1.61	0.2310
Concentración (C)	1	0.077	0.077	0.22	0.6488
B*C	3	0.110	0.037	0.10	0.9570
Error	14	4.995	0.357		
Total	23	7.850			

**Cuadro A.17.** Análisis de varianza para la variable dureza de cascara de la cuarta cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	163.317	81.659	1.04	0.3788
Bacteria (B)	3	194.329	64.776	0.83	0.5012
Concentración (C)	1	119.207	119.207	1.52	0.2379
B*C	3	248.225	82.742	1.06	0.3992
Error	14	1097.873	78.420		
Total	23	1822.951			

**Cuadro A.18.** Análisis de varianza para la variable dureza de pulpa de la primera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	0.255	0.127	0.44	0.6499
Bacteria (B)	3	0.348	0.116	0.40	0.7519
Concentración (C)	1	0.090	0.090	0.32	0.5834
B*C	3	0.397	0.132	0.46	0.7134
Error	14	4.010	0.286		
Total	23	5.100			

**Cuadro A.19.** Análisis de varianza para la variable dureza de pulpa de la segunda cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	0.320	0.160	1.59	0.2395
Bacteria (B)	3	1.036	0.345	3.42	0.0469
Concentración (C)	1	0.421	0.421	4.17	0.0604
B*C	3	1.015	0.338	3.35	0.0496
Error	14	1.412	0.101		
Total	23	4.204			

**Cuadro A.20.** Análisis de varianza para la variable dureza de pulpa de la tercera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	0.267	0.133	0.37	0.6942
Bacteria (B)	3	1.324	0.441	1.24	0.3329
Concentración (C)	1	0.058	0.058	0.17	0.6905
B*C	3	0.762	0.254	0.71	0.5603
Error	14	4.990	0.356		
Total	23	7.404			

**Cuadro A.21.** Análisis de varianza para la variable dureza de pulpa de la cuarta cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	0.267	0.134	0.37	0.6942
Bacteria (B)	3	1.325	0.442	1.24	0.3329
Concentración (C)	1	0.059	0.059	0.17	0.6905
B*C	3	0.763	0.254	0.71	0.5603
Error	14	4.086	0.292		
Total	23	5.688			

**Cuadro A.22.** Análisis de varianza para la variable ancho de pulpa de la primera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL Comarca Lagunera.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	8.829	4.414	6.14	0.0122
Bacteria (B)	3	3.769	1.256	1.75	0.2032
Concentración (C)	1	0.762	0.762	1.06	0.3206
B*C	3	1.813	0.604	0.84	0.4939
Error	14	10.063	0.719		
Total	23	25.235			

**Cuadro A.23.** Análisis de varianza para la variable ancho de pulpa de la segunda cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	3.431	1.716	1.36	0.2887
Bacteria (B)	3	8.648	2.883	2.28	0.1237
Concentración (C)	1	2.203	2.203	1.75	0.2076
B*C	3	1.866	0.622	0.49	0.6929
Error	14	17.669	1.262		
Total	23	33.817			

**Cuadro A.24.** Análisis de varianza para la variable ancho de pulpa de la tercera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	0.072	0.036	0.07	0.9333
Bacteria (B)	3	0.577	0.192	0.37	0.7760
Concentración (C)	1	0.245	0.245	0.47	0.5034
B*C	3	1.130	0.376	0.72	0.5540
Error	14	7.284	0.520		
Total	23	9.310			

**Cuadro A.25.** Análisis de varianza para la variable ancho de pulpa de la cuarta cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	2.376	1.188	0.48	0.6300
Bacteria (B)	3	7.504	2.501	1.01	0.4194
Concentración (C)	1	4.673	4.673	1.88	0.1921
B*C	3	3.823	1.274	0.51	0.6803
Error	14	34.823	2.487		
Total	23	53.200			

**Cuadro A.26.** Análisis de varianza para la variable de grados Brix de la primera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	0.2442	0.12208079	7.43	0.0063
Bacteria (B)	3	0.0219	0.007291	0.44	0.7255
Concentración (C)	1	0.0001	0.000054	0	0.9551
B*C	3	0.1253	0.04176478	2.54	0.0983
Error	14	0.2301	0.01643432		
Total	23	0.6215			

**Cuadro A.27.** Análisis de varianza para la variable de grados Brix de la segunda cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	0.793	0.396	4.37	0.0334
Bacteria (B)	3	0.314	0.105	1.15	0.3622
Concentración (C)	1	0.122	0.122	1.35	0.2654
B*C	3	0.220	0.073	0.81	0.5095
Error	14	1.269	0.091		
Total	23	2.718			

**Cuadro A.28.** Análisis de varianza para la variable de grados Brix de la tercera cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	2.900	1.450	3.72	0.0505
Bacteria (B)	3	1.754	0.584	1.50	0.2576
Concentración (C)	1	0.044	0.044	0.11	0.7408
B*C	3	0.335	0.111	0.29	0.8343
Error	14	5.455	0.389		
Total	23	10.4899625			

**Cuadro A.29.** Análisis de varianza para la variable de grados Brix de la cuarta cosecha a través de la bacteria, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	1.936	0.968	1.02	0.3875
Bacteria (B)	3	2.676	0.892	0.94	0.4497
Concentración (C)	1	0.108	0.108	0.11	0.7410
B*C	3	2.695	0.898	0.94	0.4468
Error	14	13.352	0.954		
Total	23	20.768			

**Cuadro A.30.** Análisis de varianza para la variable peso de frutos de la media de las cuatro cosechas a través de las bacterias, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	9623.570	4811.785	4.27	0.0358
Bacteria (B)	3	4305.397	1435.132	1.27	0.3221
Concentración(C)	1	338.919	338.919	0.30	0.5922
B*C	3	1590.235	530.078	0.47	0.7080
Tratamiento	9	15858.121	1762.013	1.56	0.2192
Error	14	15793.923	1128.137		
Total	23	31652.043			

**Cuadro A.31.** Análisis de varianza para la variable largo de frutos de la media de las cuatro cosechas a través de las bacterias, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	3.143	1.572	2.65	0.1054
Bacteria (B)	3	2.143	0.714	1.21	0.3438
Concentración (C)	1	0.228	0.228	0.39	0.5447
B*C	3	1.962	0.654	1.10	0.3804
Error	14	8.294	0.592		
Total	23	15.771			

**Cuadro A.32.** Análisis de varianza para la variable diámetro de frutos de la media de las cuatro cosechas a través de las bacterias, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	24.594	12.297	1.83	0.1963
Bacteria (B)	3	3.019	1.006	0.15	0.9280
Concentración (C)	1	6.104	6.104	0.91	0.3563
B*C	3	15.973	5.324	0.79	0.5176
Error	14	93.935	6.710		
Total	23	143.626			

**Cuadro A.33.** Análisis de varianza para la variable dureza de cascara de la media de las cuatro cosechas a través de las bacterias, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	0.236	0.118	1.02	0.3849
Bacteria (B)	3	0.102	0.034	0.29	0.8291
Concentración (C)	1	0.084	0.084	0.73	0.4079
B*C	3	0.114	0.038	0.33	0.8031
Error	14	1.613	0.115		
Total	23	2.149			

**Cuadro A.34.** Análisis de varianza para la variable dureza de pulpa de la media de las cuatro cosechas a través de las bacterias, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	0.070	0.035	0.49	0.6231
Bacteria (B)	3	0.066	0.022	0.31	0.8201
Concentración (C)	1	0.074	0.074	1.03	0.3275
B*C	3	0.194	0.065	0.90	0.4640
Error	14	1.001	0.071		
Total	23	1.404			

**Cuadro A.35.** Análisis de varianza para la variable ancho de pulpa de la media de las cuatro cosechas a través de las bacterias, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	1.509	0.754	2.22	0.1456
Bacteria (B)	3	2.165	0.722	2.12	0.1432
Concentración (C)	1	0.006	0.006	0.02	0.8993
B*C	3	0.252	0.084	0.25	0.8621
Error	14	4.761	0.340		
Total	23	8.692			

**Cuadro A.36.** Análisis de varianza para la variable grados Brix de la media de las cuatro cosechas a través de las bacterias, concentración e interacción en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, durante el periodo mayo-septiembre. UAAAN-UL. 2021.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	1.157	0.578	5.44	0.0179
Bacteria (B)	3	0.288	0.096	0.9	0.4643
Concentración (C)	1	0.003	0.003	0.03	0.8672
B*C	3	0.158	0.053	0.5	0.6914
Error	14	1.489	0.106		
Total	23	3.094			