

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS**

**DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA**



**Evaluación de calidad y rendimiento de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.)  
inoculado con rizobacterias bajo condiciones de invernadero.**

**POR:**

**CARLOS ALBERTO CRUZ TREJO**

**TESIS**

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

**INGENIERO AGRONOMO**

**Torreón, Coahuila, México**

**Diciembre del 2019**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS**  
**DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA**

**Evaluación de calidad y rendimiento de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.)  
inoculado con rizobacterias bajo condiciones de invernadero.**

**POR:**

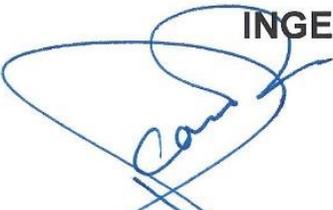
**CARLOS ALBERTO CRUZ TREJO**

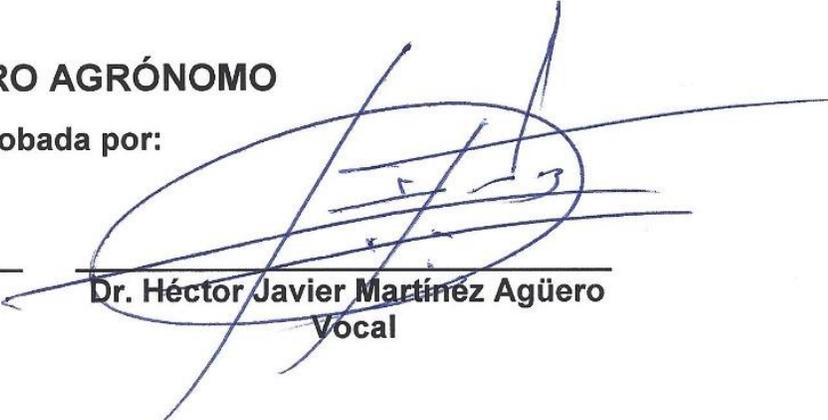
**TESIS**

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

**INGENIERO AGRÓNOMO**

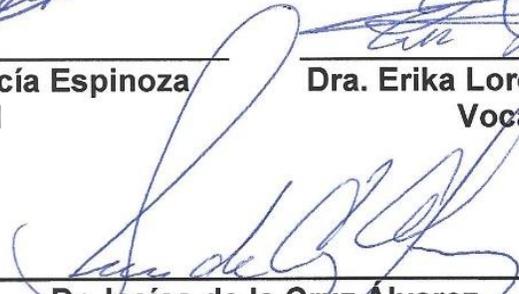
**Aprobada por:**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Pedro Cano Ríos**  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Héctor Javier Martínez Agüero**  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
**M.C. Fabián García Espinoza**  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Erika Lorena López Rodríguez**  
Vocal suplente

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Isaías de la Cruz Álvarez**  
Coordinador interino de la  
División de Carreras Agronómicas

**Torreón, Coahuila, México**  
**Diciembre 2019**



**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS**  
**DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA**

**Evaluación de calidad y rendimiento de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.)  
inoculado con rizobacterias bajo condiciones de invernadero.**

**POR:**

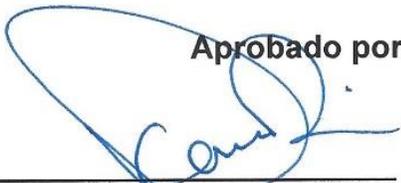
**CARLOS ALBERTO CRUZ TREJO**

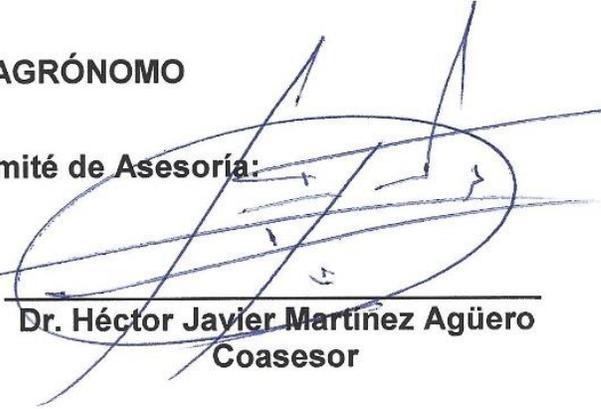
**TESIS**

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

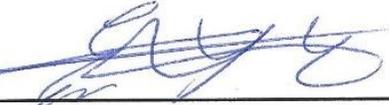
**INGENIERO AGRÓNOMO**

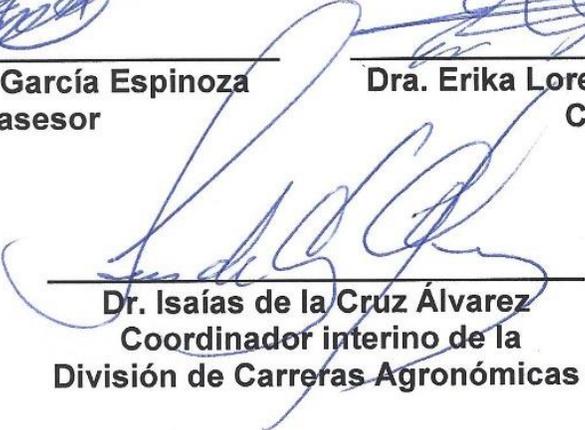
**Aprobado por el Comité de Asesoría:**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Pedro Cano Ríos**  
Asesor principal

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Héctor Javier Martínez Agüero**  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
**M.C. Fabián García Espinoza**  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Erika Lorena López Rodríguez**  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Isaías de la Cruz Álvarez**  
Coordinador interino de la  
División de Carreras Agronómicas

**Torreón, Coahuila, México**  
**Diciembre 2019**



## **AGRADECIMIENTOS**

**A Dios,** Por iluminar mi camino y darme la fuerza y sabiduría necesaria para alcanzar mis metas trazadas

**A mis padres,** Catarino Cruz García y Catalina Trejo Hernández, por haberme dado la vida y poder ayúdame a cumplir mi sueño de ser ingeniero agrónomo.

**Al Dr. Pedro Cano Ríos,** por brindarme todo su apoyo y permitirme ser parte de su proyecto para realizar mi tesis de titulación.

**Al M.C. Bernardo Espinoza Palomeque,** por apoyarme durante la realización de este trabajo de investigación y por brindarme su amistad.

**A mis amigos:** Aurelio Martínez Vega, Nicolás García Ramírez, Jesús Oswaldo Hernández Alvarado, Ángel Guillermo Hernández, Abraham Martínez Hidalgo, Erik Antonio, Miguel Mendoza Cerón, Guadalupe Monserrat Mayo, María Maribel Hernández Gómez y Michael Sánchez Fernández por su apoyo y amistad durante la carrera.

**A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL,** por abrirme las puertas y por haberme dado la oportunidad de superarme y adquirir nuevos conocimientos.

**A la Sra. Aurelia Armijo Nájera,** secretaria de postgrado por su ayuda y apoyo durante mi estancia en la universidad.

## DEDICATORIAS

**A mis padres,** Catarino Cruz García y Catalina Trejo Hernández, por su apoyo incondicional durante todo este tiempo, por toda la confianza que me tuvieron y por no dejarme caer en los momentos más difíciles.

**A mi hermano,** Jesús Antonio Cruz Trejo, por todo el apoyo brindado durante todo este tiempo.

**A mis abuelos,** Epifanía García, Mauro Cruz Zamudio que estén donde estén siempre estarán en mi corazón. Seferino Trejo Trejo por ser como mi segundo padre y estar cuando más lo necesitaba.

**A mi novia,** Cinthia Sabina Lorenzo Sixto, una persona a quien quiero mucho y agradecer por darme su ayuda incondicional en cualquier momento

**A mis tíos,** Ángel Cruz García, Matilde Cruz García, María Cruz García, Adrián Trejo Hernández, Antonio Trejo Hernández y Guadalupe Trejo Hernández por su apoyo incondicional y sus sabios consejos.

## RESUMEN

El chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) es una especie de gran importancia a nivel mundial siendo México el primer exportador y el segundo productor de chile verde. A nivel nacional el estado de Coahuila se encuentra en el lugar número ocho como productor de chile jalapeño. Debido a la gran demanda de esta hortaliza se ha hecho el uso excesivo de fertilizantes inorgánicos que hoy en día es una problemática a nivel mundial, por esta razón se proponen otras alternativas sustentables como son el uso de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (RPCV). El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de inoculación de dos rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal [RPCV (*Bacillus subtilis* y *Aeromonas*)], utilizando una solución nutritiva inorgánica al 100%. El experimento se estableció en un diseño de bloques completamente al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables evaluadas de desarrollo fenológico fueron; (altura de planta, número de hojas y diámetro de tallo), en las variables de calidad de fruto se evaluaron; Número de frutos, Longitud de fruto, Diámetro ecuatorial, Peso de fruto, Firmeza, Espesor de pericarpio, Diámetro de cavidad y Rendimiento de peso. Los datos fueron analizados estadísticamente por un análisis de varianza y las comparaciones de medias mediante las pruebas de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Los resultados indican que la inoculación ejerció un efecto positivo en el desarrollo fenológico de la planta, donde la cepa *Bacillus subtilis* obtuvo un promedio en altura de 108.40 cm, en la variable número de hojas se obtuvo un promedio de 149 hojas por planta con la cepa *Bacillus subtilis* y para el diámetro de tallo se obtuvo un promedio de 14.47mm por planta con la cepa *Aeromonas*. No se encontraron diferencias significativas en las variables. (Número de frutos (C.V. 48.48%) Longitud de fruto (C.V 7.14%), Diámetro ecuatorial (C.V 5.97%) Peso de fruto (C.V 12.45%) Firmeza (C.V 5.93%) Espesor de pericarpio (C.V 7.44%), Diámetro de cavidad (C.V 5.96%) y Rendimiento de peso (C.V 47.85%) esto se atribuye a que presentaron un coeficiente de variación muy elevado. Siendo una alternativa las cepas *Bacillus subtilis* y *Aeromonas* junto con una fertilización inorgánica para el desarrollo fenológico de la planta.

**Palabras claves.** RPCV, *Bacillus subtilis*, *Aeromonas*, Promedio, Solución nutritiva

## INDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>i</b>
<b>DEDICATORIAS</b> .....	<b>ii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>iii</b>
<b>INDICE</b> .....	<b>iv</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS DE APÉNDICE</b> .....	<b>x</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Objetivo</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2 Hipótesis</b> .....	<b>2</b>
<b>II. REVISION DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Origen del cultivo</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2 Clasificación Taxonómica</b> .....	<b>3</b>
<b>2.3 Producción mundial</b> .....	<b>3</b>
<b>2.4 Producción nacional</b> .....	<b>3</b>
<b>2.5 Importancia económica nacional</b> .....	<b>4</b>
<b>2.6 Características morfológicas</b> .....	<b>4</b>
2.6.1 Tipo de planta .....	<b>4</b>
2.6.2 Semilla .....	<b>4</b>
2.6.3 Tallo .....	<b>4</b>
2.6.4 Flores .....	<b>5</b>
2.6.5 Fruto .....	<b>5</b>
<b>2.7 Temperatura y humedad relativa</b> .....	<b>5</b>

<b>2.8</b>	<b>Importancia de las rizobacterias.....</b>	<b>5</b>
<b>2.9</b>	<b>Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal .....</b>	<b>6</b>
<b>2.10</b>	<b>Rizosfera .....</b>	<b>7</b>
<b>2.11</b>	<b>Agricultura protegida en México .....</b>	<b>7</b>
<b>2.12</b>	<b>Generalidades y características de un invernadero .....</b>	<b>7</b>
2.12.1	Ventajas .....	8
2.12.2	Desventajas .....	8
<b>2.13</b>	<b>Agricultura Orgánica .....</b>	<b>9</b>
<b>2.14</b>	<b>Agricultura orgánica en México .....</b>	<b>9</b>
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Ubicación de sitio experimental .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2</b>	<b>Sitio de estudio .....</b>	<b>10</b>
<b>3.3</b>	<b>Propagación de RPCV .....</b>	<b>10</b>
<b>3.4</b>	<b>Material genético .....</b>	<b>10</b>
<b>3.5</b>	<b>Labores culturales .....</b>	<b>10</b>
3.5.1	Siembra.....	10
3.5.2	Preparación de macetas .....	11
3.5.3	Inoculación de las plantas .....	11
3.5.4	Segunda inoculación .....	11
3.5.5	Trasplante.....	11
<b>3.6</b>	<b>Diseño experimental .....</b>	<b>11</b>
<b>3.7</b>	<b>Riegos y aplicación de solución nutritiva .....</b>	<b>12</b>
<b>3.8</b>	<b>Variables a evaluar .....</b>	<b>12</b>
3.8.1	Variables fenológicas.....	12

3.8.1.1 Altura de planta .....	12
3.8.1.2 Diámetro de tallo .....	12
3.8.1.3 Número de hojas .....	12
3.8.2 Evaluación de rendimiento y calidad de fruto .....	13
3.8.2.1 Evaluación de la calidad del fruto .....	13
3.8.2.2 Firmeza .....	13
3.8.2.3 Diámetro ecuatorial .....	13
3.8.2.4 Diámetro de cavidad .....	13
3.8.2.5 Espesor de pericarpio .....	13
3.8.6 Peso del fruto .....	13
<b>3.9 Análisis estadístico .....</b>	<b>13</b>
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>14</b>
<b>Variables vegetativas .....</b>	<b>14</b>
<b>4.1 Altura de planta .....</b>	<b>14</b>
<b>4.2 Número de hojas .....</b>	<b>15</b>
<b>4.3 Diámetro de tallo .....</b>	<b>17</b>
<b>Variables de calidad de fruto .....</b>	<b>18</b>
<b>4.4 Número de frutos .....</b>	<b>18</b>
<b>4.5 Longitud de fruto .....</b>	<b>18</b>
<b>4.6 Diámetro ecuatorial .....</b>	<b>19</b>
<b>4.7 Peso de fruto .....</b>	<b>19</b>
<b>4.8 Firmeza .....</b>	<b>19</b>
<b>4.9 Espesor de pericarpio .....</b>	<b>20</b>
<b>4.10 Diámetro de cavidad .....</b>	<b>20</b>
<b>4.11 Rendimiento de peso .....</b>	<b>20</b>

**V. CONCLUSIONES..... 22**  
**VI. REVISION DE LITERATURA ..... 24**

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Efectos de los tratamientos con rizobacterias <i>Aeromonas</i> , <i>Bacillus subtilis</i> y testigo en la altura de chile jalapeño. UAAAN-UL. 2019. ....	14
<b>Figura 2.</b> Efectos de los tratamientos con rizobacterias <i>Aeromonas</i> , <i>Bacillus subtilis</i> y testigo en número de hojas en plantas de chile jalapeño. UAAAN-UL. 2019. ....	16
<b>Figura 3.</b> Efectos de los tratamientos con rizobacterias <i>Aeromonas</i> , <i>Bacillus Subtilis</i> y testigo en diámetro de tallo en la planta de chile jalapeño. UAAAN-UL. 2019. ....	17

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Temperaturas críticas para el cultivo de chile en las distintas fases de desarrollo. UAAAN-UL 2019.....	5
<b>Cuadro 2.</b> Distribución de tratamientos y sustrato con RPCV. UAAAN-UL. 2019.....	12
<b>Cuadro 3.</b> Ajuste polinomial para la variable altura semanal en los tratamientos de rizobacterias y testigo estudiados. UAAAN-UL.2019. ....	15
<b>Cuadro 4.</b> Ajuste polinomial para la variable número de hojas semanal en los tratamientos de rizobacterias y testigo estudiados. UAAAN-UL.2019.....	16
<b>Cuadro 5.</b> Ajuste polinomial para la variable diámetro del tallo semanal en los tratamientos de rizobacterias y testigo estudiados. UAAAN-UL.2019. ....	18

## ÍNDICE DE CUADROS DE APÉNDICE

<b>Cuadro 1 A.</b> Análisis de varianza para la variable número de frutos en el testigo y las rizobacterias estudiadas. UAAAN- UL 2019 .....	30
<b>Cuadro 2 A.</b> Análisis de varianza para la variable longitud de frutos en el testigo y las rizobacterias estudiadas. UAAAN- UL 2019 .....	30
<b>Cuadro 3 A.</b> Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial en el testigo y las rizobacterias estudiadas. UAAAN- UL 2019. ....	31
<b>Cuadro 4 A.</b> Análisis de varianza para la variable peso de fruto en el testigo y las rizobacterias estudiadas. UAAAN- UL 2019 .....	31
<b>Cuadro 5 A.</b> Análisis de varianza para la variable firmeza en el testigo y las rizobacterias estudiadas. UAAAN- UL 2019 .....	32
<b>Cuadro 6 A.</b> Análisis de varianza para la variable espesor de pericarpio en el testigo y las rizobacterias estudiadas. UAAAN- UL 2019 .....	32
<b>Cuadro 7 A.</b> Análisis de varianza para la variable diámetro de cavidad en el testigo y las rizobacterias estudiadas. UAAAN- UL 2019 .....	33
<b>Cuadro 8 A.</b> Análisis de varianza para la variable rendimiento de peso en el testigo y las rizobacterias estudiadas. UAAAN- UL 2019 .....	33

## I. INTRODUCCIÓN

El chile verde (*Capsicum annuum* L.) es una especie de gran importancia comercial, la superficie mundial sembrada asciende a 1.7 millones de hectáreas, con una producción de 25.1 millones de toneladas. (FAOSTAT, 2009). El principal país productor es China, México es el segundo productor a escala mundial pero es el primer exportador de chile verde hacia el extranjero y el sexto de chile seco; nuestros principales clientes son Estados Unidos, Japón, Canadá, Reino Unido y Alemania. En el año 2009 los estados que destacaron fue Chihuahua, Sinaloa y Zacatecas como principales productores del cultivo con más la mitad del volumen nacional en su conjunto. En el caso de Sinaloa, un estado con alto grado de tecnificación, se registró una cosecha de 40 toneladas por hectárea, en Chihuahua, 20 toneladas por hectárea, mientras Zacatecas, fue el de mayor superficie sembrada reportó siete toneladas por hectárea. (SIAP, 2013)

El estado de Coahuila se encuentra en el lugar número ocho a nivel nacional en la producción de chile verde con una superficie sembrada de 478.94 ha con esto obteniendo una cosecha de 470.94 ha donde se tuvo una pérdida de ocho ha. Llegando a una producción de 12,583.92 toneladas rendimiento de 26.72 udm/ha obteniendo un valor de producción de 82,196.86 millones de pesos en el ciclo primavera verano del año 2017 (SIAP, 2017)

Las rizobacterias son una alternativa que ha demostrado no generar resistencia en los fitopatógenos. Cepas de *Aeromonas* cumplen un rol importante en el biocontrol, por su amplia diversidad de compuestos bioactivos hacia el control de patógenos de plantas. La información obtenida se enfocó al estudio de aislados de *Pseudomonas spp* que tienen la capacidad de disminuir la viabilidad de agentes patógenos como: hongos, bacterias, nematodos, mediante un mecanismo antagonista y de inducir los sistemas de defensa de plantas por la resistencia sistémica adquirida (RSA) y resistencia sistémica inducida (RSI). La aplicación de rizobacterias del género *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens*, se consideran eficientes para controlar enfermedades foliares y radicales. (Canchignia, 2015).

Estas bacterias poseen varios mecanismos que estimulan el desarrollo de las plantas, aumentando producción de sustancias que actúan directamente sobre las

células vegetales aumento el desarrollo de las mismas. También tienen influencia y gran participación en el reciclaje de nutrientes como nitrógeno y fósforo, son capaces de tomar formas no disponibles para la planta y transformarlas, hasta la obtención de formas asimilativas para las células vegetales. Además estas bacterias se han utilizado como biofertilizantes en diferentes cultivos como pepino chile y jitomate, con el ánimo de reducir los costos y mantener o superar los rendimientos de la producción agrícola. (Camelo, R., 2011)

## **1.1 Objetivo**

Evaluación de calidad y rendimiento en la producción de chile jalapeño (*Capsicum annum*. L) con rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (RPCV) *Bacillus subtilis* y *Aeromonas spp.*

### **1.1.2 Objetivo específico**

Evaluar diferentes variables de calidad de fruto de chile jalapeño como: número de frutos, longitud de fruto, diámetro ecuatorial, peso de fruto, firmeza, espesor de pericarpio, diámetro de cavidad, rendimiento de peso, y de la misma manera el rendimiento fenológico: altura de planta, número de hojas y diámetro de tallo.

## **1.2 Hipótesis**

La inoculación de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal, influirá en su desarrollo fenológico, calidad y rendimiento de chile jalapeño bajo condiciones de invernadero.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Origen del cultivo

La mayoría de las especies silvestres de Chile se localizan en América del Sur donde se calcula que se originó este género de plantas. Algunos botánicos opinan que el lugar de origen del Chile se encuentra en la zona andina, mientras otros especulan que se originó en el sureste del Brasil, por la gran diversidad de especies de *Capsicum* que existe en estas dos regiones. (SADER, 2015)

### 2.2 Clasificación Taxonómica

El Chile pertenece a la familia Solanaceae, cuyo nombre científico es *Capsicum annuum* L. (Pérez, et al., 2015)

Familia: Solanaceae

Género: *Capsicum*

Especie: *C. annuum*

Nombre científico: *Capsicum annuum* L.

Nombre común: Chile jalapeño

### 2.3 Producción mundial

México es de los principales productores de Chile, ya que al año se siembran alrededor de 140,000 ha y la producción asciende a 1'180,000 t. (Valenzuela et al., 2010) a nivel internacional es uno de los principales productores, se encuentra en el tercer lugar con una producción 2,737,028 toneladas solo por debajo de China, Países Bajos y Bélgica. (FAOSTAT, 2016)

### 2.4 Producción nacional

El estado de Chihuahua es el principal productor de este fruto con 562 mil toneladas al año; le siguen los estados de Sinaloa con 556 mil y el estado de Zacatecas con 348 mil toneladas. Dedicándole más de 140 mil hectáreas al cultivo de este fruto, las principales variedades que se cultivan son: el jalapeño, serrano, poblano, morrón y habanero. (SADER, 2015)

## **2.5 Importancia económica nacional**

México es líder en exportación de chile, con un comercio de 845 mil toneladas de este producto, lo que genera divisas por alrededor de 560 millones de dólares (SADER, 2015).

## **2.6 Características morfológicas**

Las principales características fenológicas de la planta de chile jalapeño son:

### **2.6.1 Tipo de planta**

La planta es un semiarbusto de forma variable y alcanza entre 0.60 m a 1.50 m de altura, dependiendo principalmente de la variedad, de las condiciones climáticas y del manejo. La planta de chile es monoica, tiene los dos sexos incorporados en una misma planta, y es autógama, es decir que se autofecunda; aunque puede experimentar hasta un 45% de polinización cruzada, es decir, ser fecundada con el polen de una planta vecina. Por esta misma razón se recomienda sembrar semilla híbrida certificada cada año. (CENTA, 2014)

### **2.6.2 Semilla**

La semilla se encuentra adherida a la planta en el centro del fruto. Es de color blanco crema, de forma aplanada, lisa, reniforme, cuyo diámetro alcanza entre 2.5 y 3.5 mm. En ambientes cálidos y húmedos, una vez extraída del fruto, pierde rápidamente su poder de germinación, si no se almacena adecuadamente. RAÍZ El chile dulce tiene una raíz pivotante, que luego desarrolla un sistema radicular lateral muy ramificado que puede llegar a cubrir un diámetro de 0.90 a 1.20 m, en los primeros 0.60 m de profundidad del suelo. (CENTA, 2014)

### **2.6.3 Tallo**

El tallo puede tener forma cilíndrica o prismática angular, glabro, erecto y con altura variable, según la variedad. Esta planta posee ramas dicotómicas o pseudo dicotómicas, siempre una más gruesa que la otra (la zona de unión de las ramificaciones provoca que éstas se rompan con facilidad). Este tipo de ramificación hace que la planta tenga forma umbelífera (de sombrilla). (CENTA, 2014)

### 2.6.4 Flores

Están localizadas en los puntos donde se ramifica el tallo o axilas, encontrándose en número de una a cinco por cada ramificación. Generalmente, en las variedades de fruto grande se forma una sola flor por ramificación, y más de una en las de frutos pequeños. (CENTA, 2014)

### 2.6.5 Fruto

El fruto es una baya, con dos a cuatro lóbulos, con una cavidad entre la placenta y la pared del fruto, siendo la parte aprovechable de la planta. Tiene forma globosa, rectangular, cónica o redonda y tamaño variable, su color es verde al principio y luego cambia con la madurez a amarillo o rojo púrpura en algunas variedades. La constitución anatómica del fruto está representada básicamente por el pericarpio y la semilla. En casos de polinización insuficiente se obtienen frutos deformes. (CENTA, 2014)

## 2.7 Temperatura y humedad relativa

Se desarrolla bien en temperaturas de 15 a 30°C, ya que a temperaturas superiores o inferiores hay problemas con la formación de frutos. La temperatura óptima del suelo para la germinación de las semillas es de 18 a 30°C y una humedad óptima de 70 a 90%. (INTA, 2010)

**Cuadro 1.** Temperaturas críticas para el cultivo de chile en las distintas fases de desarrollo. UAAAN-UL 2019.

Etapa fenológica	Óptimo	Mínimo	máximo
Germinación	25 – 35	20	27
Desarrollo vegetativo	17 – 30	10	35
Fructificación	18 – 27	13	35

## 2.8 Importancia de las rizobacterias

Rizobacterias es el término que se utiliza para designar las bacterias capaces de colonizar las raíces, semillas o foliar de las plantas. Esta denominación no se restringe, por lo tanto a las bacterias colonizadoras de raíces, sino que abarca también bacterias rizosféricas y del filoplano. Las rizobacterias han coevolucionado con las plantas,

desarrollándose interacciones que pueden ser positivas, negativas o neutras para el crecimiento vegetal. (Ramírez □ Kloepper, 2012)

Las bacterias que habitan en la rizósfera pueden ser aisladas e inoculadas en los cultivos ejerciendo un efecto positivo sobre las plantas. Diversos géneros bacterianos se han utilizados con el objetivo de beneficiar cultivos de interés agrícola. Dentro de los mecanismos propuestos para explicar este efecto destaca el control biológico de patógenos, el cual se explica fundamentalmente mediante características básicas que manifiestan las rizobacterias y que incluyen su capacidad de producir sideróforos, antibióticos, compuestos volátiles y enzimas líticas, entre otros metabolitos de interés. Adicionalmente se ha demostrado que las rizobacterias inducen resistencia en las plantas contra enfermedades fúngicas, bacterianas y virales y también han sido efectivas contra insectos y nematodos. (Hernández, *et al.*, 2006)

Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal poseen varios mecanismos que estimulan el desarrollo de las plantas, mecanismos que involucran la producción de sustancias que actúan directamente sobre las células vegetales y provocan un aumento en el desarrollo de las mismas. También estas bacterias tienen influencia y gran participación en el ciclaje de nutrientes como nitrógeno y fósforo, son capaces de tomar formas no disponibles para la planta y transformarlas, hasta la obtención de formas asimilativas para las células vegetales. Estas características han llevado a la utilización de estas bacterias como biofertilizantes en diferentes cultivos, con el ánimo de reducir los costos y mantener o superar los rendimientos de la producción agrícola. (Carmelo, *et al.*, 2011)

## **2.9 Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal**

El uso de biofertilizantes, preparados con microorganismos aplicados al suelo y/o planta, con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética. La respuesta de los biofertilizantes varía considerablemente, dependiendo de los microorganismos, tipo de suelo, especies de plantas, y condiciones ambientales. (Armenta, *et al.*, 2010)

## **2.10 Rizosfera**

La rizosfera es un tipo de ecosistema oculto (podríamos decir que un criptoecosistema), poco visible y bastante desconocido fuera del ámbito científico de la ecología microbiana edáfica, pero importante para el funcionamiento de los ecosistemas terrestres y para la homeostasis de la biosfera en su conjunto. El término rizosfera fue por primera vez utilizado a finales del siglo XIX por Hiltner, agrónomo alemán que acuñó el término para hacer referencia al efecto de las raíces de leguminosas sobre el suelo circundante, en términos de mayor actividad microbiana por la liberación de materia orgánica (exudados radicales) desde las raíces. La información acumulada, nos permite señalar a la rizosfera como uno de los ecosistemas terrestres más importantes en términos energéticos y de extensión, y consecuentemente de vital importancia en el funcionamiento global de la biosfera. (COMACA, 2012)

## **2.11 Agricultura protegida en México**

La agricultura protegida se realiza bajo estructuras construidas con la finalidad de evitar las restricciones que el medio impone al desarrollo de las plantas. Así, mediante el empleo de diversas cubiertas se reducen las condiciones restrictivas del clima sobre los vegetales. En México, la agricultura protegida está en amplio crecimiento y desarrollo. Los invernaderos constituyen 44 % y la malla sombra 51% de la superficie total. Los Estados que concentran el mayor número de hectáreas de cultivo en invernadero son: Sinaloa (22%), Baja California (14%), Baja California Sur (12%) y Jalisco (10%); en estas cuatro entidades se encuentra más del 50% de la producción total de cultivos protegidos. (Juárez, *et al.*, 2007)

## **2.12 Generalidades y características de un invernadero**

Un invernadero es una construcción cuya cubierta o techo es de un material que deja pasar la luz solar facilitando la acumulación de calor durante el día y desprendiendo lentamente durante la noche, cuando las temperaturas descienden drásticamente, De esta manera se evitan pérdidas de los cultivos por las heladas o bajas temperaturas. El invernadero permite controlar el ambiente interno, modificando el clima y creando las condiciones para el desarrollo de los cultivos en cualquier época de año. De esta manera,

las temperaturas a interior de invernadero durante la noche siempre serán mayores que las de afuera. (FAO, 2012)

### 2.12.1 Ventajas

- Se elimina la realización del laboreo y permite cultivar en invernaderos con problemas de suelo.
- Supone un incremento en producción de hasta un 15- 20%, frente a un mismo cultivo en suelo, pues las plantas se encuentran en unas condiciones de nutrición ideales. Cabe señalar que, para que realmente funcione, el resto de factores productivos (temperatura, humedad relativa del aire, luz, frecuencia de aporte de agua, nivel carbónico y estado sanitario) deben estar en valores adecuados.
- Al prescindir del suelo y cultivar en sustratos esterilizados, se garantiza la sanidad del sistema radicular.
- Se produce un ahorro en fertilizantes y agua, al ser aprovechados de nuevo en la misma explotación. (SIAP, 2016)

### 2.12.2 Desventajas

- **Altos costos:** la estructura que requiere la agricultura protegida necesita de una inversión alta por parte de los productores. Además, la inversión también incrementa por los gastos de operación y la compra de algunos insumos necesarios para desarrollar esta actividad agrícola.
- **Capacitación especializada:** es necesaria la capacitación operativa y empresarial para esta actividad, ya que se requiere que desde los técnicos que cuidan los cultivos hasta los profesionales que los comercializan conozcan estrategias adecuadas para que el negocio prospere.
- **Mantenimiento:** para garantizar la operatividad de la agricultura protegida, se debe contemplar el mantenimiento en óptimas condiciones de las estructuras que componen esta técnica, lo que suma inversiones importantes para dar continuidad al desarrollo de los cultivos. (SIAP, 2017)

### **2.13 Agricultura Orgánica**

La agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que trata de cambiar algunas de las limitaciones encontradas en la producción convencional. Más que una tecnología de producción, la agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que se fundamenta no solamente en un mejor manejo del suelo y un fomento al uso de insumos locales, sino también en un mayor valor agregado y una cadena de comercialización más justa. (Espinoza, *et al.*, 2007)

La agricultura orgánica es un movimiento que promueve la conversión de los desechos orgánicos procedentes del hogar, la agricultura, mercado, desazolve de drenes, entre otros, en un material relativamente estable llamado humus, mediante un proceso de descomposición aeróbica bajo condiciones controladas, particularmente de humedad y aireación, en el cual participan bacterias, hongos y actinomicetos. (Márquez, *et al.*, 2010)

### **2.14 Agricultura orgánica en México**

La producción orgánica en México es relativamente nueva, sin embargo, el sistema de producción de alimentos de nuestros antepasados era agricultura orgánica. La producción orgánica de alimentos es una alternativa para los consumidores que prefieren alimentos libres de plaguicidas y fertilizantes sintéticos, inocuos y con un alto valor nutricional. (Feliz, *et al.*, 2008)

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Ubicación de sitio experimental

La ciudad de Torreón se localiza 25°32'30'' N y 103°27'11'' O con una altitud de 1110 msnm. La temperatura media anual en Torreón se encuentra a 21.5 °C. Y tiene una precipitación promedios 227 mm. (INEGI, 2017)

#### 3.2 Sitio de estudio

Este trabajo de investigación se realizó en el ciclo primavera-verano del año 2018, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México, en las coordenadas 25°33'26'' N y 103°22'31'' O; a una altitud de 1110 msnm. En un invernadero con enfriamiento automático Durante los 150 días del ciclo del cultivo, la temperatura mínima y máxima en el interior del invernadero fluctuó entre 17.7 y 31.6 °C, respectivamente, mientras la humedad relativa mínima y máxima osciló entre 30 y 70 %.

#### 3.3 Propagación de RPCV

Se utilizaron dos cepas *Aeromonas* y *Bacillus subtilis* perteneciente a la colección microbiana del Laboratorio de Ecología Microbiana de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango. Las cuales se han caracterizado como promotoras de crecimiento ya sea por la producción de ácido indolacético (AIA) de sideroforos, actividad de la enzima del ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) desaminasa o solubilizadores de fosfato. Las cepas se propagaron individualmente en medio Luria Bertani<sup>®</sup> en una incubadora con agitación de 200 revoluciones por minuto (rpm) (precisión Scientific 815<sup>®</sup>) durante 24h a 30°C, posteriormente la concentración bacteriana se ajustó a  $1 \times 10^8$  unidades formadoras de colonias/ml con buffer fosfato salino al 0.5 x.

#### 3.4 Material genético

Se utilizaron semillas de chile jalapeño híbrido coronel f1 (Harris Moran<sup>®</sup>)

#### 3.5 Labores culturales

##### 3.5.1 Siembra

Se realizó la siembra el 19 de abril del 2018 utilizando una charola con 200 cavidades colocando una semilla por cavidad al igual que se requirió Peat moss

(Premier®, México) como sustrato y optando por riesgos ligeros una vez al día, para mantener la humedad y apresurar su germinación se cubrieron con plástico negro durante ocho días.

### **3.5.2 Preparación de macetas**

Se realizó el llenado el día 29 de abril del 2018 utilizando una proporción de 75% de arena y 25% de perlita, esto en bolsas de polietileno negro de 20 litros.

### **3.5.3 Inoculación de las plantas**

El día 19 de mayo del 2018 se inoculo la raíz a los 23 días después de que emergieron las plántulas por lo cual se tuvo que partir la charola de 2000 cavidades en cinco partes, procediendo a utilizar el método de inmersión durante cinco minutos en la suspensión bacteriana de 4L de  $1 \times 10^8$  UFC ml<sup>1</sup>. (*Aermonas*, *Bacillus subtilis*), el testigo solo se trató con agua destilada

### **3.5.4 Segunda inoculación**

El 22 de junio del 2018 se realizó una segunda inoculación con las mismas rizobacterias, aplicando cinco mililitros directos en la raíz de la planta dentro de cada una de las macetas.

### **3.5.5 Trasplante**

El trasplante fue a los 31 días después de que emergieron las plántulas, cuando presentaron en promedio una altura de 20 cm, se colocó una plántula por maceta. Como maceta se utilizaron bolsas de polietileno negro calibre 500, con una capacidad de 20 L. Las bolsas se llenaron con una mezcla a base de arena de río y perlita [Multiperl®, México (80:20, v:v)]. Las bolsas se colocaron en doble hilera, con un arreglo topológico en tresbolillo a una distancia de 0.30 m entre planta y 1.60 m entre hilera.

## **3.6 Diseño experimental**

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Cada tratamiento inoculado con una rizobacteria de crecimiento vegetal diferente.

**Cuadro 2.** Distribución de tratamientos y sustrato con RPCV. UAAAN-UL. 2019.

Tratamiento	Bacteria	Sustrato
T <sub>1</sub>	<i>Aeromonas</i>	75% arena 25% perlita =100%
T <sub>2</sub>	<i>Bacillus subtilis</i>	75% arena 25% perlita =100%
T <sub>3</sub>	Testigo (no se inoculo)	75% arena 25% perlita =100%

### 3.7 Riegos y aplicación de solución nutritiva

Los riegos se aplicarán a los cuatro días después del trasplante. Se inició el riego aplicando una SN al 100%. Las soluciones nutritivas fueron preparadas a partir de nitrato de calcio  $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ , nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ), nitrato de magnesio  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ , fosfato monoamónico  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ , mas microelementos. El PH de las soluciones se ajustó a 5.5 con ácido fosfórico ( $\text{H}_2\text{PO}_4$ ) y ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ). Se suministró de manera manual aplicando a los cuatro días después del trasplante, en promedio 0.5 L por maceta al día el volumen se incrementó de 1 y 2 L a los 30 y 71 ddt.

### 3.8 Variables a evaluar

#### 3.8.1 Variables fenológicas

Fueron diferentes variables determinadas para evaluar la planta de chile jalapeño como son:

##### 3.8.1.1 Altura de planta

La altura de planta se midió desde la base del tallo hasta la yema apical con un flexómetro (Truper®, México),

##### 3.8.1.2 Diámetro de tallo

El diámetro de tallo se determinó a un cm de la base del tallo con un vernier digital (Truper®, México)

##### 3.8.1.3 Número de hojas

Se contó el número de hojas por planta. Estas variables se evaluaron después de los ocho días del trasplante hasta el término de la cosecha.

### **3.8.2 Evaluación de rendimiento y calidad de fruto**

#### **3.8.2.1 Evaluación de la calidad del fruto**

La calidad se determinó con los frutos por planta, correspondiente a cada repetición de los tratamientos.

#### **3.8.2.2 Firmeza**

La firmeza se evaluó al pinchar el chile con un penetrómetro con embolo de 1 mm (FHT200, Extech Instruments®, USA)

#### **3.8.2.3 Diámetro ecuatorial**

El diámetro ecuatorial se determinó midiendo el diámetro ecuatorial del fruto con un vernier digital (Truper®, México) reportando los datos en milímetros.

#### **3.8.2.4 Diámetro de cavidad**

El diámetro de cavidad se evaluó al hacer un corte transversal, posteriormente se midió la cavidad con un vernier digital (Truper®, México).

#### **3.8.2.5 Espesor de pericarpio**

El espesor de pericarpio se determinó, al hacer un corte transversal, posteriormente se midió el grosor de la carne (pericarpio) con un vernier digital (Truper®, México).

#### **3.8.6 Peso del fruto**

El peso del fruto se evaluó al tomar los frutos de cada planta de su respectivo tratamiento utilizando una báscula Ohaus 3729®, México

### **3.9 Análisis estadístico**

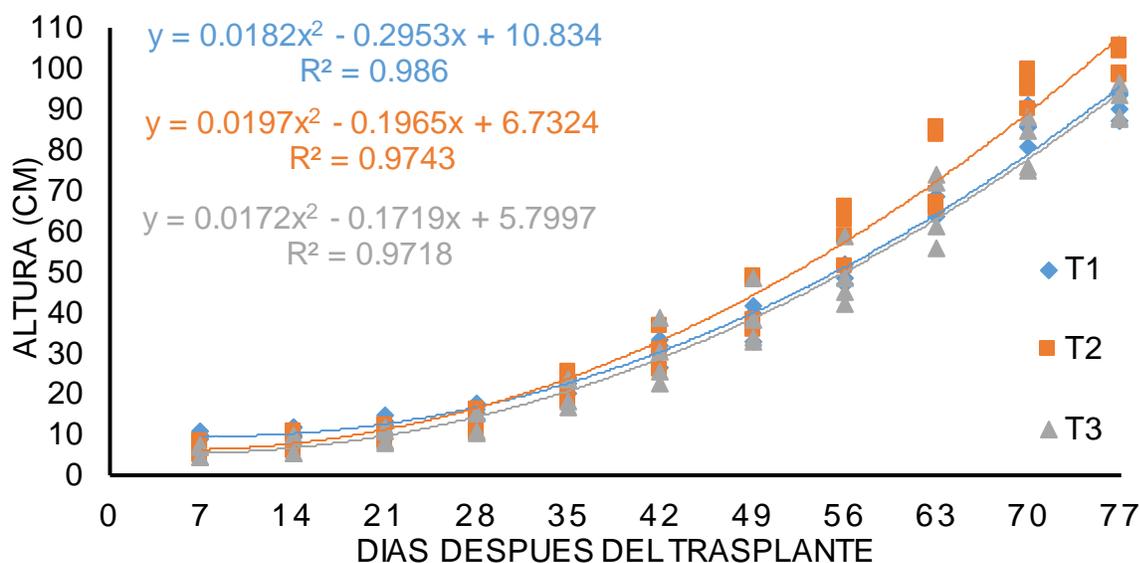
Para las variables de fenológica (altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas) del cultivo se realizaron análisis de regresión simple, mientras que el resto de las variables serán sometidos a análisis de varianza, en los casos en los que se encuentre diferencia estadística significativa, se realizaron comparación de medias aplicando la prueba Tukey DHS ( $P \leq 0.05$ ).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Variables vegetativas

#### 4.1 Altura de planta

En la variable Altura de planta se observó una diferencia numérica, para estos resultados se utilizó un análisis de regresión polinomial de segundo grado, tomando como base tres modelos que fueron a los 28, 56 y 77 ddt. En el cuadro 3 se aprecia los modelos,  $R^2$ , y la altura de planta para los tres tratamientos a los 28,56 y 77 días después del trasplante. El máximo crecimiento se observó en el tratamiento 2 con 108.4cm.



**Figura 1.** Efectos de los tratamientos con rizobacterias *Aeromonas*, *Bacillus subtilis* y testigo en la altura de chile jalapeño. UAAAN-UL. 2019.

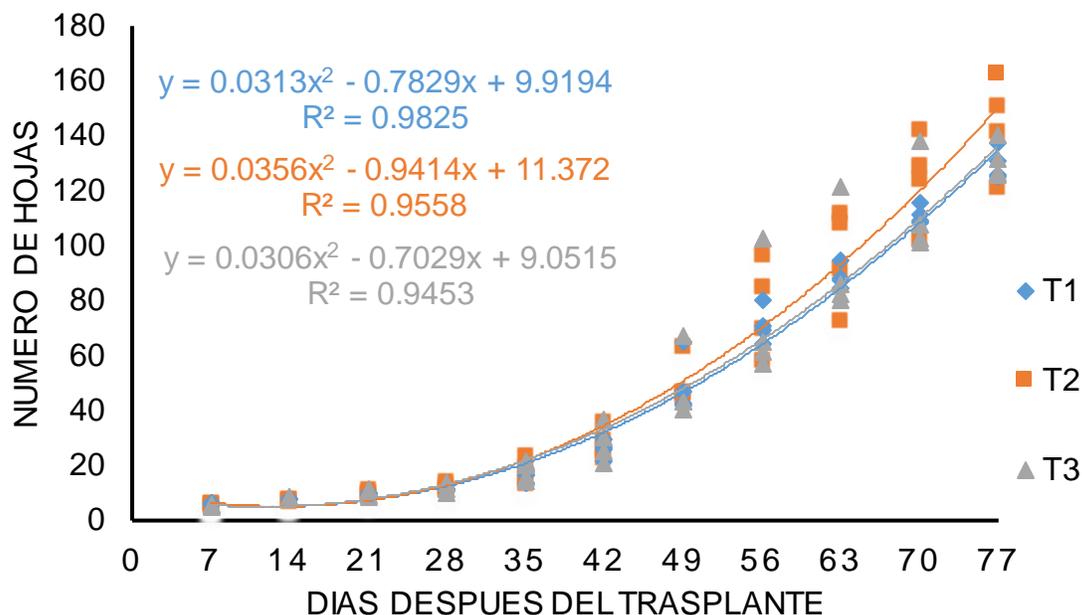
Sánchez *et al.*, (2012). Reporto en los resultados en altura de la planta de tomate diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) e incrementos en el tamaño de la planta hasta dos veces en los tratamientos con *Bacillus sp*, por otra parte Cruz *et al.*, (2006) obtuvo resultados altamente significativos ( $p < 0.01$ ), con un incremento en la altura de la planta del 20% respecto al tratamiento tradicional en el cultivo de chile utilizando la rizobacteria *Bacillus sp*.

**Cuadro 3.** Ajuste polinomial para la variable altura semanal en los tratamientos de rizobacterias y testigo estudiados. UAAAN-UL.2019.

Tratamiento	Modelo	R <sup>2</sup>	d d t		
			28	56	77
<i>Aeromonas</i>	$y = 0.0182x^2 - 0.2953x + 10.834$	R <sup>2</sup> = 0.98	16.83cm	51.37cm	96.00cm
<i>Bacillus subtilis</i>	$y = 0.0197x^2 - 0.1965x + 6.7324$	R <sup>2</sup> = 0.97	16.67cm	57.50cm	108.40cm
Testigo	$y = 0.0172x^2 - 0.1719x + 5.7997$	R <sup>2</sup> = 0.97	14.47cm	50.11cm	94.54cm

#### 4.2 Número de hojas

En la variable número de hojas de planta se observó una diferencia numérica, para estos resultados se utilizó un análisis de regresión polinomial de segundo grado, tomando como base tres modelos que fueron a los 28, 56 y 77 ddt. En el cuadro 4 se aprecia los modelos, R<sup>2</sup>, y el número de hojas de planta para los tres tratamientos a los 28,56 y 77 días después del trasplante El mayor número de hojas se observó en el tratamiento 2 con 149 hojas.



**Figura 2.** Efectos de los tratamientos con rizobacterias *Aeromonas*, *Bacillus subtilis* y testigo en número de hojas en plantas de chile jalapeño. UAAAN-UL. 2019.

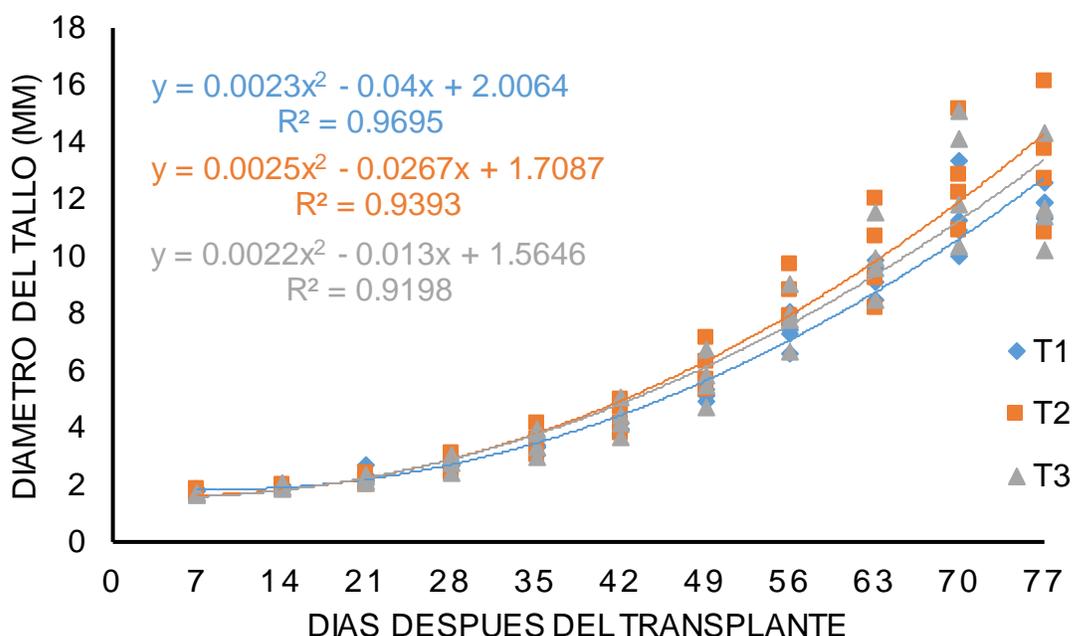
En la variable número de hojas no se han reportado resultados donde realicen trabajos de investigación con rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal *Bacillus subtilis* y *Aeromonas*.

**Cuadro 4.** Ajuste polinomial para la variable número de hojas semanal en los tratamientos de rizobacterias y testigo estudiados. UAAAN-UL.2019.

Tratamiento	Modelo	R <sup>2</sup>	d d t		
			28	56	77
<i>Aeromonas</i>	$y = 0.0313x^2 - 0.7829x + 9.9194$	R <sup>2</sup> = 0.98	12.53	64.23	135.21
<i>Bacillus subtilis</i>	$y = 0.0356x^2 - 0.9414x + 11.372$	R <sup>2</sup> = 0.95	12.92	70.29	149.95
Testigo	$y = 0.0306x^2 - 0.7029x + 9.0515$	R <sup>2</sup> = 0.94	13.36	65.65	136.35

### 4.3 Diámetro de tallo

En la variable diámetro de tallo de planta se observó una diferencia numérica, para estos resultados se utilizó un análisis de regresión polinomial de segundo grado, tomando como base tres modelos que fueron a los 28, 56 y 77 ddt. En el cuadro 5 se aprecia los modelos,  $R^2$ , y el diámetro de tallo de planta para los tres tratamientos a los 28,56 y 77 días después del trasplante. El mayor diámetro de tallo se observó en el T2 con 14.47mm.



**Figura 3.** Efectos de los tratamientos con rizobacterias *Aeromonas*, *Bacillus Subtilis* y testigo en diámetro de tallo en la planta de chile jalapeño. UAAAN-UL. 2019.

Rodríguez *et al.*, (2012). Reporto que en la evaluación de la cepa *Bacillus spp* la variable diámetro de tallo en cultivo de melón no mostro diferencias estadísticamente significativas, su incremento comparado con las plantas testigo fue de 3 a 14%. Por otra parte Espinosa. (2017) con la cepa *Bacillus subtilis* en cultivo de jitomate obtuvo los mejores resultados sobre la variable diámetro de tallo encontrando diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ). Tomando en cuenta que las plantas con mayor grosor de tallo tienen un mejor rendimiento

**Cuadro 5.** Ajuste polinomial para la variable diámetro del tallo semanal en los tratamientos de rizobacterias y testigo estudiados. UAAAN-UL.2019.

Tratamiento	Modelo	R <sup>2</sup>	d d t		
			28	56	77
<i>Aeromonas</i>	$y = 0.0023x^2 - 0.04x + 2.0064$	R <sup>2</sup> = 0.96	2.68mm	6.97mm	12.56mm
<i>Bacillus subtilis</i>	$y = 0.0025x^2 - 0.0267x + 1.7087$	R <sup>2</sup> = 0.93	2.92mm	8.05mm	14.47mm
Testigo	$y = 0.0022x^2 - 0.013x + 1.5646$	R <sup>2</sup> = 0.91	2.92mm	7.73mm	13.60mm

## Variables de calidad de fruto

### 4.4 Número de frutos

En la variable de número de frutos no se detectó diferencia significativa en el análisis de varianza ( $P > 0.18$ ), en el cual se tuvo un coeficiente de variación (c.v) de 48.48 %, el cual es muy alto y por esta razón no se encontró una diferencia significativa en las medias, obteniendo una media general en esta variable de 16 frutos por planta.

Los resultados obtenidos por González *et al.*, (2018) en cultivo de tomate son mayores, ya que reporta que obtuvo una media de 35 frutos por planta teniendo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) con la cepa *Bacillus sp* de igual manera García *et al.*, (2019) reportó tener diferencias significativas donde obtuvo un incremento de 22.79 y 56.25% en el número de frutos por planta de tomate al utilizar la cepa *B. subtilis*.

### 4.5 Longitud de fruto

En la variable de longitud de fruto presento un análisis de varianza no significativo ( $P > 0.70$ ), obteniendo un coeficiente de variación (c.v) de 7.14%, mismo que es muy alto y por esto no se encontró diferencia significativa en las medias, dando como resultado de esta variable una media general de 79.88mm por fruto.

Sánchez-García *et al.*, (2019). Al igual reportó que en la variable longitud de fruto no se encontraron diferencias significativas con la cepa *Bacillus spp* en cultivo de chile. Por otra parte Miranda. (2014). Demostró que bajo condiciones de invernadero logro aumentar la

longitud de los frutos al 5.4% utilizando *Bacillus spp* en chile serrano siendo mayor el cultivo orgánico respecto al convencional.

#### **4.6 Diámetro ecuatorial**

La variable de diámetro ecuatorial presento un análisis de varianza no significativo de ( $P > 0.17$ ), con un coeficiente de variación (c.v) de 5.97%, siendo los resultados de variación estadísticamente altos por esto no se obtiene una media significativa obteniendo un resultado de media general de 26.61 mm por fruto.

Los resultados reportados por Ruiz-Cisneros *et al.*, (2019) fueron superiores ya que la media reportada de los frutos fue de 55mm de diámetro ecuatorial de esta manera mostrando efectos positivos en inoculación con la cepa *B. subtilis*, de igual manera Espinosa *et al.*, (2017) reporto que el diámetro ecuatorial de los frutos de tomate presentaron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) utilizando diferentes tipos de rizobacterias las cuales fueron *Bacillus spp.*, *Aeromonas spp.*

#### **4.7 Peso de fruto**

En la variable de peso de fruto presento un análisis de varianza no significativo de ( $P < 0.98$ ), donde se presentó un coeficiente de variación (c.v) de 12.45%, mismo que se encuentra muy alto y es probable que debido a eso no se encontró diferencia significativa en las medias. La media general para esta variable es de 30.12g por fruto.

Se obtuvieron resultados parecidos a los de Hernández-Castillo *et al.*, (2014) quien reporto que con la cepa *Bacillus subtilis* estimulo el crecimiento peso del fruto obteniendo una media de 35g en fruto de chile jalapeño, por otra parte Guillen-Cruz *et al.*, 2006 reporto una diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) obteniendo un mayor peso del frutos con el uso de *Bacillus spp* en cultivo de chile.

#### **4.8 Firmeza**

Se tuvo en la variable de firmeza un análisis de varianza no significativo de ( $P > 0.56$ ), con un coeficiente de variación (c.v) de 5.93%, mismo que es muy alto y es probable que debido a eso no se encontró diferencia significativa en las medias. La media general para esta variable es de 13,99 N.

Se obtuvieron resultados parecidos a los de Espinosa. (2016) Donde reporto una media de 11.65 N, por otra parte Mena-Violante *et al.*, (2009) obtuvo resultados donde la inoculación con *Bacillus spp* en cultivo de tomate presento diferencias significativas en la firmeza del fruto de igual manera Ruiz-Cisneros *et al.*, (2019) reporto diferencias significativas mostrando resultados más altos en un incremento de la firmeza de 1.6 veces más, comparado con los frutos testigo.

#### **4.9 Espesor de pericarpio**

En la variable de espesor de pericarpio no se detectó diferencia significativa en el análisis de varianza el cual fue ( $P > 0.97$ ) con un coeficiente de variación (c.v) de 7.44% mismo que se encuentra elevado y es probable que debido a eso no se encontró diferencia significativa en las medias. La media general para esta variable es de 3.97 mm por fruto.

Los resultados que reporta Espinosa *et al.*, (2017) son mayores ya que con la cepa *Aeromonas spp* obtuvo un espesor de pericarpio de 7.4mm, encontrando significancias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ) en el cultivo de tomate.

#### **4.10 Diámetro de cavidad**

La variable de diámetro de cavidad no mostro diferencia significativa en el análisis de varianza el cual fue ( $P > 0.33$ ), teniendo un coeficiente de variación (c.v) de 5.96%, mismo que se encuentra elevado y es probable que debido a eso no se encontró diferencia significativa en las medias. La media general para esta variable es de 23.20 mm por fruto.

Abraham-Juárez *et al.*, (2018). Reporto un diámetro de cavidad de 132.7mm con la cepa de *Bacillus subtilis* en cultivo de melón, pero no se obtuvieron diferencias significativas, teniendo en cuenta que a mayor carnosidad del mesocarpio, menor tamaño de la cavidad del fruto, y viceversa.

#### **4.11 Rendimiento de peso**

En la variable de número de frutos no se detectó diferencia significativa en el análisis de varianza ( $P > 0.18$ ), en el cual se tuvo un coeficiente de variación (c.v) de 47.85%, siendo los resultados de variación estadísticamente altos por esto no se

encontró una media significativa teniendo un resultado de media general de 502.05g por planta el cual equivale a un rendimiento de 20.91 ton/ha.

Los resultados reportados por Chaves *et al.*, (2007) fueron inferiores ya que mostraron una media general de 15 t ha<sup>-1</sup> en chile verde en la región de la comarca lagunera. Por otra parte Paredes. (2014) reporto que con la cepa *Bacillus spp* aumento el rendimiento en maíz, alcanzando índices de efectividad de 22,64% y presentando diferencias significativas ( $p > 0,05$ ). De igual manera Abraham-Juárez *et al.*, (2018) reporto diferencias significativas obteniendo un rendimiento de 97.76 t ha<sup>-1</sup> en cultivo de melón con inoculación de la cepa *B. subtilis* de esta manera aumentando el rendimiento en un 20 %.

## V. CONCLUSIONES

En las variables de fenología (altura de planta, número de hojas y diámetro de tallo) se ajustó un modelo polinomial de segundo grado y se obtuvo los valores de respuesta a los 28, 56 y 77 días después del trasplante (ddt). Donde se observaron diferencias numéricas entre los tratamientos

### **Altura de planta.**

De acuerdo al análisis de regresión para altura de planta en los tres tratamientos a los 28,56 y 77 ddt. Se observaron las siguientes diferencias entre tratamientos para 77ddt, el máximo crecimiento se observó en el T2 (*Bacillus subtilis*) con 108.4cm por planta, seguido por el T1 (*Aeromonas*) con 96 cm por planta y por último el T1 (Testigo) que obtuvo la altura mínima con 94.54cm por planta

### **Número de hojas.**

De acuerdo al análisis de regresión para la variable número de hojas por planta en los tres tratamientos a los 28,56 y 77 ddt. Se observaron las siguientes diferencias entre tratamientos para 77ddt, donde el T2 (*Bacillus subtilis*) obtuvo el mayor número de hojas por planta con 149 hojas, seguido por el T3 (Testigo) con 136 hojas por planta, por último el T1 fue el que presentó el menor número de hojas con 135 hojas por planta.

### **Diámetro de tallo**

De acuerdo al análisis de regresión para la variable diámetro de tallo por planta en los tres tratamientos a los 28,56 y 77 ddt. Se observaron las siguientes diferencias entre tratamientos para 77ddt, donde el T2 (*Bacillus subtilis*) obtuvo el mayor diámetro con 14.17mm por planta, seguido por el T3 (Testigo) con un diámetro de 13.60mm por planta, el tratamiento que obtuvo en menor diámetro fue el T1 con 12.56mm por planta.

### **Variables de calidad de Fruto**

No se encontraron diferencias significativas en las variables. (Número de frutos (c.v. 48.48%) Longitud de fruto (c.v 7.14%), Diámetro ecuatorial (c.v 5.97%) Peso de fruto (c.v 12.45%) Firmeza (c.v 5.93%) Espesor de pericarpio (C.V 7.44%), Diámetro de

cavidad (c.v 5.96%) y Rendimiento de peso (c.v 47.85%) esto se le atribuye a que presentaron un coeficiente de variación muy elevado

### **Rendimiento**

Para esta variable no se encontraron diferencias significativas en los tratamientos teniendo como resultados una de media general de 502.05g por planta el cual equivale a un rendimiento de 20.91 ton/ha.

De acuerdo a los resultados obtenidos donde se destaca el uso de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal se concluye que la mejor cepa fue (*Bacillus subtilis*) la cual obtuvo las mejores diferencias numéricas en el cultivo de chile jalapeño, sin embargo se rechaza la hipótesis de este trabajo de investigación ya que no se encontraron diferencias significativas en las variables fenológicas y de calidad de fruto. Por lo cual esta investigación servirá como comparación con nuevas investigaciones de inoculación de rizobacterias en chile jalapeño.

## VI. REVISION DE LITERATURA

- Abraham-Juárez, M. R., Espitia-Vázquez, I., Guzmán-Mendoza, R., Olalde-Portugal, V., Ruiz-Aguilar, G. M., García-Hernández, J. L., Herrera-Isidró. L., Núñez-Palénus, H. G. 2018. Desarrollo, rendimiento y calidad del fruto de melón (*Cucumis melo* L.) de plantas inoculadas con cepas mexicanas de *Bacillus subtilis* (EHRENBERG). *Agrociencia*. 52(1): 91-102.
- Armenta, B. A. D., García, G. C., Camacho, B. R., Apodaca, S. M. A., Gerardo, M. L., Nava, P. E. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Revista Ra Ximhai*. 6(1): 51-56.
- Camelo, R. M., Vero, M. S. P., Bonilla, B. R. R. 2011. Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 12 (2): 159-166.
- CENTA Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. 2014 <http://simag.mag.gob.sv/uploads/pdf/201412011299.pdf>. Consulta mayo 2019
- Chávez, S. A. L., Inzunza, I. M. A., Mendoza, M. S. F., Sánchez, C. I., Román, L. A. 2017. Producción de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) con diferentes tipos de acolchado plástico y riego por goteo – cintilla. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. 6(1): 67-75
- COMACA Congreso Nacional del Medio Ambiente. 2012 <http://www.conama2012.conama.org/conama10/download/files/conama11/CT%202010/1896700116.pdf> consulta junio 2019. Consulta junio 2019
- Espinosa., P. B. 2016. Inoculación de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones de invernadero. Tesis. Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón Coahuila, México. 57p

- Espinosa, P. B., Moreno, R. A., Cano, R. P., Álvarez, R. V. P., Sáenz, M. J., Sánchez, G. H., Gonzales, R. G. 2017. Inoculación de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. Afrodita en invernadero. Terra Latinoamericana. 35(2): 169-178.
- Espinosa., V. M. A. 2017. *Bacillus subtilis* y la fitohormona ácido salicílico, como control del tizón temprano (*Alternaria solani*) en el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). Tesis. Maestría. Universidad De Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 70p
- Espinoza-Villavicencio, J. L., Palacios-Espinosa, A., Ávila-Serrano, N., Guillén-Trujillo, A., Luna-Peña, R., Ortega-Pérez, R., Murillo-Amador, B. 2007. La ganadería orgánica, una alternativa de desarrollo pecuario para algunas regiones de México: una revisión. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. 32 (6): 385-390.
- FAO Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2012 file:///C:/Users/HP/Downloads/Revision%20de%20literatura/carateristica%20y%20g%20de%20un%20invernadero.pdf. Consulta junio 2019
- FAOSTAT Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. 2009 <http://www.fao.org/faostat/es/#home>. Consulta mayo 2019
- FAOSTAT Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. 2016 <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>. Consulta mayo 2019
- Feliz- Herrán, J. A., Sañudo-Torres, R. R., Rojo-Martínez, G. E., Martínez-Ruiz, R., Olalde-Portugal, V. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. Revista Ra Ximhai. 4 (1): 57-67.
- García, J. A., Probanzo, B., Ramos, R., Palomino, M., Gutiérrez, M. F. J. 2004. Effect of inoculation of *Bacillus licheniformis* on tomato and pepper. Agronomie. 24(4): 169-176

- Gómez, C. M. A., Schwentesius, R. R., Gómez, T. L. 2006. Agricultura Orgánica en México. En: Agricultura Orgánica de México. Ed. CIESTAAM-UACH, CONACYT, SAGARPA, RAPAM, Falls Brook Centre, Soyitz. México. 2 (9): 194.
- González, R. G., Espinosa, P. B., Cano, R. P., Moreno, R. A., Leos, E. L., Sanchez, G. H., Sáenz, M. J. 2018. Influencia de rizobacterias en la producción y calidad nutracéutica de tomate bajo condiciones de invernadero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 9 (2): 367-379.
- Guillen-Cruz, R., Hernández-Castillo, F. D., Gallegos-Morales, G., Rodríguez-Herrera, C., Aguilar-González, N., Padrón-Corral, E., Reyes-Valdés, M. H. 2006. *Bacillus spp.* Como Biocontrol en un Suelo Infestado con *Fusarium spp.*, *Rhizoctonia solani Kühn* y *Phytophthora capsici Leonian* y su Efecto en el Desarrollo y Rendimiento del Cultivo de Chile (*Capsicum annum* L.). Revista Mexicana de fitopatología. 24 (2): 105-114
- Hayron-Canchignia.2015. Aplicación de Rizobacterias que promueven el crecimiento en plantas (PGPR) del género *Pseudomonas spp* como controladores biológicos de insectos y nematodos-plagas. Revisión en Ciencia y Tecnología. 8 (1): 25-35
- Hernandez-Castillo, F. O., Lira-Saldivar, R. H., Gallefos-Morales, G., Hernández-Suarez, M., Solis-Gaona, S. 2014. Biocontrol de la marchitez del chile con tres especies de *bacillus* y su efecto en el crecimiento y rendimiento. Revista internacional de botánica experimental. 83 (1): 49-55.
- Hernández-Rodríguez, A., Heydrich-Pérez, M., Velásquez-del Valle, M. G., Hernández-Lauzardo, A. N. 2006. Perspectivas del Empleo de Rizobacterias Como Agentes de Control Biológico en Cultivos de Importancia Económica. Revista Mexicana de FITOPATOLOGIA. 24 (1):42-49.
- INEGI: Instituto nacional de estadística y geografía 2017  
<https://www.datatur.sectur.gob.mx>. Consulta mayo 2019

- INTA Instituto Nacional de Invocación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. 2010  
file:///C:/Users/HP/Downloads/00380-manualchile.pdf. Consulta 2019
- Juárez, L. P., Bugarín, M. R., Castro, B. R., Sánchez-Monteón, A. L., Cruz- Crespo, E., Juárez, R. C. R., Alejo, S.G., Balois, M. R. 2007. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. Revista Fuente. Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. 3 (8): 21-27
- Márquez-Hernández, C., Cano-Ríos, P., García-Hernández, J. L., Rodríguez- Dimas, N., Preciado-Rangel., Moreno-Resendez, A., Salazar-Sosa, E., Castañeda- Gaytán, G., De La Cruz-Lázaro, E. 2010. Agricultura orgánica: el caso de México. Universidad Juárez del Estado de Durango, Universidad s/n. Fracc. Filadelfia, Gómez Palacio, Dgo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Instituto Tecnológico de Torreón, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 1 (3): 1-28.
- Mauricio-Camelo, R. Vera, M.S.P., Bonilla, B. R. R. 2011. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. Revista corpoica ciencia y tecnología agropecuaria. 12 (2): 159-166
- Mena-Violante, H. G., Cruz-Hernández, A., Paredes-López, O., Gómez-Lim, M. A., Olalde-Portugal, V. 2009. Cambios relacionados con textura de frutos y mejoramiento de la vida de anaquel por la inoculación de raíces de tomate con *Bacillus subtilis* BEB-13BS. Agrocencia. 43 (6): 559-567
- Miranda., M. F. D. 2014. Efecto del manejo orgánico sobre la producción, la calidad nutrimental y nutraceutica del chile serrano (*Capsicum annum* L.). Tesis maestría. Universidad Autónoma de Querétaro Facultad de Química. Santiago de Querétaro, México.84p
- Paredes., G. S. 2014. Efecto de la aplicación de *Bacillus* y *Streptomyces spp.* Nativas en el desarrollo vegetativo y rendimiento de *Zea mays* L., maíz, amarillo duro en

Lambayeque. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú. 91p.

Pérez-Castañeda, L. M., Castañón-Nájera, G., Ramírez-Meraz, M., Mayek-Pérez, N. 2015 Avances y perspectivas sobre el estudio del origen y la diversidad genética de *Capsicum spp.* Ecosistema y recursos agropecuarios.2 (4): 117-12

Ramírez, C. A., Kloepper, J. W. 2012. Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. Enfermedades de plantas: control biológico. Rev. Colomb. Biotecnol. 20 (4): 978-958.

Rodríguez, M. M. N., Miguel-Chávez, R., Garcia, C. J. L., Benavides, M. A. 2013. Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento en el cultivo de melón (*Cucumis melo*). Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal Siverciencia. 38 (12): 857-862

Ruiz-Cisneros, M. F., Ornelas-Paz, J. J., Olivas-Orozco, G. I., Acosta-Muñiz, C. H., Sepúlveda-Ahumada, D. R., Zamudio-Flores, P. B., Berlanga-Reyes, D. I., Salas-Marina, M. A., Cambero-Campos, O. J., Rios-Velasco, C. 2019. Efecto de cepas de *Bacillus solas* y en interacción con hongos fitopatógenos sobre el crecimiento vegetal y calidad del fruto de jitomate. Revista Bio Ciencias. 6 (1):1-17

SADER Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2015 <https://www.gob.mx/sader/articulos/breve-pero-picante-historia-del-chile>. Consulta mayo 2019.

SADER Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2015 <https://www.gob.mx/sader/articulos/produccion-del-chile-mexicano>. Consulta mayo 2019.

SADER Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2015 <https://www.gob.mx/sagarpa/prensa/mexico-lider-mundial-en-exportacion-de-chile-sagarpa>. Consulta mayo 2019.

- Sánchez- García, B. M., Ramirez-Pimentel, J. G., Guevara-Acevedo, L. P., Raya-Pérez, J. C., Covarrubias-Prieto, J. Mora-Avilés, M. A. 2019. Actinobacterias con potencial antagonico in vitro a hongos fitopatógenos y promoción del crecimiento en plantas de chile. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 1 (23): 339-344.
- Sánchez, L. D. B., Gómez-Vargas, R. M., Garrido, R. M. F., Bonilla, B. R. R. 2012. Inoculación con bacterias promotoras de crecimiento vegetal en tomate bajo condiciones de invernadero. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3 (7): 1401-1415.
- SIAP Servicio de información agroalimentaria y pesquera 2013 <https://www.gob.mx>. Consulta mayo del 2019.
- SIAP Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2016 <https://www.gob.mx/siap/articulos/ventajas-de-la-tecnologia-agricola-en-los-cultivos-protegidos>. Consulta junio 2019.
- SIAP Servicio de información agroalimentaria y pesquera 2017 <https://nube.siap.gob.mx>. Consulta mayo 2019.
- SIAP Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2017 <https://www.gob.mx/siap/articulos/agricultura-protegida-el-valor-de-la-produccion-bajo-esta-tfecnica-crecio-47-9-en-2016?idiom=es>. Consulta junio 2019.
- Valenzuela, E.F.A., Bautista, M.N., Lomeli, F.J.R., Valdez, C.J.M., Cortez, M.E., Palacios, T. R. E. 2010. Identificación y fluctuación poblacional del minador de la hoja *Liriomyza trifolii* en chile jalapeño en el norte de Sinaloa. *Acta zoológica mexicana*. 26 (3): 585-601.

## CUADROS DE APÉNDICE

**Cuadro 1 A.** Análisis de varianza para la variable número de frutos en el testigo y las rizobacterias estudiadas. UAAAN- UL 2019.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	157.9000	78.9500	2.22	0.18 NS
Bloque	3	24.6000	8.2000	0.23	0.87 NS
Error	48	3071.6000	63.9917		
Total	59	3467.0000			

---

R-cuadrado	CV (%)	Media
0.114047	48.48169	16.50000

NS= NO SIGNIFICATIVO

**Cuadro 2 A.** Análisis de varianza para la variable longitud de frutos en el testigo y las rizobacterias estudiadas. UAAAN- UL 2019.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F-Valor	Pr->F
Tratamiento	2	66.3547600	33.1773800	0.36	0.70 NS
Bloque	3	132.7653933	44.2551311	0.48	0.70 NS
Error	48	1562.208760	32.546016		
Total	59	2309.040260			

---

R-CUADRADO	CV (%)	Media
0.323438	7.141226	79.88700

NS= NO SIGNIFICATIVO

**Cuadro 3 A.** Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial en el testigo y las rizobacterias estudiadas. UAAAN- UL 2019

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F-Valor	Pr->F
Tratamiento	2	7.83210333	3.91605167	2.38	0.17 NS
Bloque	3	18.13268000	6.04422667	3.67	0.08 NS
Error	48	121.3059600	2.5272075		
Total	59	157.1632933			

---

R-CUADRADO	CV (%)	Media
0.228153	5.973095	26.61467

NS= NO SIGNIFICATIVO

**Cuadro 4 A.** Análisis de varianza para la variable peso de fruto en el testigo y las rizobacterias estudiadas. UAAAN- UL 2019.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F-Valor	Pr->F
Tratamiento	2	0.6085733	0.3042867	0.01	0.98 NS
Bloque	3	194.0650717	64.6883572	2.75	0.13 NS
Error	48	681.80428	14.204256		
Total	59	1017.594898			

---

R-CUADRADO	CV (%)	Media
0.329985	12.45826	30.25183

NS= NO SIGNIFICATIVO

**Cuadro 5 A.** Análisis de varianza para la variable firmeza en el testigo y las rizobacterias estudiadas. UAAAN- UL 2019.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F-Valor	Pr->F
Tratamiento	2	0.21729000	0.10864500	0.63	0.56 NS
Bloque	3	2.41832500	0.80610833	4.67	0.05 NS
Error	48	33.11080000	0.68980833		
-----					
R-CUADRADO	CV (%)	Media			
0.099838	5.936083	13.99150			

NS= NO SIGNIFICATIVO

**Cuadro 6 A.** Análisis de varianza para la variable espesor de pericarpio en el testigo y las rizobacterias estudiadas. UAAAN- UL 2019.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F-Valor	Pr->F
Tratamiento	2	0.00808333	0.00404167	0.03	0.97 NS
Bloque	3	0.12990667	0.04330222	0.32	0.81 NS
Error	48	4.19356000	0.08736583		
Total	59	5.14177333			
-----					
R-CUADRADO	CV (%)	Media			
0.184414	7.444017	3.970667			

NS= NO SIGNIFICATIVO

**Cuadro 7 A.** Análisis de varianza para la variable diámetro de cavidad en el testigo y las rizobacterias estudiadas. UAAAN- UL 2019.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F-Valor	Pr->F
Tratamiento	2	3.54720333	1.77360167	1.31	0.33 NS
Bloque	3	18.68416500	6.22805500	4.60	0.05 NS
Error	48	91.9015200	1.914615		
Total	59	122.2544583			

---

R-CUADRADO	CV (%)	Media
0.248277	5.961852	23.20917

NS= NO SIGNIFICATIVO

**Cuadro 8 A.** Análisis de varianza para la variable rendimiento de peso en el testigo y las rizobacterias estudiadas. UAAAN- UL 2019.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F-Valor	Pr->F
Tratamiento	2	146326.9000	73163.4500	2.26	0.18 NS
Bloque	3	128321.7833	42773.9278	1.32	0.35 NS
Error	48	2770376.000	57716.167		
Total	59	3239170.850			

---

R-CUADRADO	CV (%)	Media
0.144727	47.85218	502.0500

NS= NO SIGNIFICATIVO