

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Inoculación de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal sobre la calidad y rendimiento del cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en invernadero.

POR

JOSÉ NICOLÁS GARCÍA RAMÍREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila México

Diciembre de 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

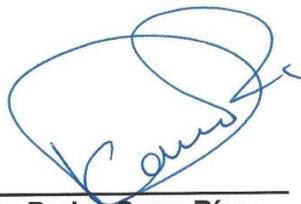
Inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal sobre la calidad y rendimiento del cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en invernadero.

**POR
JOSÉ NICOLÁS GARCÍA RAMÍREZ**

**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**



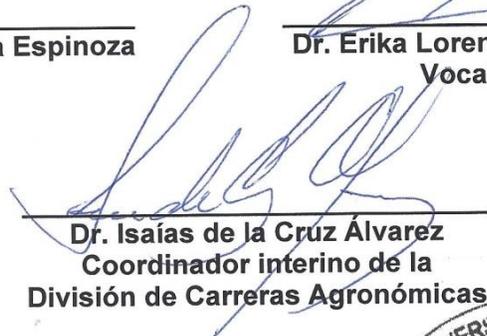
**Dr. Héctor Javier Martínez Agüero
Vocal**



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



**Dr. 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 AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal sobre la calidad y rendimiento del cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en invernadero.

POR

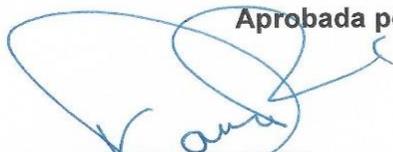
JOSÉ NICOLÁS GARCÍA RAMÍREZ

TESIS

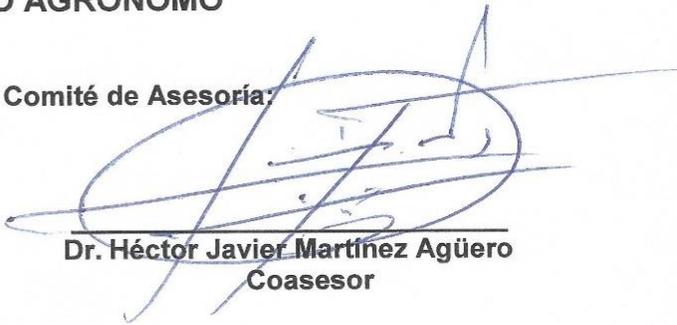
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Pedro Sano Ríos
Asesor Principal



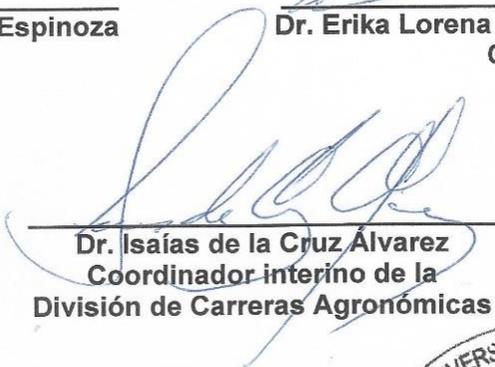
Dr. Héctor Javier Martínez Agüero
Coasesor



M. C. Fabián García Espinoza
Coasesor



Dr. 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

Agradezco a Dios, la Virgen de Guadalupe y Manuelito niño de la Boca del Rio: por darme la oportunidad de poder culminar mis estudios y ser un profesionalista. Por darme las fuerzas para superar cada obstáculo en mi camino, para poder cumplir esta meta en mi vida.

A mi Alma Mater. Por darme la oportunidad de formar parte de su comunidad universitaria, brindándome los conocimientos para mi formación académica.

A la familia García León: en especial a mi tía Mirna y a cada uno de mis familiares que siempre me brindaron su apoyo incondicional

A la familia Ramírez Tornos: en especial a mi tía Elva, a mis tíos Nicolás y Hugo por brindarme su apoyo moralmente y brindándome sus conejos.

Al Dr. Pedro Cano Ríos: por darme la oportunidad de participar en su proyecto de investigación, compartiéndome su conocimiento de manera incondicional.

Al M. C. Bernardo Espinosa Palomeque: por su apoyo incondicional para la realización de este proyecto y por contar con su amistad.

Al M. C. Fabián García Espinoza: por brindarme su amistad e incondicional apoyo para la realización de esta investigación.

DEDICATORIA

A MI PADRE: José Ángel García León. Le agradezco todas las palabras de aliento, a motivarme a echarle ganas para que yo pudiera terminar mis estudios. Gracias por los valores que me inculco como padre, los cuales me ayudado a ser una persona responsable, educada, dedicada. De antemano le agradezco el apoyo que implicó el haberme apoyado para poder concluir mis estudios universitarios.

A MI MADRE: Georgina Ramírez Tornes. Por siempre estar conmigo apoyándome, dando palabras de aliento para que yo pudiera culminar mis estudios. Gracias por ser mi pilar en los malos momentos y enseñarme que los problemas no son un obstáculo cuando uno tiene ganas de salir adelante, le agradezco los valores que me inculco. Le doy gracias a dios por haberme dado la dicha de que seas mi madre.

A MI TÍA: Irene García León. Gracias por siempre estar pendiente de mí dándome, brindándome su cariño incondicional y dando palabras de aliento para poder culminar mis estudios. Gracias por ser una de mis mejores tías.

A MI HERMANO: Ángel García Ramírez. Gracias por cautivarme con tu carisma, regalándome todos momentos eres una de las personas más importante en mi vida, eres mi más grande motivación para seguir adelante. Estoy agradecido con dios por haberme dado a un hermano como tú.

A MIS HERMANAS: Kenia Daniela y Josselyn Adriana García Ramírez: Por regalarme los momentos más felices a su lado, ustedes son una inspiración para seguir adelante estoy agradecido con dios por tener la dicha de tener las mejores hermanas.

A MI SOBRINO: Gael Alexander. Gracias por ser la personita que llego a cambiar nuestras vidas, ganándote mi cariño tan rápido, siempre contarás con mi apoyo incondicional para cuando lo necesites.

RESUMEN

El chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) es una de las hortalizas más importantes a nivel mundial para su consumo en fresco o procesado, México es el primer país exportador de chile verde. A nivel nacional el estado de Coahuila ocupa el lugar número ocho en la producción de chile jalapeño, la producción de esta hortaliza ha generado el uso indiscriminada de fertilizantes sintéticos lo cual representa una problemática hoy en día, debido a esto se propone se propone como una alternativa sustentable el uso de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV). El objetivo de este presente experimento fue evaluar el efecto de la inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (*Bacillus paracheniformis* y *Pseudomonas lini*) con solución nutritiva inorgánica al 100 % sobre la calidad y rendimiento del cultivo de chile jalapeño en invernadero. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: desarrollo fenológico (altura de planta, número de hojas y diámetro de tallo), calidad de fruto (peso de fruto, longitud de fruto, diámetro de ecuatorial, diámetro de cavidad, espesor de pericarpio, y firmeza) y rendimiento total. Los datos fueron analizados estadísticamente por análisis de varianza y las comparaciones de medias mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Los resultados indican que la inoculación de rizobacterias en chile jalapeño ejercen un efecto positivo en altura planta donde se obtuvo una altura promedio de 103 cm con la inoculación de la cepa *Bacillus paracheniformis*, en el número hojas se obtuvo un promedio de 157 hojas por planta con la inoculación de la cepa *Pseudomonas lini* y para el diámetro de tallo se obtuvo un promedio de 15 mm por planta con la inoculación de la cepa *Pseudomonas lini*. No se presentaron diferencias significativas para las variables peso de fruto (c.v. 11.24%) longitud de fruto (c.v 6.82%) diámetro de cavidad (c.v 5.20%) rendimiento (c.v 35.83%) número de frutos (c.v 38.21%) y firmeza (4.83%) a lo que se le atribuye que presentaron un coeficiente de variación muy elevado. Por otro lado el tratamiento T2 *P. lini* presento diferencias significativas para las variables diámetro ecuatorial y espesor de pericarpio por lo que se considera que fue el mejor tratamiento de acuerdo al análisis estadístico.

Palabras claves: RPCV, *Pseudomonas lini*, *Bacillus paracheniformis*

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE APÉNDICE.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo.....	2
1.1.1 Objetivos específicos	2
1.2 Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 importancia del chile jalapeño.....	3
2.2 Importancia económica en la exportación	3
2.3 Importancia económica del chile jalapeño en el estado de Coahuila	3
2.4 Agricultura protegida.....	3
2.4.1 Agricultura protegida en México	4
2.5 Principal limitación de la producción del chile jalapeño.....	4
2.6 Panorama de la demanda alimenticia	4
2.7 Consecuencias de una mala fertilización	4
2.8 Rizobacterias como una alternativa para la producción de chile jalapeño.....	5
2.8.1 Rizósfera.....	5
2.8.2 Importancia de las RPCV	5
2.8.3 Atribución RPCV en el crecimiento de las plantas.....	6
2.8.4 Géneros de rizobacterias aplicados en la agricultura.....	6
2.9 Importancia del nitrógeno en las planta.....	6
2.9.1 Fijación biológica del nitrógeno atmosférico	6
2.10 <i>Pseudomonas</i> como control biológico.....	7
2.11 Importancia del género <i>Bacillus</i>	7
III. MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1 Ubicación del sitio experimental.....	8
3.2 Sitio de estudio.....	8
3.3 Propagación de RPCV.....	8

3.4 Material Genético.....	8
3.5 Labores culturales.....	9
3.5.1 Siembra del material vegetal.....	9
3.5.2 Preparación de macetas	9
3.5.3 Inoculación de las plantas.....	9
3.5. 4 Trasplante.....	9
3.5.5 Segunda inoculación.....	10
3.7 Riegos y aplicación de la solución nutritiva.....	10
3.8 Variables a evaluar	11
3.8.1 Variables vegetativas.....	11
3.8.1.1 Altura de planta.....	11
3.8.1.2 Diámetro de tallo.....	11
3.8.1.3 Número de hojas.....	11
3.8.2 Evaluación de rendimiento y calidad de fruto.....	11
3.8.2.1 Evaluación de la calidad del fruto	11
3.8.2.2 Firmeza.....	11
3.8.2. 3 Diámetro ecuatorial.....	11
3.8.2 .4 Diámetro de cavidad.....	11
3.8.2 .5 Espesor de pericarpio.....	12
3.8.6 Peso del fruto.....	12
3.9 Análisis estadístico.....	12
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
Variables vegetativas.....	13
4.1 Altura de planta.....	13
4.2 Número de hojas.....	14
4.3 Diámetro de tallo.....	16
Variables de calidad y rendimiento.....	17
4.4 Número de frutos.....	17
4.5 Longitud de fruto.....	18
4.6 Diámetro ecuatorial	18
4.7 Peso de fruto.....	18
4.8 Firmeza de fruto	19
4.9 Espesor de pericarpio.....	19

4.10 Diámetro de cavidad	19
4.11 Rendimiento	20
V. CONCLUSIONES.....	21
VI. LITERATURA CITADA.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto de los tratamientos <i>Bacillus paracheniformis</i> , <i>Psuedomonas lini</i> y testigo sobre la altura de plantas de chile jalapeño. UAAAN- UL, 2019.	13
Figura 2. Efecto de los tratamientos <i>Bacillus paracheniformis</i> , <i>Psuedomonas lini</i> y testigo sobre el número de hojas en plantas chile jalapeño. UAAAN- UL, 2019.	15
Figura 3. Efecto de los tratamientos <i>Bacillus paracheniformis</i> , <i>Psuedomonas lini</i> y testigo sobre el diámetro de tallo en plantas chile jalapeño. UAAAN- UL, 2019.	16

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución de los tratamientos, combinado con RPCV. UAAAN-UL. 2019. .	10
Cuadro 2. Ajuste polinomial para la variable altura semanal en los tratamientos de rizobacterias y testigo estudiados. UAAAN – UL. 2019.	14
Cuadro 3. Ajuste polinomial para la variable número de hojas semanal en los tratamientos de rizobacterias y testigo estudiados. UAAAN – UL. 2019.	15
Cuadro 4. Ajuste polinomial para la variable número de hojas semanal en los tratamientos de rizobacterias y testigo estudiados. UAAAN – UL. 2019.	17

ÍNDICE DE APÉNDICE

Tabla 1 A. Análisis de varianza para la variable número de frutos en el testigo y las Rizobacterias estudiadas. UAAA-UL. 2019.	29
Tabla 2 A. Análisis de varianza para la variable longitud de fruto en el testigo y las Rizobacterias estudiadas. UAAA-UL. 2019.	29
Tabla 3 A. Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial en el testigo y las Rizobacterias estudiadas. UAAA-UL. 2019.	30
Cuadro 4 A. Análisis de varianza para la variable peso de fruto en el testigo y las Rizobacterias estudiadas. UAAA-UL. 2019.	30
Cuadro 5 A. Análisis de varianza para la variable de firmeza en el testigo y las Rizobacterias estudiadas. UAAA-UL. 2019.	31
Tabla 6 A. Análisis de varianza para la variable espesor de pericarpio en el testigo y las Rizobacterias estudiadas. UAAA-UL. 2019.	31
Tabla. 7 A. Análisis de varianza para la variable de diámetro de cavidad en el testigo y las Rizobacterias estudiadas. UAAA-UL. 2019.	32
Tabla. 8 A. Análisis de varianza para la variable rendimiento en el testigo y las Rizobacterias estudiadas. UAAA-UL. 2019.	32

I. INTRODUCCIÓN

El chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) es una de las hortalizas más importante a nivel mundial. Es de gran importancia comercial y es cultivada para su consumo en fresco o en productos procesados. Según datos de la FAOSTAT (2009) la superficie mundial sembrada de chiles asciende a 1.7 millones de hectáreas, con una producción de 25.1 millones de toneladas. Los principales países productores son China, México, Turquía, Estados Unidos, España e Indonesia. México es el primer exportador de chile verde a nivel mundial y el sexto de chile seco; donde sus principales mercados son: Estados Unidos, Japón, Canadá, Reino Unido y Alemania (SIAP, 2013). Los principales estados productores de chile jalapeño a nivel nacional son: Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Campeche y Chiapas.

El estado de Coahuila ocupa el lugar número ocho a nivel nacional en la producción de chile jalapeño, donde registro una superficie de 478.94 ha sembradas cosecho 470.94 ha, con cual obtuvo una producción de 12,583.92 t lo que genero un ingreso económico de 82,196.86 millones de pesos (SIAP, 2017).

En la actualidad los productores están buscando nuevas alternativas en el control de plagas y enfermedades u organismos patógenos, que nos afecten la calidad y el rendimiento de cultivo. Una de las alternativas es el uso de las RPCV (Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal).

Se han estudiado las bacterias que habitan en la rizósfera que 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 los cultivos de interés agrícola. Dentro de los mecanismos propuestos para explicar este efecto destaca el control biológico de patógenos (Hernández, *et al.*, 2006).

La inoculación de cultivos con RPCV reduce sustancialmente el uso de fertilizantes sintéticos, minimiza los impactos negativos al suelo, aumenta el rendimiento de los cultivos y contribuye a la economía del productor (Moreno, *et al.*, 2018).

Una alternativa para el manejo sustentable en el cultivo de *C. annuum* L. se ha enfocado en el uso de bacterias promotoras del crecimiento vegetal y hongos micorrízicos arbusculares (Angulo, *et al.*, 2017).

1.1 Objetivo

Evaluar la efectividad de las rizobacterias en el desarrollo, calidad y rendimiento del chile

1.1.1 Objetivos específicos

Se evaluará el efecto que tienen la inoculación de las rizobacterias en desarrollo fenológico (altura de planta, número de hojas y diámetro de tallo) así como calidad de fruto (peso de fruto, firmeza, longitud de fruto, diámetro ecuatorial diámetro de cavidad y espesor de pericarpio).

1.2 Hipótesis

La inoculación de las rizobacterias en chile influirá positivamente en el desarrollo fenológico, calidad y rendimiento del chile.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 importancia del chile jalapeño

El chile jalapeño es una de las hortalizas más importante a nivel mundial, para su consumo en fresco o procesados, los principales países productores de chile verde son China (17,821.238 t), México (32,968.75 t), Turquía (2608172 t), Indonesia (23,594.41 t), España (12,779.08 t) y Estados unidos (962679 t), (FAOSTAT, 2017). México es el segundo productor de *Capsicum annum* L, esta hortaliza ocupa el 20 por ciento de la producción nacional, siendo uno de los alimentos icónicos en el país (SADER, 2017). Este cultivo es producido en las 32 entidades del país, las cinco principales son Chihuahua, Sinaloa, Zacatecas, San Luis Potosí y Michoacán, las cuales aportan el 77.1 por ciento de la producción nacional (SIAP, 2017).

2. 2 Importancia económica en la exportación

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).

2.3 Importancia económica del chile jalapeño en el estado de Coahuila

El estado de Coahuila ocupa el lugar número ocho a nivel nacional en la producción de chile jalapeño, donde registro una superficie de 478.94 ha sembradas y cosecho 470.94 ha, con cual obtuvo una producción de 12,583.92 t lo que genero un ingreso económico de 82,196.86 millones de pesos (SIAP, 2017).

2.4 Agricultura protegida

La agricultura protegida es aquella que se realiza bajo diversos tipos de estructuras con la finalidad de disminuir las restricciones que impone el medio ambiente (SIAP, 2019). A través de los años se han desarrollado varios tipos de estructuras para la protección de las plantas, generando las condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de los cultivos, de acuerdo a los requerimientos climáticos de cada especie y en concordancia con los factores climáticos de cada región (Juárez, *et al.*, 2011).

2.4.1 Agricultura protegida en México

En México existen 25,814 unidades de producción de agricultura protegida, de las cuales 65% son invernaderos, 10% son macrotúneles, 10% microtúnel y 15% son casa sombra, techo sombra o pabellón. En las cuales se producen principalmente jitomate, pepino, pimientos, rosas y otros cultivos ornamentales, forestales y medicinales (SIAP, 2016)

2.5 Principal limitación de la producción del chile jalapeño

El chile es uno de los principales cultivos de mayor importancia económica en México, este cultivo se ve afectado por plagas y enfermedades, una de las enfermedades más importante en el cultivo chile es la marchitez causada por *Fusarium*, lo que ocasiona pérdidas en el rendimiento y calidad del fruto. Además, el uso inadecuado de agroquímicos para la prevención de esta enfermedad genera problemas ambientales y de salud (Robles-Hernández, *et al.*, 2015).

2.6 Panorama de la demanda alimenticia

La dinámica poblacional de la especie humana ha llevado a que la explotación de los recursos naturales, en búsqueda de suplir las necesidades alimenticias de los miles de millones de personas que habitan el planeta. Esta necesidad ha llevado a la utilización de materiales de alta eficiencia en la agricultura, variedades vegetales resistentes a plaga y enfermedades con ciclos de producción más cortos, agroquímicos que surten las necesidades nutricionales y provean protección frente factores bióticos adversos (plagas y enfermedades). Sin embargo, estas estrategias utilizadas en la agricultura moderna han generado impactos ambientales negativos que aún no comprendemos (Camelo, *et al.*, 2011).

2.7 Consecuencias de una mala fertilización

El mal uso de los suelos agrícolas, que desafortunadamente ocurre en diferentes zonas cultivables, ha ido intensificando los problemas de fertilidad en los mismos. Particularmente, el uso intensivo de los fertilizantes y productos fitosanitarios químicos ha conllevado a elevar los costos de producción de muchos alimentos y otros derivados de la agricultura haciéndolos poco competitivos en el mercado (Franco-Correa, 2009).

La aplicación de los mismos por encima de los requerimientos del cultivo (es decir, en exceso), conducen a un impacto generalizado en los suelos y cuencas fluviales, deteriorando así a todo el ecosistema en su conjunto (Oosterheld, 2008).

2.8 Rizobacterias como una alternativa para la producción de chile jalapeño

En la actualidad los productores están buscando nuevas alternativas para la producción de chile jalapeño, en el control de plagas, enfermedades u organismo patógenos que afecten la calidad y el rendimiento del cultivo, una de las alternativas es el uso de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) (Chalé-Carrillo, *et al.*, 2016).

2.8.1 Rizósfera

La rizosfera es la región del suelo con la mayor actividad microbiana (Esquivel-Cote, *et al.*, 2013) donde se presentan microorganismos, específicamente funcionales, como fija-dores de nitrógeno, solubilizadores de fosfatos, promotores del crecimiento vegetal, biocontroladores y especies patogénicas, normalmente, compiten por espacio y por nutrientes, Estas interrelaciones entre microorganismos inciden en la interacción suelo-planta-microorganismos-ambiente y repercuten, de forma directa, en el crecimiento y en el desarrollo de las especies vegetales (Alejandro, 2011). Cuando el ciclo de la planta se cumple, estos retornan el suelo creándose un intercambio y un impacto reciproco entre el suelo crudo y la rizósfera (García, 2015)

2.8.2 Importancia de las RPCV

Las Rizobacterias Promotoras del Crecimiento de las Plantas y los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) son en la actualidad una alternativa en la agricultura sostenible. A través de sus numerosos mecanismos de acción, directos o indirectos, las RPCV y los HMA pueden permitir una reducción significativa en el uso de agroquímicos y fertilizantes químicos. El implementar el RPCV tiene como beneficios el control biológico de enfermedades y plagas, la promoción del crecimiento vegetal, la biorremediación de metales pesados, los aumentos en el rendimiento de los cultivos y mejora de la calidad (Sarabia, *et al.*, 2010).

2.8.3 Atribución RPCV en el crecimiento de las plantas

La inoculación con rizobacterias se le atribuye al crecimiento de la planta por varios factores; uno de ellos es por la síntesis de ciertas sustancias reguladoras de crecimiento, como las giberelinas, citoquininas y auxinas, las cuales estimulan la densidad y longitud de los pelos radicales, aumentando así la cantidad de raíces en las plantas, lo que incrementa a su vez la capacidad de absorción de agua y nutrientes y permite que las plantas sean más vigorosas, productivas y tolerantes a condiciones climáticas adversas, como las heladas, sequias y a los ataque de los patógenos (Tejera-Hernández, *et al.*, 2010).

2.8.4 Géneros de rizobacterias aplicados en la agricultura

Los géneros bacterianos más estudiados en la agricultura son *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Klebsiella*, *Beijerinckia*, *Pseudomonas* y *Bacillus*, estos géneros cubren las necesidades agronómicas para el control de plagas, enfermedades y aumentar los rendimientos en los cultivos de interés agrícola (Loredo, *et al.*, 2004).

2.9 Importancia del nitrógeno en las planta

El Nitrógeno (N) es un elemento necesario en la composición de proteínas, ácidos nucleicos y otros componentes celulares (Urzúa, 2005)

2.9.1 Fijación biológica del nitrógeno atmosférico

En la atmósfera el N ocupa aproximadamente el 80%, debido al triple enlace entre los dos átomos de nitrógeno, no puede ser aprovechado por la mayoría de las formas vivientes, sino sólo por un pequeño grupo de microorganismos altamente especializados, que incluyen algas, bacterias y actinomicetes, para ser utilizado en el crecimiento, primero debe ser reducido y luego “fijado” (combinado) en la forma de iones amonio (NH_4^+) o nitrato (NO_3^-), este proceso puede ser llevado a cabo por los microorganismos en vida libre o en simbiosis con plantas, no sólo permite usar el nitrógeno atmosférico sino también reduce la degradación del suelo (Mayz-Figueroa, 2004).

2.10 *Pseudomonas* como control biológico.

Las *Pseudomonas* cumplen un rol importante en el biocontrol, por su amplia diversidad de compuestos bioactivos hacia el control de patógenos. Las diferentes especies de *Pseudomonas spp* 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) (Canchignia, *et al.*, 2015).

2.11 Importancia del género *Bacillus*

Las bacterias del género *Bacillus* se encuentran ampliamente distribuidas en los más diversos hábitats, la promoción del crecimiento vegetal por parte de las especies del género *Bacillus* puede ocurrir de forma directa o indirecta, un efecto directo sobre la promoción del crecimiento vegetal se observa en bacterias rizosféricas que tienen la capacidad de llevar a cabo la fijación biológica del nitrógeno, la solubilización de minerales como el fósforo y la producción de hormonas reguladoras del crecimiento vegetal. La forma indirecta es la de promoción del crecimiento vegetal está relacionada con la producción de sustancias que actúan como antagonistas de patógenos o induciendo resistencia en las plantas (Tejera-Hernández, *et al.*, 2011).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del sitio experimental

La Comarca Lagunera se localiza a entre los 25° 05' y 26° 54' de Latitud Norte y a los 101° 40' y 104° 45' Longitud Oeste de Greenwich, a 1,139 msnm), con una precipitación y temperatura media anual de 235 mm y 21.0 C, respectivamente (UNAM, 2009)

3.2 Sitio de estudio

Esta investigación se realizó en el ciclo agrícola primavera-verano 2018, en un invernadero con ventilación forzada, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México, en las coordenadas 25°33'26'' LN y 103°22'31'' LO; a una altitud de 1110 m. 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 *Bacillus paralicheniformis*, *Pseudomonas lini* 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 sideróforos, actividad de la enzima del ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) desaminasa o solubilizadoras de fosfato (Palacio-Rodríguez *et al.*, 2017). Las cepas se propagaron individualmente en medio Luria Bertani[®] en una incubadora con agitación de 200 rpm (Precision Scientific 815[®]) durante 24 h a 30 °C, posteriormente la concentración bacteriana se ajustó a 1 x 10⁸ unidades formadoras de colonias/mL con buffer fosfato salino al 0.5 x.

3.4 Material Genético

Chile jalapeño *C. annuum* L. (hibrido Coronel F1)

3.5 Labores culturales

3.5.1 Siembra del material vegetal

El día 19 de abril del 2018 se realizó la siembra de la semilla de chile en una charola de 200 cavidades, las cuales contenían Peat moss (Premier ®, México) como sustrato aplicando un riego ligero cada 24 horas, se tapó la charola con una bola negra por 8 días la cual le proporciono el calor suficiente para la emergencia de las plántulas.

3.5.2 Preparación de macetas

El día 29 de abril se realizó el llenado de las macetas para las cuales se utilizaron bolsas de polietileno negro de 20 de litros como sustrato se utilizó arena y perlita. En una concentración de (75% arena y 25% perlita).

3.5.3 Inoculación de las plantas

La inoculación de las raíces de las plántulas se realizó el día 19 de mayo del 2018, a los 23 días después de emergidas, para ello se procedió a partir la charola en cinco partes con 40 plántulas. Donde se empleó el método de inmersión durante cinco minutos en la suspensión bacteriana de 4 L, a una concentración de 1×10^8 UFC mL⁻¹, (*Bacillus paralicheniformis*, *Pseudomonas lini*) y el testigo solo se trató con agua destilada.

3.5. 4 Trasplante

Se efectuó el trasplante a los 31 días después de la emergencia, cuando las plántulas presentaron en promedio una altura de 15 cm colocando una planta en centro de la maceta, con un arreglo topológico donde se colocaron las bolsas en doble hilera, con una separación de 1.60 m entre hileras, con arreglo (tres bolillo), y una separación de 0.30 m de centro a centro de las macetas.

3.5.5 Segunda inoculación

La segunda inoculación se realizó el 22 de junio del 2018 cuando el cultivo estaba en la etapa de floración donde se aplicaron las bacterias de acuerdo a los tratamientos ya establecidos con una concentración de 5 ml por maceta aplicándolo de forma directa.

3.6 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con tres tratamientos con cuatro repeticiones.

Tratamientos evaluados

A continuación se muestran los tratamientos cuya distribución se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Distribución de los tratamientos, combinado con RPCV. UAAAN-UL. 2019.

Tratamiento	Bacteria
T1	<i>Bacillus paracheniformis</i>
T2	<i>Pseudomonas lini</i>
T3	Control (no se inocularon bacteria)

3.7 Riegos y aplicación de la solución nutritiva

Se iniciaron los riegos y la solución nutritiva a los cuatros (ddt). La solución nutritiva fue preparada a partir de nitrato de calcio $[Ca(NO_3)_2] \cdot 4H_2O$, nitrato de potasio (KNO_3), nitrato de magnesio $Mg(NO_3)_2$, fosfato monoamónico $NH_4H_2PO_4$, y micro elementos (Maxique[®]). El pH de las soluciones se ajustó a 5.5 con ácido fosfórico (H_3PO_4) y ácido nítrico (HNO_3).

Se suministró de manera manual aplicando a los cuatros días después del trasplante, se aplicaron en promedio 0.5 L de agua por maceta día⁻¹, el volumen se incrementó a 1 y 2 L día⁻¹, a los 30 y 71 ddt.

3.8 Variables a evaluar

3.8.1 Variables vegetativas

3.8.1.1 Altura de planta

La altura de la planta se midió después 7 días del transponte (DDT) hasta que culminó el ciclo del cultivo el cual consistió medir la planta desde la base del tallo hasta el punto de crecimiento con un flexómetro (Truper®, México).

3.8.1.2 Diámetro de tallo

El diámetro de tallo se determinó a un 1 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, a los siete días después del trasplante y culminó hasta que terminó 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 realizaran 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 realizaran comparación de medias aplicando la prueba Tukey ($P \leq 0.05$).

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables vegetativas

4.1 Altura de planta

En esta variable si se encontraron diferencias numéricas, las cuales se ajustaron en tres modelos, los cuales fueron a los 28, 56 y 77 ddt, el cual se determinó mediante un análisis de regresión polinomial de segundo grado. En el cuadro 2 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 1 con 103.9 cm.

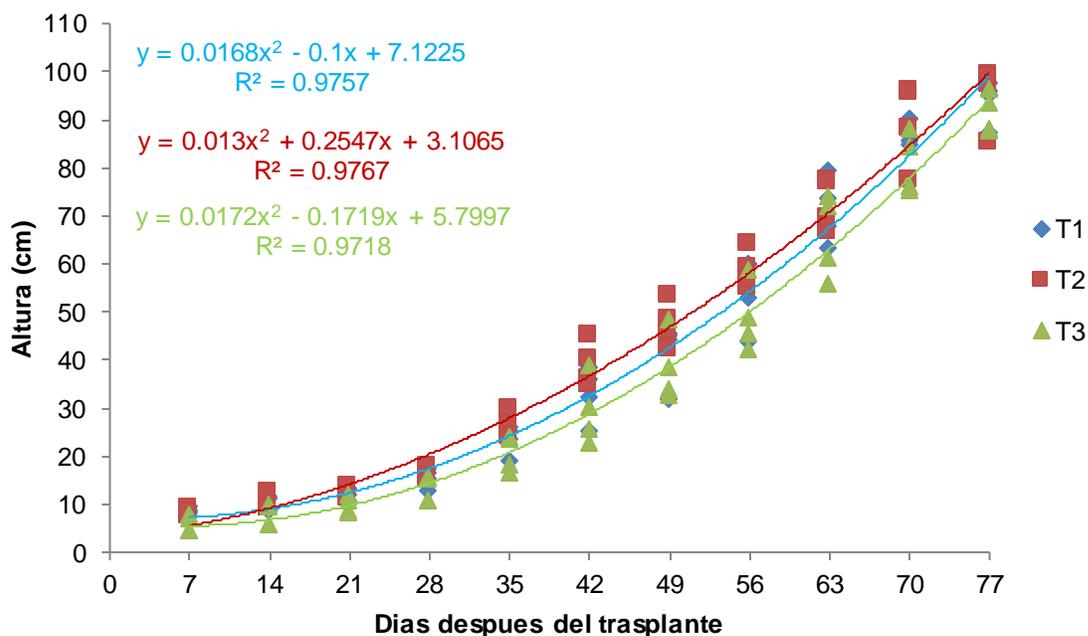


Figura 1. Efecto de los tratamientos *Bacillus paracheniformis*, *Pseudomonas lini* y testigo sobre la altura de plantas de chile jalapeño. UAAAN- UL, 2019.

Así mismo Sánchez, *et al.*, (2012) presentaron resultados positivos al inocular cepas de *Enterobacter sp.*, *Bacillus sp.* y *Pseudoonas putida*, en tomate de las cuales la bacteria que tuvo mayor dio mayor resultado fue *Pseudoonas putida* ya que presento un incremento en desarrollo de la planta (altura del 20 %) y la biomasa de manera significativa ($p \leq 0.05$). Por otro lado Carrillo-Castañeda, *et al.*, (2000) reporto que la

inoculación de la cepa *Pseudomonas fluorescens* en tomate tiene efecto positivo en el desarrollo fenológico, obteniendo plantas de mayor altura y plantas más precoces.

Cuadro 2. Ajuste polinomial para la variable altura semanal en los tratamientos de rizobacterias y testigo estudiados. UAAAN – UL. 2019.

Tratanientos	Ecuación	R ²	77
<i>B. paralicheniformis</i> (T1)	$y = 0.0168x^2 - 0.1x + 7.12$	R ² = 0.97	103.92
<i>Pseudomonas lini</i> (T2)	$y = 0.013x^2 + 0.2547x + 3.10$	R ² = 0.97	99.79
Testigo (T3)	$y = 0.0172x^2 - 0.1719x + 5.79$	R ² = 0.97	94.54

4.2 Número de hojas

La variable número de hojas, se encontraron diferencias numéricas, las cuales se ajustaron en tres modelos, los cuales fueron a los 28, 56 y 77 ddt, el cual se determinó mediante un análisis de regresión polinomial de segundo grado. En el cuadro 3 se aprecia los modelos, R², y el número de hojas 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 157.33 hojas.

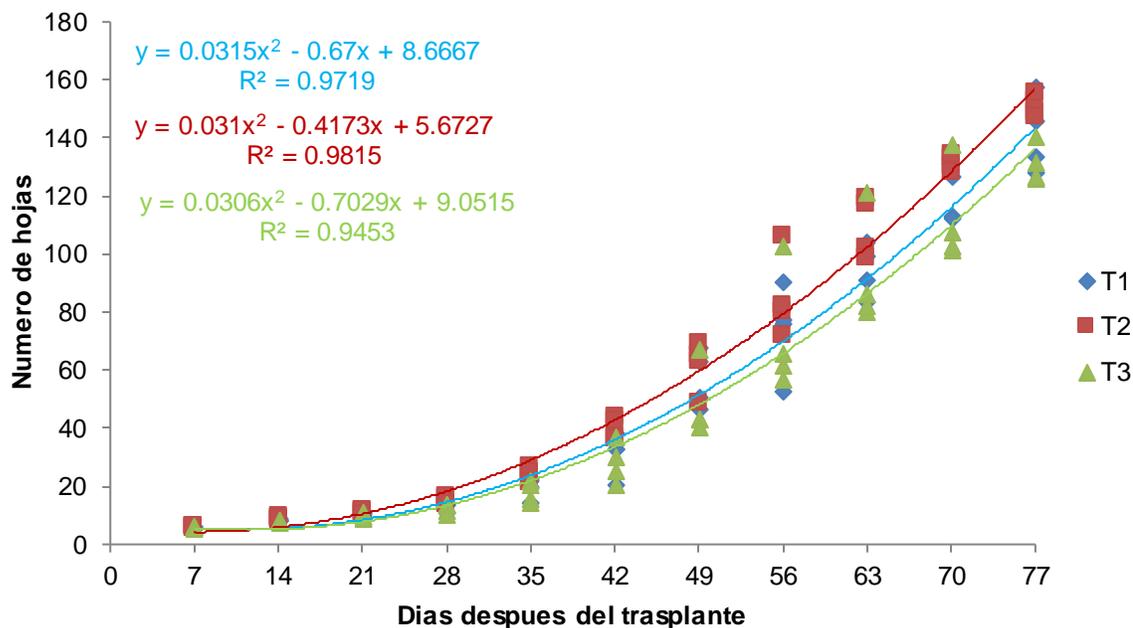


Figura 2. Efecto de los tratamientos *Bacillus paracheniformis*, *Pseudomonas lini* y testigo sobre el número de hojas en plantas chile jalapeño. UAAAN- UL, 2019.

Para esta variable no se han reportado resultados sobre el número de hojas en chile jalapeño inoculadas con rizobacterias.

Cuadro 3. Ajuste polinomial para la variable número de hojas semanal en los tratamientos de rizobacterias y testigo estudiados. UAAAN – UL. 2019.

Tratamientos	Modelo	R^2	ddt		
			28	56	77
<i>B. paralicheniformis</i> (T1)	$y = 0.0315x^2 - 0.67x + 8.6667$	$R^2=0.97$	14.60	69.93	143.84
<i>Pseudomonas lini</i> (T2)	$y = 0.031x^2 - 0.4173x + 5.6727$	$R^2 = 0.98$	18.30	79.51	157.33
Testigo (T3)	$y = 0.0306x^2 - 0.7029x + 9.0515$	$R^2 = 0.94$	13.36	65.65	136.35

4.3 Diámetro de tallo

La variable diámetro de tallo, se encontraron diferencias numéricas, las cuales se ajustaron en tres modelos, los cuales fueron a los 28, 56 y 77 ddt, el cual se determinó mediante un análisis de regresión polinomial de segundo grado. En el cuadro 4 se aprecia los modelos, R^2 , y el número de hojas para los tres tratamientos a los 28, 56 y 77 días después del trasplante. El mayor diámetro se observó en el tratamiento 2 con 15.04 mm.

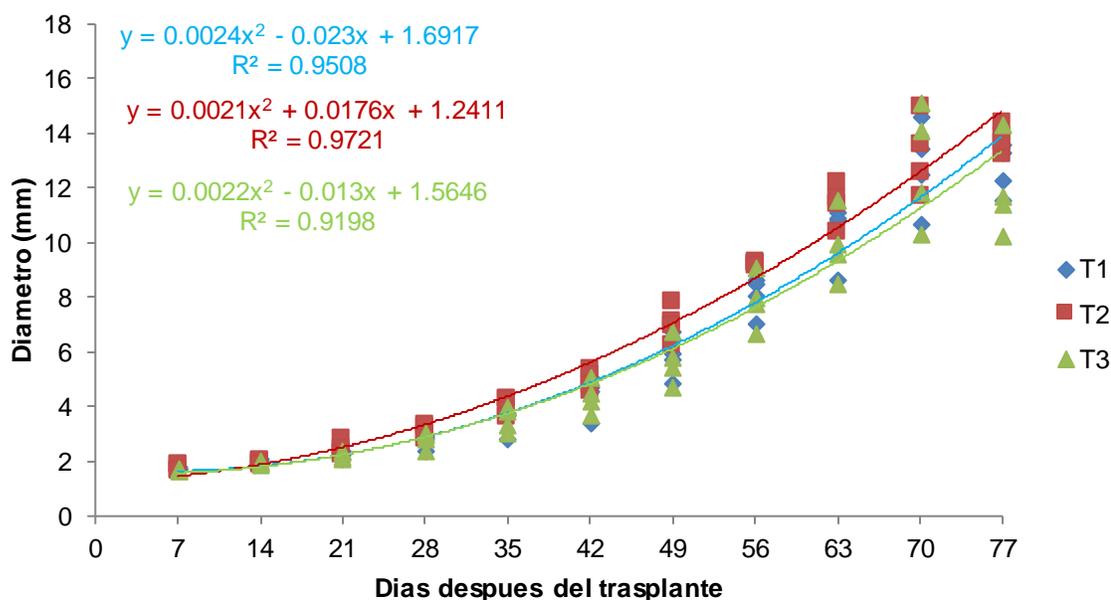


Figura 3. Efecto de los tratamientos *Bacillus paracheniformis*, *Pseudomonas lini* y testigo sobre el diámetro de tallo en plantas chile jalapeño. UAAAN- UL, 2019.

Por otro lado Hernández *et al.*, (2018), reporta resultados similares, en la inoculación de *Pseudomonas putida*, en chile morrón en el cual obtuvo un diámetro de 14.08 lo que refiere que la inoculación de esta cepa tiene efecto positivo en el desarrollo vegetativo. Así mismo Chiquito-Contreras (2019) *et al.*, reportaron que la inoculación de *Pseudomonas putida* combinado con una fertilización inorgánica al 75 y 100 % tiene un efecto positivo en el desarrollo vegetativo, donde registro un aumento en el diámetro de tallo que fue 8.45 por lo que se concluye que la inoculación de esta cepa es una alternativa para el cultivo de tomate.

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

Tratamientos	Modelo	R ²	Ddt		
			28	56	77
<i>B. paralicheniformis</i> (T1)	$y = 0.0024x^2 - 0.023x + 1.6917$	R ² = 0.95	2.92	7.93	14.15
<i>Pseudomonas lini</i> (T2)	$y = 0.0021x^2 + 0.0176x + 1.2411$	R ² = 0.97	3.38	8.81	15.04
Testigo (T3)	$y = 0.0022x^2 - 0.013x + 1.5646$	R ² = 0.9	2.92	7.73	13.60

Variables de calidad y rendimiento

4.4 Número de frutos

Para la variable de número de frutos el análisis de varianza no detectó diferencias significativas ($P > 0.59$), donde se presentó un coeficiente de variación (c. v) de 38.21%, mismo que es muy alto y es probable que debido a eso no se encontró diferencias significativas entre las medias, la media general para esta variable fue de 16.90 frutos por planta.

Por otro lado, Aguirre-Medina, (2016) demostraron que hay un efecto positivo en la inoculación individual de los microorganismos *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum brasilense* y la coinoculación de R. intraradices +A. brasilense donde se observó un incremento del 20 % en el número de frutos por planta. Así mismo, Hernández *et al.*, (1995) reportaron que la inoculación de *Pseudomonas cepia* en maíz tiene un efecto positivo en rendimiento y en ahorro del 25 a 50% de fertilizantes nitrogenados.

4.5 Longitud de fruto

Para la variable longitud de fruto, el análisis de varianza no detecto diferencias significativas ($P > 0.38$), donde se presentó un coeficiente de variación (c. v) de 6.82%, mismo que es muy alto y es probable que debido a eso no se encontró diferencias significativas entre las medias, la media general para esta variable fue de 81.08 mm por fruto.

Sin embargo, Reyes-Ramírez, *et al.*, (2014) presentaron resultados positivos con la inoculación de *Pseudomonas spp.* en chile habanero, en el trasplante aumenta el crecimiento, rendimiento y la longitud de fruto reportando 39.0 mm. Por otro lado, Espinosa-Palomeque, *et al.*, (2019) presentaron resultados positivos en la inoculación de *Bacillus* en tomate donde obtuvo diferencias significativas ($P \leq 0.03$) con un promedio de 76.18 mm por fruto.

4.6 Diámetro ecuatorial

Para la variable diámetro ecuatorial el análisis varianza presento diferencias significativas entre los tratamiento ($p < 0.03$) con una media general de 27.46 y un coeficiente de variación (c. v) de 5.98%, el mayor diámetro ecuatorial fue el T2 (*Pseudomonas lini*) con una media de 28.61, seguido de los tratamientos T1 (*Bacillus paralicheniformis*) con una media de 26.97 y T3 control (sin inocular) con una media de 26.81 mm por fruto.

Virginia, (2017) presento resultados positivos en la inoculación de rizobacterias en tomate donde encontró diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en el diámetro ecuatorial al inocular *pseudomonas fluorescens* las cuales tuvieron un efecto positivo en la calidad del fruto.

4.7 Peso de fruto

Para la variable peso de fruto, el análisis estadístico no detecto diferencias significativas ($P > 0.16$), donde se presentó un coeficiente de variación (c. v) de 11.24 %, mismo que es muy alto y es probable que debido a eso no se encontró diferencias significativas entre las medias, la media general para esta variable fue 31.70 gr por fruto.

Sin embargo, Reyes-Ramírez, (2014) reportó que la inoculación de *Pseudomonas spp* en chile habanero tiene un efecto positivo en el rendimiento el cual fue mayor a (8.1 g por planta), dando frutos de calidad. Así mismo Espinoza-Ahumada, (2019) reportó que la inoculación de *Bacillus paralicheniformis* en tomate es una alternativa para aumentar el rendimiento, donde presenta resultados de 2.09 kg/planta al inocular esta rizobacteria.

4.8 Firmeza de fruto

Para la variable firmeza de fruto, el análisis estadístico no presentó diferencias significativas ($P > 0.17$), donde se presentó un coeficiente de variación (c. v) de 4.83 %, mismo que es muy alto y es probable que debido a eso no se encontró diferencias significativas entre las medias, la media general para esta variable fue 13.92.

Por otro lado Gonzales, (2019) presentó resultados positivos que al inocular *Bacillus paracheniformis* y *Pseudomonas lini* con una solución inorgánica al 75 % en tomate favoreció la firmeza del fruto así como también la calidad del fruto.

4.9 Espesor de pericarpio

Para esta variable diámetro ecuatorial el análisis de varianza presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p < 0.01$), con una media de 4.09 y un coeficiente de variación (c. v) de 6.70 %. El mayor espesor de pericarpio se registró en el T2 (*Pseudomonas lini*) con una media de 4.31 seguido del tratamiento T1 (*Bacillus paralicheniformis*) con una media de 4.00 y el T3 control (sin inocular) presentó una media de 3.95 mm por fruto.

Por otro lado Mena-Violante, *et al.*, (2009) reportaron que la inoculación de *Bacillus subtilis* en tomate ha mejorado la firmeza del pericarpio, el cual ayuda a aumentar la vida de anaquel y la resistencia a microorganismos que afecten al tomate.

4.10 Diámetro de cavidad

Para la variable diámetro de cavidad, el análisis estadístico no presentó diferencias significativas ($P > 0.56$), donde se presentó un coeficiente de variación (c. v) de 5.20 %, mismo que es muy alto y es probable que debido a eso no se encontró diferencias significativas entre las medias, la media general para esta variable fue 23.27 mm por fruto.

Resultados similares han reportado al inocular cepas de *Bacillus subtilis* por Abraham-Juárez, *et al.*, (2018), quien al evaluar al género *Bacillus* en melón tuvo un efecto positivo en la calidad y donde se presentó un diámetro de cavidad de fruto de 132.7 mm, lo que demuestra que la cepa de *Bacillus subtilis* tiene un gran potencial en el rendimiento del cultivo del melón.

4.11 Rendimiento

Para la variable de rendimiento, el análisis estadístico no presentó diferencias significativas ($P > 0.18$), donde se presentó un coeficiente de variación (c. v) de 35.83 %, mismo que es muy alto y es probable que debido a eso no se encontró diferencias significativas entre las medias, la media general para esta variable fue 540.91 gr/planta el cual equivale a un rendimiento de 22.53 Ton/ha.

Así mismo Guillén-Cruz, *et al.*, (2006) demostraron que la inoculación de la cepa *Bacillus* en cultivo de chile tiene un efecto positivo en el incremento del rendimiento obteniendo frutos de gran tamaño y calidad, de igual manera inoculación esta cepa reduce la incidencia de problemas por patógenos. Por otro lado Ávila, *et al.*, (2015) mostró resultados positivos al inocular *Bacillus subtilis* combinado con *Trichoderma harzianum* y *Mesorhizobium ciceri* tienen un efecto positivo en la producción de garbanzo blanco, además presentó un efecto positivo en el control de enfermedades fúngicas, por lo que se considera que la inoculación de rizobacterias como una herramienta para el rendimiento de los cultivos agrícolas.

V. CONCLUSIONES

Para las variables de fenología 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 la altura de planta en los tres tratamientos a los 28, 56 y 77 ddt, donde se observaron las siguientes diferencias entre tratamientos a los 77 ddt, el máximo crecimiento se observó en el T1 (*Bacillus paralicheniformis*) con 103.9 cm por planta, seguido del T2 (*Pseudomonas lini*) con una altura 99.79 cm por planta la mínima altura se registró en el T3 (Testigo) con altura de 94.54 cm por planta.

Numero de hojas

De acuerdo al análisis de regresión para el numero de hojas en los tres tratamientos a los 28, 56 y 77 ddt, donde se observaron las siguientes diferencias para tratamientos a los 77 ddt, el máximo número de hojas se observó en el T2 (*Pseudomonas lini*) con 157.33 hojas por planta seguido del T1 (*Bacillus paralicheniformis*) con 143.84 hojas por planta el mínimo número de hojas se presente en el T3 (Testigo) con 136.35 hojas por planta.

Diámetro de tallo

De acuerdo al análisis de regresión para el diámetro de tallo en los tres tratamientos a los 28, 56 y 77 ddt donde se observaron las siguientes diferencias, para tratamientos a los 77 ddt, mayor diámetro se observó en el T2 (*Pseudomonas lini*) con 15.04 mm por planta seguido del T1 (*Bacillus paralicheniformis*) con 14.15 mm por planta el menor diámetro se presentó en el T3 (Testigo) con 13.60 mm por planta.

Variables de calidad de fruto

No se presentaron diferencias significativas para las variables peso de fruto (c.v. 11.24%) longitud de fruto (c.v 6.82%) diámetro de cavidad (c.v 5.20%) rendimiento (c.v 35.83%) número de frutos (c.v 38.21%) y firmeza (4.83%) a lo que se le atribuye que presentaron un coeficiente de variación muy elevado.

Por otro lado el tratamiento T2 *P. lini* presento diferencias significativas para las variables diámetro ecuatorial y espesor de pericarpio por lo que se considera que fue el mejor tratamiento de acuerdo al análisis estadístico.

Rendimiento

Para esta variable no se presentaron diferencias significativas en los tratamientos la media general para esta variable fue 540.91 gr/planta el cual equivale a un rendimiento de 22.53 Ton/ha.

Por lo tanto se concluye que para las variables de fenología y rendimiento se rechaza la hipótesis ya que no se observaron diferencias significativas. Por otro lado en las variables de calidad fruto solo se encontraron diferencias significativas en el diámetro ecuatorial y espesor de pericarpio lo que puede interpretarse con un efecto positivo la inoculación de las rizobacterias en chile jalapeño.

VI. LITERATURA CITADA.

- Abraham-Juárez, Ma. Del R., Espitia-Vázquez, I., Guzmán-Mendoza, R., Olalde-Portuga, V., Ruiz-Aguilar, G. M. de la I., García-Hernández, J. L., Herrera-Isidró, L., Núñez-Paleniú, 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.
- Aguirre-Medina, J. F., Espinoza-Moreno, J. A. 2016. Crecimiento y rendimiento de *Capsicum annuum* L. inoculado con endomicorriza y rizobacterias. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7 (7): 1539-1550
- Alejandro, C. M. 2011. Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma spp.* y *Pseudomonas spp.* una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. 14 (2): 15 – 31
- Angulo-Castro, A., Ferrera-Cerrato, R., Alarcón, A., Almaraz-Suárez, J. J., Delgadillo-Martínez, J., Jiménez-Fernández, M., García-Barradas, O. 2017. Crecimiento y eficiencia fotoquímica del fotosistema II en plántulas de 2 variedades de *Capsicum annuum* L. inoculadas con rizobacterias u hongos micorrízicos arbusculares. *Rev Argent Microbiol*. 50(2):178-188.
- Ávila, M. J. A., Padilla, Z. G., Martínez H. D., Rivas S. F. J., Coronado, E. M. A., Ortega, M. P. 2015. Respuesta de algunos componentes del rendimiento del cultivo de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) a la inoculación de *Mesorhizobium ciceri*, *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* en la región agrícola de la Costa de Hermosillo. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. 17(3): 3-8.
- Canchignia, M. H., Cruz, R. N., Barrera, A. A., Morante, C. J., Canchignia, M. G., Peñafiel, J. M. 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.

- Carmelo, R. M., Vera, M. S. P., Bonilla, B. R. R., 2011. Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 12(2): 159-166.
- Carrillo-Castañeda, G., Juárez-Muñoz, J., Ruiz-Landa, D., Müller-García, R. 2000. Aumento del rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) cuando la raíz se desarrolla colonizada por microorganismos. *Biotechnología Aplicada*. 17(3): 171-176.
- Chalé-Carrillo, V. M., Ruiz-Sánchez, E., Reyes-Ramírez, A., Borges-Gómez, L., Cristóbal-Alejo, J., Pacheco-Aguirre J. 2016. Crecimiento y respuesta a *Bemisia tabaci* en genotipos de *Capsicum annuum* inoculados con *Brevibacillus brevis* CEPA CBTC1. *Agrociencia*. 50(3): 323-334.
- Chiquito-Contreras, R. G., Reyes-Pérez, J. J., Chiquito-Contreras, C. J., Vidal-Hernández, L., Hernández-Montiel, L. G. 2019. Efecto de rizobacterias y dosis reducidas de fertilizantes sintéticos sobre la expresión morfo-productiva de tomate en invernadero. *ITEA-Inf. Tec. Econ. Agrar*. 20: 1- 11.
- Espinosa-Palomeque, B., Cano-Ríos, P., Salas-Pérez, L., García-Hernández, J. L., Preciado-Rangel, P., Sáenz-Mata, J., Reyes-Carrillo, J. L. 2019. Bioinoculantes y concentración de la solución nutritiva sobre la producción y calidad de tomate. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. 21 (3): 100-107.
- Espinoza-Ahumada, C. A., Gallegos-Morales, G., Ochoa-Fuentes, Y. M., Hernández-Castillo, F. D., Méndez-Aguila, R., Rodríguez-Guerra, R. 2019. Antagonistas microbianos para biocontrol de la marchitez y su efecto promotor en el rendimiento de chile serrano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 23. 187-197.
- Esquivel-Cote, R., Gavilanes-Ruiz, M., Cruz-Ortega, R., Huante, P. 2013. Importancia agrobiotecnológica de la enzima acc desaminasa en rizobacterias, una revisión. *Rev. Fitotec. Mex*. 36 (3): 251 – 258.

- FAO/STAT. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2009. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Consulta: mayo 2019).
- Franco-Correa, M. 2009. Utilización de los actinomicetos en procesos de Biofertilización. Rev. Peru. biol. 16(2): 239 – 242.
- García, T. 2015. Servicios ecosistémicos y el rol de la rizósfera en el control natural de plagas. Revista científica Ecuatoriana. 2(1): 12-15.
- González R. T. 2019. Inoculación de rizobacterias y fertilización inorgánica sobre el rendimiento y calidad de frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Ingeniero Agrónomo. Universidad Agraria Antonio Narro Unidad Laguna Torreón Coahuila México. 53 p.
- Guillén-Cruz, R., Hernández-Castillo, F. D., Gallegos-Morales, G., Rodríguez-Herrera, R., Aguilar-González, C. 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.
- Hernández, A. N. Hernández, A. Heydrichch. 1995. Selección de rizobacterias asociadas al cultivo del maíz. Cultivos Tropicales. 16(39):5-8.
- Hernández, M. L. G., Chiquito, C. R. G., Castillo, R. D. G., Chiquito, C. C. J., Vidal, H. L., Beltrán, M. F. A. 2018. Efecto de microcápsulas de *Pseudomonas putida* sobre crecimiento y rendimiento de pimiento morrón. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 1(20): 4223-4233.
- Hernández, Rodríguez. A., Heydrich, Perez. M., Velaquez, 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 Fitopatología. 24(1):42-49.

- Juárez, L. P., Bugarín, M. R., Castro, B. R., Sánchez, M. A. L., Cruz, C. E., Juárez, R. R. C., Alejo, S. G., Balois, M. R. 2011. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. *Revista fuente*. 3(8): 21-26
- Loredo-Osti, C., López-Reyes, L., Espinosa-Victoria, D. 2004. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: Una revisión. *Terra Latinoamericana*. 22(2): 225-239.
- Mayz-Figueroa, J. 2004. Fijación biológica de nitrógeno. *Revista UDO agrícola*. 4(1): 1-20
- 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. *Agrociencia* 43(6): 559-567.
- Moreno, R. A., García, M. V., Reyes, C. J. L., Vázquez A. J., Cano, R. P (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Colomb. Biotecnol.* 20(1): 68 - 83.
- Oesterheld, M. 2008. Impacto de la agricultura sobre los ecosistemas. *Fundamentos ecológicos y problemas más relevantes. Ecología Austral*. 18(1): 337-346.
- Pedraza, O, R., Teixeira, K. R.S., Fernández S. A., García de S. I., Baca5, E. B., Azcón, B. Balcan, V. L.D., Bonilla, R. 2010. Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. Revisión. *Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 11(2): 155-164.
- Piña., G. V. 2018. Desarrollo de nuevas formulaciones de bioinoculantes agrícolas mediante tecnologías de inmovilización. Tesis. Ingeniera en Biotecnología. Universidad ORT. Uruguay. 138.
- Reyes-Ramírez, A., López-Arcos, M., Ruiz-Sánchez, E., Latournerie-Moreno, L., Pérez-Gutiérrez, A., Lozano-Contreras, M. G., Zavala-León, M J. 2014. Efectividad

de inoculantes microbianos en el crecimiento y productividad de chile habanero (*Capsicum chinense* jacq.). *Agrociencia* 48(3): 285-294.

Robles-Hernández, L. Hernández-Huerta, J., AC González-Franco, AC., Hernández-Rodríguez, OA., Núñez, Barrios, A., Pérez-Leal, R. 2015. *Streptomyces* PRIO41 como promotor de crecimiento en plantas de chile jalapeño y agente de control biológico de *Fusarium*. *Revista internacional de botánica experimental*. 84(1): 253-26.

Sánchez, L. D. B., Gómez, V. R. M., Garrido, R. M. F., Bonilla, B. R. R. 2012. Inoculación con bacterias promotoras de crecimiento vegetal en tomate bajo condiciones de invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3(7): 1401-1415.

Sarabia, O. M., Madrigal, P. R., Martínez, T. M., Carreón, A. Y. 2010. Plantas, hongos micorrízicos y bacterias: su compleja red de interacciones. *Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias*. 12(1): 65 – 71.

SIAP: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2013. <https://www.gob.mx/siap>(consulta: mayo 2019)

SIAP: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2016. <https://www.gob.mx/siap/articulos/en-mexico-existen-25-814-unidades-de-produccion-de-agricultura-prottegida?idiom=es> (consulta: mayo 2019)

SIAP: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2017. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (consulta: mayo 2019)

SIAP: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2019. <https://www.gob.mx/siap/prensa/agricultura-prottegida-200637?idiom=es> (consulta: mayo 2019)

Tejera-Hernández, B, Rojas-Badía, M. M., Heydrich-Pérez, M. 2011. Potencialidades del género *Bacillus* en la promoción del crecimiento vegetal y el control

biológico de hongos fitopatógenos. Revista CENIC. Ciencias biológicas. 42(3): 131-138.

UNAM 2009 Comarca Lagunera: procesos regionales en el contexto global. López LA, Sánchez CA (Coord.). Geografía para el Siglo XXI. Serie Libros de investigación. Instituto de Geografía. UNAM. México. 436.

Urzúa, H. 2005. Beneficios de la fijación Simbiótica de nitrógeno en Chile. Ciencia investigación agraria. 32(2): 133-150. 2005

Virginia. R. M. 2017. Efectos de la inoculación con hongos micorrícicos (*Glomus intraradices*) y bacterias BPCV (*Pseudomonas fluorescens*) sobre el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en vivero y en cultivo bajo invernadero. Magister en Cultivos Intensivos. Universidad Nacional del Litoral Facultad de Ciencias Agrarias. Esperanza, Santa Fe Argentina. 82 p.

CUADROS DE APÉNDICE

Tabla 1 A. Análisis de varianza para la variable número de frutos en el testigo y las Rizobacterias estudiadas. UAAA-UL. 2019.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr> F
Tratamiento	2	38.7	19.35	1.75	0.5951 NS
Bloque	3	219.4	73.13	0.82	0.1962 NS
Error	48	2002.40	41.71		
Total	59	2465.4			

R cuadrado	CV (%)	Media			
0.187799	38.21801	16.9000			

NS= no significativo

Tabla 2 A. Análisis de varianza para la variable longitud de fruto en el testigo y las Rizobacterias estudiadas. UAAA-UL. 2019.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr> F
Tratamiento	2	134.42	67.21	1.12	0.3871 NS
Bloque	3	218.03	72.67	1.21	0.3847 NS
Error	48	1469.57	30.61		
Total	59	2183.3			

RCUADRADO	CV (%)	Media			
0.326904	6.824082	81.08317			

NS= no significativo

Tabla 3 A. Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial en el testigo y las Rizobacterias estudiadas. UAAA-UL. 2019.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr> F
Tratamiento	2	39.64	19.82	6.55	0.03 Sig.
Bloque	3	14.73	4.91	1.62	0.28
Error	48	129.61	2.70		
Total	59	202.15			

RCUADRADO	CV %	Media
0.358815	5.982628	27.46777

Sig.= Significativo

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

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr> F
Tratamiento	2	234.79	117.39	2.43	0.1684NS
Bloque	3	160.38	53.46	1.11	0.4165NS
Error	48	610.28	12.71		
Total	59	1295.08			

RCUADRADO	CV %	Media
0.528765	11.24565	31.70

NS= no significativo

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

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr> F
Tratamiento	2	1.03145333	0.51572667	2.38	0.1734NS
Bloque	3	4.05194667	1.35064889	6.23	0.0284NS
Error	48	21.72180000	0.45253750		
Total	59	28.10569333			

RCUADRADO	CV %	Media
0.222729	4.832217	13.92133

NS= no significativo

Tabla 6 A. Análisis de varianza para la variable espesor de pericarpio en el testigo y las Rizobacterias estudiadas. UAAA-UL. 2019.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr> F
Tratamiento	2	1.55260333	0.77630167	10.55	0.0109Sig.
Bloque	3	0.29990667	0.09996889	1.36	0.3420Sig.
Error	48	3.61580000	0.07532917		
Total	59	5.90993333			

RCUADRADO	CV %	Media
0.388183	6.705088	4.093333

Sig. Significativo

Tabla. 7 A. Análisis de varianza para la variable de diámetro de cavidad en el testigo y las Rizobacterias estudiadas. UAAA-UL. 2019.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr> F
Tratamiento	2	6.65077000	3.32538500	0.63	0.5664 NS
Bloque	3	2.03125833	0.67708611	0.13	0.9404 NS
Error	48	70.5323200	1.4694233		
Total	59	111.0925650			

R cuadrado	CV %	Media
0.365103	5.208937	23.2715

NS= no significativo

Tabla. 8 A. Análisis de varianza para la variable rendimiento en el testigo y las Rizobacterias estudiadas. UAAA-UL. 2019.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr> F
Tratamiento	2	149567.6333	74783.8167	2.27	0.1844 NS
Bloque	3	428498.5833	142832.8611	4.34	0.06 NS
Error	48	1803692.8	37576.933		
Total	59	2579338.583			

R cuadrado	CV %	Media
0.300715	35.83689	540.9167

NS= no significativo