

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



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

POR

MARIA MARIBEL HERNÁNDEZ GÓMEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila México

Diciembre del 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

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

POR


MARIA MARIBEL HERNÁNDEZ GÓMEZ

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador
Como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

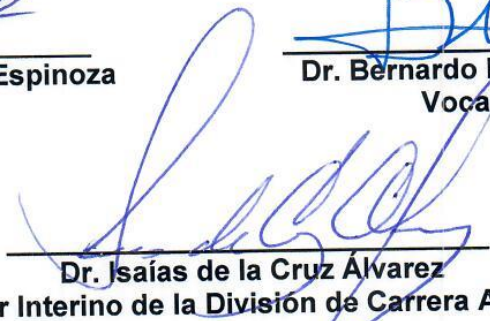
Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Pedro Cano Ríos
Presidente

Dr. Héctor Javier Martínez Agüero
Vocal

M. C. Fabián García Espinoza
Vocal

Dr. Bernardo Espinoza Palomeque
Vocal Suplente

Dr. Isaías de la Cruz Álvarez
Coordinador Interino de la División de Carrera Agronómicas

Torreón, Coahuila
Diciembre del 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

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

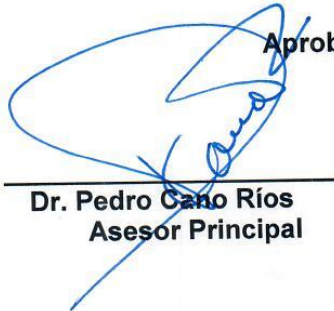
POR
MARIA MARIBEL HERNÁNDEZ GÓMEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Pedro Cano Ríos
Asesor Principal



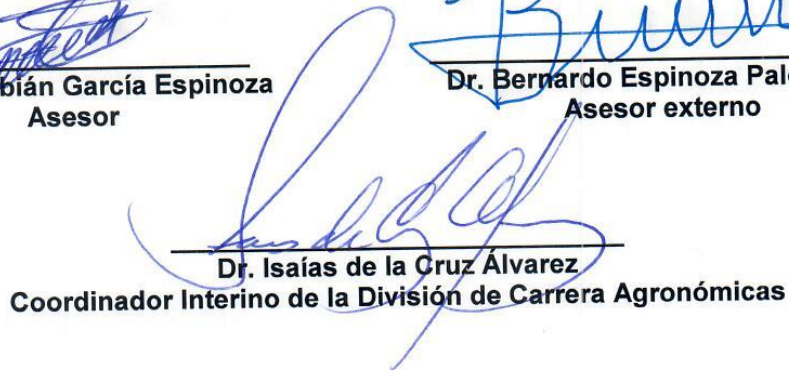
Dr. Héctor Javier Martínez Agüero
Asesor



M. C. Fabián García Espinoza
Asesor



Dr. Bernardo Espinoza Palomeque
Asesor externo



Dr. Isaías de la Cruz Álvarez
Coordinador Interino de la División de Carrera Agronómicas

Torreón, Coahuila
Diciembre del 2019



AGRADECIMIENTOS

A dios por permitir que llegar en esta etapa de vida y terminar este proyecto en la cual es un gran pasó. Te agradezco porque me has llenado de bendiciones durante toda mi vida, por tu infinito amor y por tu infinita sabiduría. Por brindarme la oportunidad de lograr un sueño personal, porque este sueño hecho realidad.

A mi **“Alma Terra Mater”**, por abrirme sus puertas y las facilidades brindadas a lo largo de mi carrera, y por permitir realizarme como persona en mi formación profesional; por ello te llevaré muy presente y pondré en alto tu nombre.

Un agradecimiento muy especial al **Dr. Pedro Cano Ríos** por el apoyo y paciencia brindada durante la planeación y realización del presente trabajo, por su amistad y consejos, para ser una mejor profesionista.

Al **Dr. Bernardo Palomeque Espinoza** por la accesibilidad y apoyo brindado y aportación durante la realización de la presente investigación.

Al **Dr. Héctor Javier Martínez Agüero** por su apoyo y aportación para terminar el presente trabajo.

Al **M.C. Fabián García Espinoza** por su consideración, apoyo y elemental contribución, pero sobre todo Gracias por su conducción y valiosa aportación para mejorar el presente trabajo.

Al **Ing. Yahir Arreola de la Cruz** por su apoyo y consejos brindada durante la realización del proyecto.

A mis amigos: José Nicolás García Ramírez, Carlos Alberto Cruz Trejo, Mayra López Beltrán y Nelba Adriana Cortes Bravo. Por su amistad, consejos y apoyo para realizar este trabajo, en ellos encontré una familia en la escuela.

DEDICATORIAS

A mis padres: Antonio Hernández Pérez y María Guadalupe Gómez Vásquez. Les dedico este trabajo, con todo mi amor y cariño, por su sacrificio y es fuerza. Por creer en mi capacidad, siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica. Siempre han estado brindándome su comprensión, cariño y amor.

A mis hermanos (as): Jorge Luis, José Rigoberto, Ana Flor y Blanca Guadalupe por ser parte de mi vida por ayudarme a creer y madurar junto con ellos.

A mis abuelos: Isabel Gómez Jiménez, Martha Vásquez López y Margarita Vásquez Días. Los admiro y respeto, gracias por el apoyo incondicional, motivación y por sus buenísimos consejos que me brindaron y por exhortarme a seguir adelante.

A mis padrinos: Carlos Hernández Gómez, Reyna Cruz, Esteban Gómez Vásquez y Reyna Cruz. Por sus sabios consejos y por la motivación y el apoyo económico que me brindaron.

RESUMEN

El chile (*Capsicum annuum* L.) es una hortaliza de gran impacto social en la economía de México, debido a la gran demanda que presenta y a que forma parte a los principales productos de exportación. El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) inoculado con rizobacterias bajo condiciones de invernadero. El trabajo de investigación se estableció en un invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro- Unidad Laguna. La siembra se realizó en charola de poliestireno de 200 cavidades. Utilizando como sustrato Peat moss. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. T1 (*Bacillus parachiliniiformis*), T2 (*Pseudomonas lini*), T3 (*Aeromonas*), T4 (*Bacillus subtilis*), T5 (testigo). Las variables evaluadas fueron número de hoja, longitud de fruto, diámetro ecuatorial, firmeza del fruto, peso del fruto, espesor del pericarpio, diámetro de cavidad, rendimiento de peso, diámetro de tallo, número de hojas y altura de planta. Las medias fueron comparadas por el método de Tukey con un nivel de significancia al 0.05. Los resultados con diferencia significativa fueron las variables espesor del pericarpio y diámetro ecuatorial con el T2 (*Pseudomonas lini*). Al igual forma se utilizó ecuaciones de regresión polinómica para el diámetro de tallo, altura de planta y número de hojas que se ajustaron tres modelos que fueron 28, 56, 77 ddt y los resultados fueron que el T2 (*Pseudomonas lini*) fue el mayor de todos dando como segundo lugar el T4 (*Bacillus subtilis*).

Palabras claves: PGPR, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas lini*.

INDICE

Contenido

AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIAS	II
INDICE	IV
INDICE DE CUADROS	VII
INDICE DE FIGURAS	VIII
INDICE DE TABLAS DEL APENDICE	IX
RESUMEN	III
INTRODUCCION	1
1.1. Objetivo	1
1.2. Hipótesis	1
II. REVICION DE LITERATURA	2
2.1. Origen del chile jalapeño	2
2.2. Importancia mundial.....	2
2.3. Importancia nacional.....	2
2.4. Requerimientos nutricionales del cultivo del chile jalapeño	3
2.5. Clasificación taxonómica.....	3
2.6. Descripción botánica de la planta	3
2.7. Requerimientos edafoclimaticos.....	4
2.7.1. Altitud	4
2.7.2. Precipitación	4
2.7.3. PH.....	4
2.7.4. Luz.....	4
2.8. Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal	4
2.9. Importancia de las bacterias en la agricultura	5
2.10. Fisiología de la promoción de crecimiento.....	5
2.11. Producción de sustancias promotoras del crecimiento vegetal	6
2.12. Utilización de las PGPR en la agricultura	6
2.13. Rizósfera	7
2.14. Rizósfera e interacciones planta-microorganismos.....	7
2.15. Mecanismos de acción de los PGPR	8
2.16. Colonización de raíces	8

2.17. Inoculación y respuesta agronómica	8
III. MATERIALES Y METODOS	10
3.1. Ubicación geográfica de la comarca lagunera	10
3.2. Ubicación el proyecto	10
3.3. Condiciones del invernadero	10
3.4. clima	10
3.5. Material experimental	10
3.6. Descripción de los tratamientos.....	10
3.7. Preparación de la solución nutritiva	11
3.8. Establecimiento del experimento.....	11
3.8.1. Siembra	11
3.8.2. Transplante	12
3.8.3. Aplicación de la bacteria.....	12
3.10. Cosecha.....	12
3.11. Variables evaluados	12
3.11.1. Altura de planta	12
3.11.2. Numero de hojas.....	13
3.11.3. Diámetro del tallo	13
3.11.4. Largo de fruto	13
3.11.5. Diámetro del fruto	13
3.11.6. Peso de fruto	13
3.11.7. Firmeza del fruto	13
3.11.8. Espesor del fruto.....	13
3.11.9. Diámetro de cavidad del fruto.....	13
3.11.10. Numero de fruto	13
3.12. Análisis estadístico	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	15
4.1. Diámetro de tallo	15
4.2. Altura de planta.....	16
4.3. Número de hojas	17
4.4. Número de fruto.....	18
4.5. Longitud de fruto.....	19
4.6. Diámetro ecuatorial.....	19
4.7. peso de fruto	20

4.8. Firmeza del fruto	20
4.9. Espesor del pericarpio	20
4.10. Diámetro de cavidad.....	21
4.11. Rendimiento	21
V. CONCLUSION	23
VI. LITERATURA CITADA.....	25

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Tratamientos establecidos en invernadero en el cultivo del chile jalapeño	11
Cuadro 2 Fertilizantes utilizados en la preparación de la solución nutritiva Steiner	11
Cuadro 3 Ecuaciones de regresión lineal simple para el diámetro de tallo del chile jalapeño (<i>Capsicum annuum</i>) con cuatro tratamientos y un testigo de cuatro repeticiones bajo condiciones de invernadero; UAAAN-UL 2019.	15
Cuadro 4 Ecuaciones de regresión lineal simple para la altura de planta del chile jalapeño (<i>Capsicum annuum</i>) con cuatro tratamientos y un testigo de cuatro repeticiones bajo condiciones de invernadero; UAAAN-UL 2019.	17
Cuadro 5 Ecuaciones de regresión lineal simple para el número de hojas del chile jalapeño (<i>Capsicum annuum</i>) con cuatro tratamientos y un testigo de cuatro repeticiones bajo condiciones de invernadero; UAAAN-UL 2019.	18
Cuadro 6 Comparación de medias en los tratamientos para el variable diámetro ecuatorial en el chile jalapeño.....	19
Cuadro 7 Comparación de medias en los tratamientos para el variable espesor del pericarpio en el chile jalapeño.	21

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diámetro de tallo con cuatro tratamientos y un testigo de cuatro repeticiones bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL 2019. ¡Error! Marcador no definido.

Figura 2 Altura de planta con cuatro tratamientos y un testigo de cuatro repeticiones bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL 2019. ¡Error! Marcador no definido.

Figura 3 Número de hojas con cuatro tratamientos y un testigo de cuatro repeticiones bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL 2019. ¡Error! Marcador no definido.

INDICE DE TABLAS DEL APENDICE

Cuadro 1A. Análisis de varianza para la variable de numero de fruto con los tratamientos y las variedades evaluadas del chile jalapeño (<i>Capsicum annuum</i>) bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. 2019.....	31
Cuadro 2A. Análisis de varianza para la variable de longitud de fruto con los tratamientos y las variedades evaluadas del chile jalapeño (<i>Capsicum annuum</i>) bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. 2019.....	31
Cuadro 3A. Análisis de varianza para la variable de diámetro ecuatorial con los tratamientos y las variedades evaluadas del chile jalapeño (<i>Capsicum annuum</i>) bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. 2019.....	31
Cuadro 4A. Análisis de varianza para la variable peso de fruto con los tratamientos y las variedades evaluadas del chile jalapeño (<i>Capsicum annuum</i>) bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. 2019.....	32
Cuadro 5A. Análisis de varianza para la variable firmeza de fruto con los tratamientos y las variedades evaluadas del chile jalapeño (<i>Capsicum annuum</i>) bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. 2019.....	32
Cuadro 6A. Análisis de varianza para la variable espesor del pericarpio con los tratamientos y las variedades evaluadas del chile jalapeño (<i>Capsicum annuum</i>) bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. 2019.....	32
Cuadro 7A. Análisis de varianza para la variable diámetro de cavidad con los tratamientos y las variedades evaluadas del chile jalapeño (<i>Capsicum annuum</i>) bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. 2019.....	33
Cuadro 8A. Análisis de varianza para la variable rendimiento de peso con los tratamientos y las variedades evaluadas del chile jalapeño (<i>Capsicum annuum</i>) bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. 2019.....	33

INTRODUCCIÓN

El chile es uno de los cultivos originarios de México y de los más importantes a nivel mundial. Sus distintas variedades se adaptan a diversos climas y tipos de suelo, lo que ha contribuido a su exitosa y amplia distribución geográfica. Los usos múltiples del chile y sus derivados datan desde la época prehispánica y van más allá de conformar un extraordinario condimento. Hoy, su producción y cultivo en México siguen siendo relevantes, aunque por factores biológicos y técnicos, el país se ha visto en desventaja principalmente frente a los productores asiáticos (Aguirre y Muñoz, 2015).

La importancia socioeconómica del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) radica en su alto consumo, rentabilidad y demanda de mano de obra. Sin embargo, dentro de las condiciones que se requieren para elevar la producción y rendimiento del cultivo se encuentra el uso de plántulas vigorosas y con un alto porcentaje de germinación (Carballo, 1992). Esto podría conseguirse con la inoculación de rizobacterias en semillas que promueven el crecimiento y desarrollo de plántulas (Vessey, 2003).

La aplicación de inoculantes líquidos directamente en las semillas promueve cambios bioquímicos, fisiológicos y morfológicos en la célula vegetal e incrementa el potencial de crecimiento de las plantas (Shigueru *et al.*, 2013).

1.1 Objetivo

Evaluar la efectividad de las rizobacterias en el cultivo del chile jalapeño.

1.2 Hipótesis

Las rizobacterias en el cultivo de chile modificarán positivamente las condiciones de crecimiento fenológico y rendimiento del fruto.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen del chile jalapeño

Todas las especies del género *Capsicum* son originarias de América. La distribución precolombina de este género se extendió probablemente desde el borde más meridional de Estados Unidos a la zona templada cálida del sur de Sudamérica. Respecto a su procedencia, una de las hipótesis más aceptadas sugiere que una porción importante del género *Capsicum* se originó en un “área núcleo” en Bolivia surcentral, con la subsiguiente migración a los Andes y las tierras bajas de la Amazonia, acompañada por radiación adaptativa y especiación (Aguirre y Muñoz, 2015).

2.2. Importancia mundial

La producción mundial de chiles ha tenido un crecimiento espectacular en los últimos 10 años. Este aumento en la producción de chiles, principalmente los picosos, se debe a la creciente demanda de este producto en todas sus presentaciones (fresco, seco y procesado), tanto para consumo directo como para usos industriales (SAGARPA, 2012).

A nivel de país, China produce el 54 por ciento de la producción mundial de chiles fresco. El segundo lugar lo ocupa México con el 6.5%. Les siguen Indonesia (4.2%), Turquía (4.2), España (4.1) y Estados Unidos (3.3). La producción mundial de chiles secos es de 2348 millones de toneladas, India produce el 32%, le siguen en importancia China (11%), Bangladesh (7) y Perú (7). México ocupa el décimo lugar en producción, con 60 mil toneladas, en una superficie de 37 mil hectáreas, según datos de la FAO. Esta producción representa el 2.6 por ciento del total mundial (SAGARPA, 2012).

2.3. Importancia nacional

En México, el cultivo de chile es una especie hortícola de gran importancia por el valor de su producción. Se cultiva en todos los estados de la República Mexicana, desde el nivel del mar, hasta los 2,500 m de altura; y por ser el centro e origen, se han generado una gran diversidad de tipos, principalmente de la

especie *C. annuum*, por lo que constituye un recurso valioso para el mejoramiento genético (Aguirre *et al.*, 2017).

El chile jalapeño es uno de los de mayor importancia económica por su amplio consumo, alta rentabilidad y gran demanda de mano de obra (SIAP, 2010). En el año 2012, se estima que en el estado de Campeche se produjeron 6,764 toneladas en una superficie de cultivo de 1,682 hectáreas; lo cual dejó una derrama económica de 23,219 millones de pesos (SIAP, 2014).

2.4. Requerimientos nutricionales del cultivo del chile jalapeño

Las plantas necesitan para su crecimiento y desarrollo 17 elementos, son conocidos como esenciales, aunque pueden estar constituidos por más de 90 elementos, estos elementos esenciales se divide, según la cantidad utilizada por la planta en dos grupos: macronutrientes, que en grandes cantidades y micronutrientes necesarios en cantidades más pequeñas, los macronutrientes incluyen al carbono (C), hidrogeno (H), oxigeno (O), nitrógeno (N), fosforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S). En el grupo de los microelementos se encuentran el fierro (Fe), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn), cobre (Cu), molibdeno (Mo), cloro (Cl) y níquel (Ni), todos ellos son igualmente importantes para el crecimiento de la planta (Catalán, 2007).

2.5 Clasificación taxonómica

El género capsicum pertenece a la familia Solanaceae y comprende 20 a 30 especies que son originarios de los trópicos y subtropical de América. Muchas de ellas se conocen desde los tiempos de colon, aunque la mayoría de los mismas son silvestres o se encuentran en estado semicultivado (Pickersgill, 1997).

2.6 Descripción botánica de la planta

El chile es una planta anual, de tallos muy ramosos, hojas lanceoladas de largo pecíolo, y hasta un metro de altura. Se caracteriza por presentar un tipo de inflorescencia axiliar, con un cáliz verdoso y pétalos blancos. Las flores son hermafroditas con anteras de color azul a morado. Los frutos son de tipo baciformes, cónicos, de 1.5 a 2 cm de diámetro y 4 cm de largo; por lo regular

están huecos en la parte superior y varían mucho en cuanto a forma y colorido aunque en general e caracteriza por presentar un tipo de pericarpio rojo o amarillo (Lucca, 2015).

2.7. Requerimientos edafoclimaticos

El ciclo vegetativo de la planta de chile depende de los genotipos, de la temperatura en las diferentes épocas (germinación, floración, maduración), de la duración del día y de la intensidad lumínica. El chile necesita una temperatura media diaria de 24°C. Debajo de 15° C el crecimiento es deficiente y con 10°C el desarrollo del cultivo se paraliza. Con temperaturas superiores a los 35°C, puede haber aborto de flores, la fructificación es muy débil o nula, sobre todo si el aire es seco (Anguiano, 2010).

2.7.1. Altitud

Se desarrolla a partir del nivel del mar hasta los 2000 m (Jaramillo *et al.*, 2010).

2.7.2. Precipitación

Preferible con 0 mm por problemas de peca bacteriana y otras enfermedades, pero se produce con precipitaciones de hasta 1,200 mm en la temporada de producción (Lardizábal, 2002).

2.7.3. PH

Le son favorables a suelos con pH de 6 a 6.5 (Jaramillo *et al.*, 2010).

2.7.4. Luz

Es una planta muy exigente en luminosidad, sobre todo en los primeros estados de desarrollo y durante la floración (Navarro, 2008).

2.8. Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal

La expresión Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) fue acuñada por J. W. Kloepper y M. N. Schroth en 1978, para describir las bacterias que habitan la rizósfera y que afectan positivamente el desarrollo de las plantas (Labra *et al.*, 2012). Estas bacterias tienen la capacidad de colonizar activamente el

sistema radicular para favorecer y/o mejorar su crecimiento y rendimiento (Berendsen *et al.*, 2012).

Las PGPR representan alrededor del 2 al 5 % de las bacterias rizosféricas (Jha y Saraf, 2015). Las siglas PGPR hacen referencia a todas las bacterias que son capaces de mejorar el crecimiento de las plantas a través de uno o más mecanismos. Los siguientes géneros de bacterias han sido reportados como PGPR: *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Azoarcus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Caulobacter*, *Chromobacterium*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Micrococcous*, *Pantoea*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* y *SSLSerratia* (Ahemad y Kibret, 2013).

2.9. Importancia de las bacterias en la agricultura

Los microorganismos juegan claramente un importante papel en procesos que afectan la transformación del fósforo en el suelo y su disponibilidad para las plantas. Además, el uso permanente de fertilizantes químicos supone un coste significativo para la agricultura a nivel mundial. Por tal motivo, el uso de microorganismos como inoculantes para movilizar fuentes de fósforo pobremente disponibles en el suelo, constituye una alternativa para reducir la contaminación ambiental y mejorar la productividad de los cultivos (Esquivel *et al.*, 2013).

2.10. Fisiología de la promoción de crecimiento

La actividad de los microorganismos promotores de crecimiento vegetal en general se inicia con mecanismos de quimiotaxis que están relacionados con la presencia de flagelos, quimiorreceptores y sistemas de regulación codificados genéticamente. Estos factores tienen gran importancia sobre la habilidad de colonizar la rizósfera y mantener la comunicación entre las células de la raíz con los microorganismos presentes en el suelo (Landa *et al.*, 2002; Mavrodi *et al.*, 2006).

Las bacterias capaces de interactuar con las raíces de las plantas son atraídas por sustancias excretadas por la raíz, que ocasionan el movimiento de la bacteria hacia el rizoplano de la planta y de esta forma dar inicio a una relación de beneficio mutuo. Las metodologías usadas para determinar la respuesta

quimiotáctica de los microorganismos han evolucionado y actualmente hay algunas herramientas claves que dan claridad sobre este fenómeno (Ahmad *et al.*, 2006).

2.11. Producción de sustancias promotoras del crecimiento vegetal

Las sustancias promotoras del crecimiento vegetal, son de carácter orgánico que activan varias repuestas en la célula vegetal, a nivel bioquímico, fisiológico y morfológico. De acuerdo a varias clasificaciones se encuentran distribuidas en cinco grupos principales: auxinas, giberelinas, etileno, ácido abscísico y citoquinas. Son capaces de contribuir al desarrollo y regulación de muchos parámetros fisiológicos, además incrementan la resistencia de las plantas a diversos factores ambientales, ya que pueden inducir o suprimir la expresión de una amplia gama de genes. Su síntesis por parte de microorganismos, especialmente bacterias de la rizósfera, está ligada, en algunos casos, a patogenicidad debido a que muchos Fito patógenos poseen esta habilidad, para causar respuestas hipersensibles en sus hospederos y así realizar una infección exitosa (Tsavkelova *et al.*, 2006).

2.12. Utilización de las PGPR en la agricultura

La inoculación con bacterias beneficiosas proviene de finales del siglo XIX, donde la práctica de mezclar suelo inoculado de forma natural con semillas, se convirtió en un método recomendado para la inoculación de leguminosas en los Estados Unidos. Más tarde, se registró la primera patente (NITRAGIN) para inoculación de leguminosas con *Rhizobium* sp. Y se desarrollaron productos con cepas de *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas lini* (Bach y Díaz, 2008).

En la actualidad, en el mercado de los inoculantes se imponen los productos elaborados a base de *Aeromonas* Y *Bacillus parachiliniiformis*. Y se desarrollan estudios con el objetivo de evaluar el efecto de otras bacterias sobre el crecimiento de las plantas y el rendimiento de los cultivos, a fin de disminuir el uso de los fertilizantes minerales y otros agroquímicos. Aun cuando el uso comercial de las PGPR se puede decir que es incipiente, existen compañías que hace

algunos años han lanzado al mercado productos elaborados con este tipo de bacterias (Bach y Díaz, 2008).

2.13. Rizósfera

La rizósfera es el volumen de suelo adyacente al sistema de raíces de las plantas, es influenciado por los exudados e raíz y mide aproximadamente cinco milímetros y en que se desarrolla una población microbiana, muy superior a la del resto del suelo. En los últimos años la rizósfera ha sido de interés científico por ser un hábitat donde se desarrolla un sin número de procesos biológicos, importantes como los microorganismos como para las plantas. Uno de los ejemplos más conocidos es la simbiosis leguminosas-Rhizobium que forman los muy conocidos nódulos, una nueva estructura vegetal bien organizada y funcionalmente regulada (Carrera, 2012).

2.14. Rizósfera e interacciones planta-microorganismos

Las interacciones planta-microorganismos suelen ocurrir principalmente en tres lugares de la planta: filosfera, endosfera y rizósfera. La filosfera se relaciona con las partes aéreas (tallos, hojas y flores o frutos) y la endosfera con el sistema de transporte. Suele extenderse a pocos milímetros de la superficie de las raíces, aunque su geometría no es exacta, sino que depende de las condiciones ambientales y de los exudados radiculares secretados por la planta (Hinsinger, 2008).

Las interacciones entre los microorganismos y la rizósfera pueden ser beneficiosas, perjudiciales o neutras para las plantas, y el efecto puede variar como consecuencia de las condiciones del suelo (Singh y Varaprasad; 2008). En cualquiera de los casos, se ha comprobado que las comunidades bacterianas que se incluyen como -8- PGPR en esta sección de la planta están íntimamente asociadas con nutrientes como el carbono, fósforo, nitrógeno y azufre, así como con la eliminación de toxinas y producción de fitohormonas o antibióticos, etc. (Cardoso y Freitas; 1992).

2.15. Mecanismos de acción de los PGPR

Los mecanismos de acción de los PGPR en el crecimiento de las plantas son variados y se pueden clasificar, de manera general, en extracelulares (PGPR) que ocurren en el exterior de la rizósfera; en los espacios entre células del córtex de la raíz, o intracelulares (PGPR). Según su acción se dividen principalmente en dos tipos: Directos e indirectos. La diferencia principal es que los mecanismos indirectos ocurren fuera de la planta, mientras que los directos ocurren dentro de ella y afectan directamente a su metabolismo a través de la modificación de la expresión de genes (Birch y Kamoun, 2000).

2.16. Colonización de raíces

Una etapa esencial para que las PGPR lleven a cabo de forma eficiente el control biológico y favorezcan el crecimiento de las plantas es sin duda, la colonización de su sistema radicular (Noumavo *et al.*, 2016).

La colonización de la raíz por microorganismos endófitos incluye cuatro etapas: 1) atracción; 2) reconocimiento; 3) adhesión; e 4) invasión, las cuales están afectadas por factores bióticos y abióticos (Nihorimbere *et al.*, 2011). Además, la colonización de las semillas es el primer paso en el propio proceso. Los microorganismos que se establecen sobre las semillas durante la germinación pueden crecer y colonizar las raíces en toda su extensión. La colonización de la semilla durante la fase de impregnación o inmersión tiene un efecto significativo sobre el crecimiento de la planta (Noumavo *et al.*, 2016).

Los mejores resultados en los cultivos dependen de una adecuada colonización de bacterias en la rizósfera; aplicar la técnica correcta de inoculación a las semillas se verá reflejado en un mayor porcentaje de germinación así como en la productividad del cultivo además de incrementar su resistencia al estrés (Mahmood *et al.*, 2016).

2.17. Inoculación y respuesta agronómica

Inicialmente PGPR fue aprobado para la explotación agronómica como resultado de su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico y su íntima asociación con raíces de cereales y pastos (Cárdenas, *et al.* 2010).

Si la bacteria produce sustancias como las auxinas, observa un decremento en la longitud de la raíz y un incremento en la formación de pelos radiculares (Bashan, 2010). Se demostró que la inoculación de *A. brasilense* en semillas tiene un efecto pronunciado sobre el desarrollo y la morfología de las raíces, a bajas concentraciones como 10^6 UFC mL⁻¹ es casi tan alta como para reducir la elongación de la raíz y fuertemente inhibida a altas concentraciones celulares (10^9 UFC mL⁻¹). También se han observado en plantas inoculadas un aumento en la absorción de minerales y agua en plantas de trigo, maíz y sorgo en invernadero y campo (German *et al.*, 2000).

El nivel de inoculación óptimo para las semillas y plantas para muchos cereales, vegetales y plantas de cultivos comerciales, se ha observado que es alrededor de 10^4 y 10^6 UFC mL⁻¹. Una concentración del inoculo de 10^7 y 10^9 UFC mL⁻¹ generalmente inhibe el desarrollo radicular (Cárdenas *et al.*, 2010).

Al seleccionar el género microbiano predominante en la rizósfera, se inocularon y se evaluó el efecto en respuesta del cultivo, y reporta que los géneros *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Aeromonas*, *Bacillus* y *Bacillus parachilniformis* forman parte de la comunidad microbiana de la rizósfera del tomate, en las condiciones estudiadas, y que *Azospirillum* es el género dominante. La inoculación artificial de estas rizobacterias causó un efecto positivo sobre el crecimiento de las plántulas, así como en el estado nutricional de las plantas, con un rendimiento agrícola superior al 11% (Terry., 2005).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación geográfica de la Comarca Lagunera

La ciudad de Torreón se ubica en la región conocida como la Comarca Lagunera. Se localiza entre los meridianos 101° 41' y 101° 61' W de G longitud Oeste y los paralelos 24° 59' y 26° 53' latitud norte. La altura promedio de esta región es de 1,110 msnm.

3.2. Ubicación del experimento

La presente investigación se llevó a cabo en un invernadero del departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna ubicada en el periférico y carretera a Santa Fe s/n. Torreón, Coahuila México.

3.3. Condiciones del invernadero

Se realizó en un invernadero de 200 m² que cuenta sistema de enfriamiento automático con pared húmeda, piso de grava y dos extractores de aire en la parte frontal.

3.4. Clima

Esta región recibe una precipitación media anual de 235 mm, tiene una altitud 1.139 m.s.n.m. y su temperatura media anual es de 18.6 °c.

3.5. Material experimental

El material vegetal utilizado fue el híbrido coronel F1.

3.6. Descripción de los tratamientos

Se utilizaron cinco tratamientos con cuatro repeticiones tal y como se explica en el cuadro 1.

Cuadro 1 Tratamientos establecidos en invernadero en el cultivo del chile jalapeño. UAAAN-UL 2019.

TRATAMIENTOS	DOSIS
<i>Bacillus paralochniformis</i>	1x10 ⁸ UFC mL ⁻¹
<i>Pseudomonas lini</i>	1x10 ⁸ UFC mL ⁻¹
JS	1x10 ⁸ UFC mL ⁻¹
<i>Bacillus subtilis</i>	1x10 ⁸ UFC mL ⁻¹
Testigo	

Para la evaluación de los tratamientos se utilizó un diseño completamente al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones.

3.7. Preparación de la solución nutritiva

La preparación de las soluciones nutritivas se utilizó fertilizantes comerciales.

Cuadro 2 Fertilizantes utilizados en la preparación de la solución nutritiva Steiner. UAAAN-UL 2019.

Nombre	Formula	Dosis en 100 L de agua
Ácido fosfórico	H ₂ PO ₄	1.613
Ácido nítrico	HNO ₃	17.436
Nitrato de potasio	KNO ₃	46.157
Fosfato de monoamoniaco	NH ₄ H ₂ PO ₄	5.75
Nitrato de magnesio	MgNO ₃	5.256

3.8. Establecimiento del experimento

3.8.1. Siembra

Esta etapa se realizó bajo condiciones de invernadero, las semillas de chile jalapeño, variedad coronel F1 fueron sembradas en charola de poliestireno de 200 cavidades. Utilizando como sustrato Peat moss.

3.8.2. Transplante

Las plantas se trasplantaron 40 días después de la siembra (DDS) cuando las plántulas presentaron en promedio 15 a 17 cm de altura. En lo cual fue colocada una planta por maceta en bolsas polietileno negro de 18 L de capacidad.

3.8.3. Aplicación de la bacteria

A los 15 y 30 días de la emergencia de las plántulas se realizaron las inoculaciones de las bacterias PGPR con la concentración de 1×10^8 UFC mL⁻¹ sumergiendo durante 20 a 25 minutos, además al testigo no se le aplicó ya fue tratado con agua destilada.

3.9. Riegos

Después del transplante se aplicaron los riegos según su desarrollo fenológico. Se aplicaron en promedio 0.5 L de agua por maceta al día, el volumen se incrementaron a 1 y 2 L al día.

Los riegos se hicieron manualmente para tener un mayor control de las soluciones nutritivas.

3.10. Cosecha

La primera cosecha se realizó cuando la mayoría de los frutos ya presentaban las primeras estrías donde se realizó 6 cortes. El ciclo de cultivo duro 120 ddt.

3.11 Variables evaluados

Las variables evaluadas fueron altura de planta, número de hojas, diámetro del tallo, largo de fruto, diámetro ecuatorial, peso de fruto, firmeza del fruto, espesor del fruto, diámetro de cavidad del fruto, número de fruto y rendimiento de peso.

3.11.1. Altura de planta

La altura de la planta se tomaba cada 7 días donde se utilizó una cinta métrica de 1 m, la altura se tomó desde la base del tallo hasta el punto de crecimiento.

3.11.2. Numero de hojas

El número de hojas se contaron el total de hojas que tiene la planta donde lo cual se tomaba cada 7 días.

3.11.3. Diámetro del tallo

El diámetro del tallo se tomaba cada 7 días se tomó con un vernier, desde la base del tallo a 1 cm por encima del sustrato.

3.11.4. Largo de fruto

Se realizó con un vernier manual graduado en cm, siendo el largo de los frutos.

3.11.5. Diámetro del fruto

Para obtener este dato se utilizó un vernier manual graduado en cm.

3.11.6. Peso de fruto

Se realizó con una balanza de precisión donde lo cual se tomaba cada 7 días.

3.11.7. Firmeza del fruto

La firmeza del fruto se tomó con un penetrometro.

3.11.8. Espesor del fruto

Esto se realizó haciendo un corte por la parte central del fruto por donde se ubica los lóculos se midió con un vernier manual graduado en cm el grosor de la pulpa.

3.11.9. Diámetro de cavidad del fruto

Se realizó con un vernier manual graduado en cm donde se toma cada 7 días.

3.11.10. Numero de fruto

Se realizó un conteo total del fruto por planta.

3.12. Análisis estadístico

El análisis de varianza para variables evaluadas se realizó con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS). Y se realizaron comparación de medias aplicando la prueba Tukey DHS ($P \leq 0.05$).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Diámetro de tallo

Para esta variable se encontraron diferencias numéricas donde se determinaron con ecuaciones de regresión polinómica, las cuales se ajustaron tres modelos diferentes que fueron 28, 56 y 77 días después del trasplante (DDT), estimando el número de hojas para cada tratamiento con los tres modelos.

El tratamiento que presentar un mayor diámetro de tallo a las 28,56 y 77 ddt fue el T2 (*Pseudomonas lini*).

Rico, M. 2009, reporto que con las cepas de *Bacillus subtilis* produjeron mayor rendimiento y producción de sandía donde obtuvieron un diámetro de tallo significativo de ($P < 0.02$).

Cuadro 3 Ecuaciones de regresión lineal simple para el diámetro de tallo en centímetros del chile jalapeño (*Capsicum annuum*) con cuatro tratamientos y un testigo bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL 2019.

Tratamientos	Modelo	R ²	DDT		
			28	56	77
1	$y = 0.0024x^2 - 0.023x + 1.6917$	R ² = 0.95	2.92	7.93	14.21
2	$y = 0.0021x^2 + 0.0176x + 1.2411$	R ² = 0.97	3.38	8.81	15.04
3	$y = 0.0023x^2 - 0.04x + 2.0064$	R ² = 0.97	2.68	6.97	12.56
4	$y = 0.0025x^2 - 0.0267x + 1.7087$	R ² = 0.94	2.92	8.05	14.47
5	$y = 0.0022x^2 - 0.013x + 1.5646$	R ² = 0.92	2.92	7.73	13.6

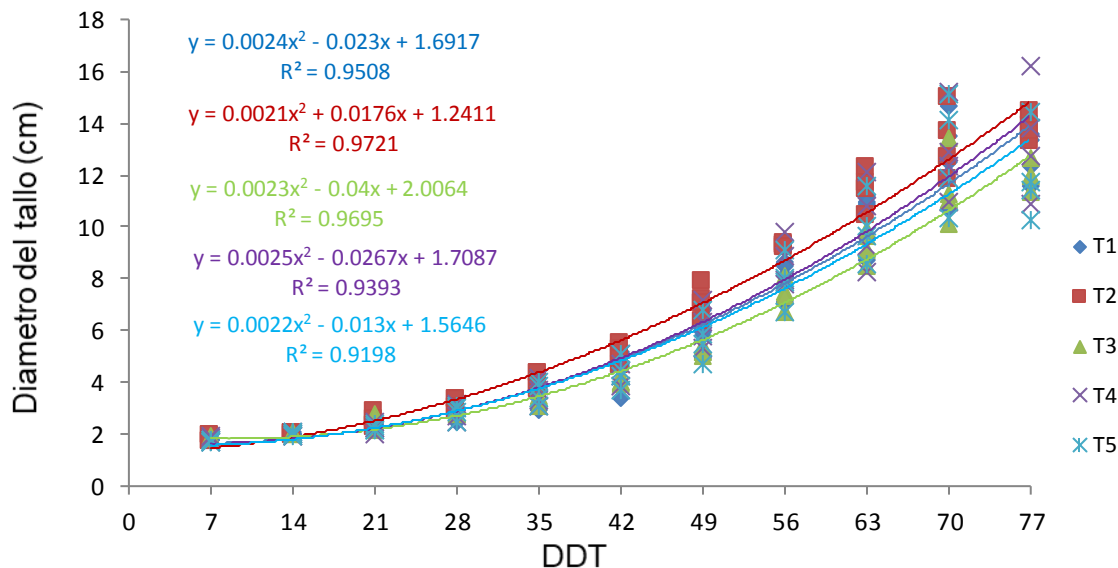


Figura 1 Diámetro de tallo con cuatro tratamientos y un testigo de cuatro repeticiones bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL 2019.

4.2. Altura de planta

Para esta variable se encontraron diferencias numéricas donde se determinaron con ecuaciones de regresión polinómica, las cuales se ajustaron tres modelos diferentes que fueron 28, 56 y 77 días después del transplante (DDT), estimando el número de hojas para cada tratamiento con los tres modelos.

El tratamiento que presentar mayor altura de planta a las 28 y 56 ddt fue el T2 (*Pseudomonas lini*) y a los 77 ddt fue el T4 (*Bacillus subtilis*).

Angulo-castro *et al* (2017) reportaron que las plantas de pimiento Bell inoculadas con *Pseudomonas lini* donde menciona que mostraron mayor altura y una diferencia significativa de ($P < 0.05$).

Cuadro 4 Ecuaciones de regresión lineal simple para la altura de planta del chile jalapeño (*Capsicum annuum*) con cuatro tratamientos y un testigo de cuatro repeticiones bajo condiciones de invernadero; UAAAN-UL 2019.

Tratamientos	Modelo	R ²	DDT		
			28	56	77
1	$y = 0.0168x^2 - 0.1x + 7.1225$	R ² = 0.97	17.49	54.2	99.0
2	$y = 0.013x^2 + 0.2547x + 3.1065$	R ² = 0.97	20.42	58.13	99.8
3	$y = 0.0182x^2 - 0.2953x + 10.834$	R ² = 0.98	16.83	51.37	96.0
4	$y = 0.0197x^2 - 0.1965x + 6.7324$	R ² = 0.97	16.67	57.5	108.4
5	$y = 0.0172x^2 - 0.1719x + 5.7997$	R ² = 0.97	14.47	50.11	94.5

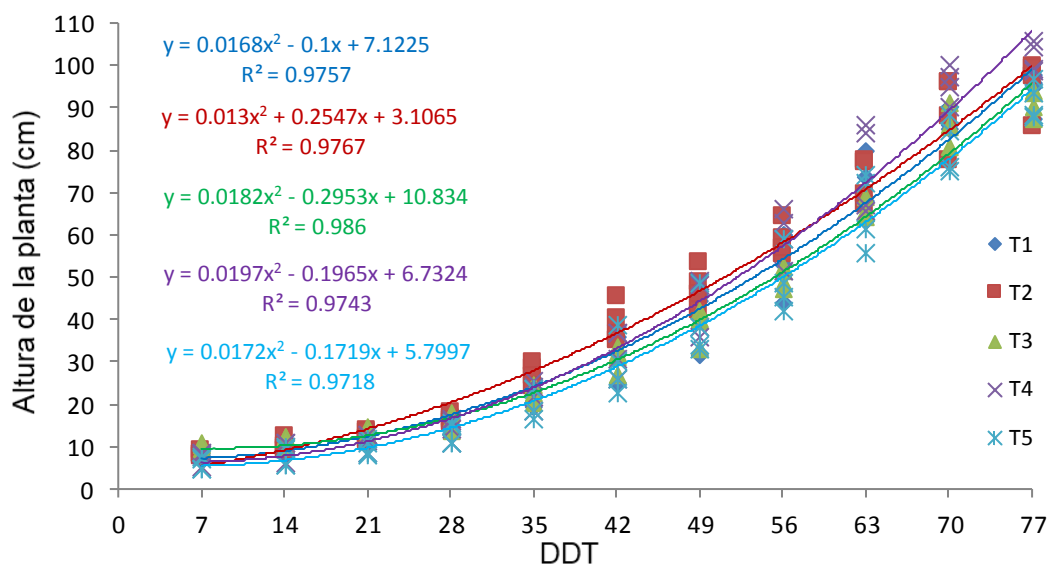


Figura 2 Altura de planta con cuatro tratamientos y un testigo bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL 2019.

4.3. Número de hojas

Para esta variable se encontraron diferencias numéricas donde se determinaron con ecuaciones de regresión polinómica, las cuales se ajustaron tres modelos diferentes que fueron 28, 56 y 77 días después del trasplante (DDT), estimando el número de hojas para cada tratamiento con los tres modelos.

El tratamiento que presentar mayor número de hojas a las 28,56 y 77 ddt fue el T2 (*Pseudomonas lini*).

Cuadro 5 Ecuaciones de regresión lineal simple para el numero de hojas del chile jalapeño (*Capsicum annuum*) con cuatro tratamientos y un testigo bajo condiciones de invernadero; UAAAN-UL 2019.

Tratamientos	Modelo	R ²	DDT		
			28	56	77
1	$y = 0.0315x^2 - 0.67x + 8.6667$	R ² = 0.97	14.57	69.93	143.84
2	$y = 0.031x^2 - 0.4173x + 5.6727$	R ² = 0.98	18.29	79.51	157.33
3	$y = 0.0313x^2 - 0.7829x + 9.9194$	R ² = 0.98	13.53	64.23	135.21
4	$y = 0.0356x^2 - 0.9414x + 11.372$	R ² = 0.95	12.92	70.29	149.95
5	$y = 0.0336x^2 - 0.8966x + 11.302$	R ² = 0.94	13.36	68.65	136.35

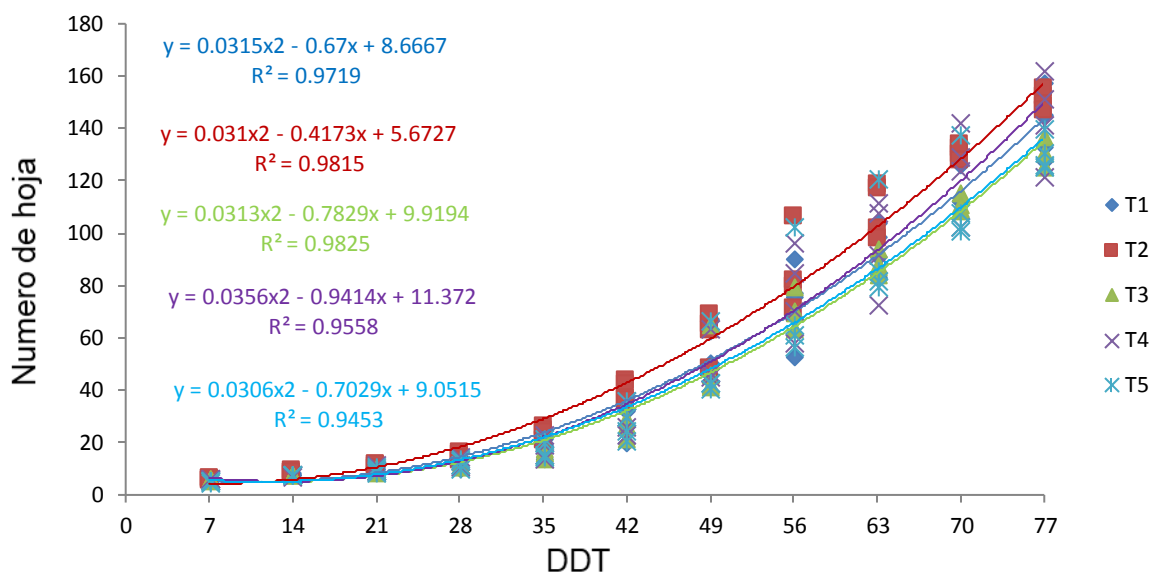


Figura 3 Número de hojas con cuatro tratamientos y un testigo de cuatro repeticiones bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL 2019.

4.4. Número de fruto

La variable de número de fruto no mostro diferencia significativa en el análisis de varianza donde fue ($P > 0.26$), teniendo un coeficiente de variación (C.V) de 40.53% (Cuadro 1A). Mismo que se encuentra alto y es probable que debido a

eso no se encontró diferencia significativa en las medias. La media general para esta variable es de 16.69.

Jiménez *et al.* (2001) reportaron que la inoculación de *Bacillus subtilis*; en frijol, además, de tener efectos antagónico con fitopatógenos se produjo un mayor cantidad y calidad de semilla, donde obtuvieron el número de fruto significativo de ($P < 0.05$).

4.5. Longitud de fruto

La variable de longitud de fruto no mostro diferencia significativa en el análisis de varianza donde fue ($P > 0.50$), teniendo un coeficiente de variación (C.V) de 6.42% (Cuadro 2A). Mismo que se encuentra alto y es probable que debido a eso no se encontró diferencia significativa en las medias. La media general para esta variable es de 80.70.

Mancilla *et al* (2017), reportaron que con las cepas de *Aeromonas* produjeron los mejores frutos del chile poblano obteniendo una longitud de fruto significativo de ($P < 0.02$).

4.6. Diámetro ecuatorial

La variable del diámetro ecuatorial presento un análisis de varianza significativo de ($P < 0.0019$), donde presento un coeficiente de variación (C.V) de 5.96%, obteniendo una media de 27.08 (Cuadro 3A). El mayor diámetro ecuatorial presento en el T2 (*Pseudomonas lini*) con una media de 28.61, Seguido por el T1 (*Bacillus parachiliniformis*) con una media de 26.97, seguido por el T4 (*Bacillus subtilis*) con una media de 26.92, seguido por el T5 (control) con una media de 26.81 y por último el T3 (*Aeromonas*) con una media de 26.1.

Olalde-Portugal (2007), reportaron que la inoculación del maíz con *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas lini* generó efectos positivos en la calidad y tamaño de las mazorcas donde presento un diámetro de ecuatorial significativo de ($P < 0.02$).

Cuadro 6 Comparación de medias en los tratamientos para el variable diámetro ecuatorial en el chile jalapeño. UAAAN-UL 2019.

Tratamiento	Media	Desviación estándar	Error estándar	Inferior 95% CL para media	Superior 95% CL para media
2	28.61	1.47	0.32	27.92	29.3
1	26.97	1.83	0.409	26.11	27.83
4	26.92	1.26	0.28	26.32	27.51
5	26.81	1.73	0.38	26	27.62
3	26.1	1.79	0.4	25.26	26.94

4.7. Peso de fruto

La variable del peso de fruto no mostro diferencia significativa en el análisis de varianza donde fue ($P>0.08$), teniendo un coeficiente de variación (C.V) de 1145% (Cuadro 4A). Mismo que se encuentra alto y es probable que debido a eso no se encontraron diferencias significativas en las medias. La media general para esta variable es de 31.15.

Moreno *et al* 2016, reportaron que con las cepas de *Aeromonas* spp y *Pseudomonas lini*, produjeron un mejor rendimiento y producción del fruto en tomate, obteniendo un peso significativo de ($P<0.05$).

4.8. Firmeza del fruto

La variable de la firmeza de fruto no mostro diferencia significativa en el análisis de varianza donde fue ($P>0.36$), teniendo un coeficiente de variación (C.V) de 5.25% (Cuadro 5A). mismo que se encuentra alto y es probable que debido a eso no se encontró diferencia significativa en las medias. La media general para esta variable es de 13.94.

Mena-Violente *et al.* (2009), quienes reportaron que la firmeza es significativamente mayor en frutos de melón inoculados por *Bacillus subtilis*.

4.9. Espesor del pericarpio

En la variable de espesor del pericarpio presento un análisis de varianza altamente significativa de ($P<0.02$), donde obtuvo un coeficiente de variación de 6.84%, obteniendo una media de 4.04 (Cuadro 6A). El mayor espesor de fruto se presentó en el T2 con una media de 4.31, seguido con el T1 con una media de 4,

seguido por T4 con una media de 3.98, seguido con el T3 con una media de 3.96 y por ultimo T5 con una media de 3.95.

Pal *et al.* (2015), reportaron que la inoculación con *Aeromonas* en pepino promovió un mayor desarrollo de espesor de pericarpio.

Cuadro 7 Comparación de medias en los tratamientos para el variable espesor del pericarpio en el chile jalapeño. UAAAN-UL 2019.

Tratamiento	Media	Desviación estándar	Error estándar	Inferior 95% CL para media	Superior 95% CL para media
2	4.31	0.24	0.05	4.2	4.43
1	4	0.26	0.05	3.87	4.12
4	3.98	0.29	0.06	3.94	4.12
3	3.96	0.28	0.06	3.83	4.09
5	3.95	0.31	0.07	3.8	4.1

4.10 Diámetro de cavidad

La variable de número de fruto no mostro diferencia significativa en el análisis de varianza donde fue ($P>0.75$), teniendo un coeficiente de variación (C.V) de 5.37% (Cuadro 7A). Mismo que se encuentra alto y es probable que debido a eso no se encontró diferencia significativa en las medias. La media general para esta variable es de 23.31.

Bashan-Holguín (1996). Reportaron que con las cepas de *Bacillus parachiliformis* produjeron mejor producción en la calidad de fruto del chile serrano, que tuvo un diámetro de cavidad significativa de ($P<0.05$).

4.11. Rendimiento

La variable del rendimiento de peso no mostro diferencia significativa en el análisis de varianza donde fue ($P>0.06$), teniendo un coeficiente de variación (C.V) de 38.81% (Cuadro 8A). 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 521.02.

Lopez-Elias *et al.* (2011), reportaron un máximo rendimiento y calidad de fruto en pepino producido en invernadero con la inoculación de *Bacillus subtilis* donde obtuvieron un alto significancia de rendimiento de peso que fue ($P < 0.01$).

V. CONCLUSIONES

Después de analizar los resultados del efecto de la inoculación de las rizobacterias sobre el rendimiento del chile jalapeño podemos concluir lo siguiente:

- En diámetro de tallo por medio de ecuaciones de regresión polinómica y ajustando tres modelos diferentes que fueron 28, 56 y 77 ddt se determinó que el T2 (*Pseudomonas lini*) presentó un mayor diámetro.
- En número de hojas es fundamental para el desarrollo de los frutos, por medio de ecuaciones de regresión polinómica y ajustando tres modelos diferentes que fueron 28, 56 y 77 ddt se determinó que el T2 (*Pseudomonas lini*) presentó un mayor número de hojas.
- La altura de planta se determinó que con los tres modelos presentó mayor altura en el T2 en los modelos 28 y 56. Y el T4 (*Bacillus subtilis*) fue el modelo 77 donde presentó mayor valor.
- En el análisis estadístico del número de fruto no se detectó diferencia significativa para ninguno de los efectos estudiados.
- En longitud de fruto no hubo respuesta significativa.
- La respuesta a la inoculación de las rizobacterias sobre la fisiología del fruto en diámetro ecuatorial mostraron una diferencia significativa donde el mejor resultado fue en el T2 (*Pseudomonas lini*).
- Peso de fruto no mostró diferencia significativa en los tratamientos evaluados.
- Firmeza del fruto no mostró diferencia significativa.
- Espesor del pericarpio mostraron una diferencia significativa donde el mejor resultado fue en el T2 (*Pseudomonas lini*).
- En diámetro de cavidad no hubo una respuesta significativa en los tratamientos.
- En el rendimiento del cultivo del chile jalapeño se incrementó significativamente con la inoculación de la rizobacteria *Pseudomonas lini*.

- Lo cual permite concluir que los alimentos producidos en abonos orgánicos es una alternativa para obtener alimentos inocuos y con un mejor valor nutricional. Por lo tanto, se podría indicar que los biofertilizantes y los abonos orgánicos por ejemplo el compost son una alternativa de fertilización en la producción del cultivo del chile jalapeño bajo condiciones de invernadero.

VI. LITERATURA CITADA

- Aguirre H., E., y V. Muñoz O. 2015. El chile como alimento. [En línea] https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/66_3/PDF/Chile.pdf [Fecha de consulta: 06 de Mayo de 2019].
- Aguirre M., CL., G. Iturriaga F., J.G. Ramírez P., J. Covarrubias P., F. Chable M., J.C. Raya P. 2017. El chile (*C. annuum* L.), Cultivo y producción de semilla. Ciencia y tecnología. 36(4), 158-167.
- Ahemad M., Kibret, M. (2013). Mechanisms and applications of plant growth promoting Rhizobacteria: Current perspective. Journal of King Saud University – Science. P 26
- Ahmad F., Ahmad I, Khan MS. 2006. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. Microbiol Res. Pp 1-9.
- Anguiano B., J.L. 2010. Comparación en la respuesta fisiológica en plantas de chile bajo en efecto de tres temperaturas nocturnas. Tesis. Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. 136 p.
- Angulo-castro, a., Ferrera-Cerrato, R., Alarcón, A., Almaraz-Suarez, J. j., Delgadillo-Martínez, J., Jimenez-Fernandez, M., y García-Barradas, O., 2017. Crecimiento y eficiencia fotoquímica del fotosistema en plántulas de 2 variedades de *Capsicum annuum*, L. inoculadas en rizobacterias u hongos micorrizos arbusculares. Revista Argentina de Microbiología. 3(6), 1261-1274.
- Bach C. K., Diaz, M. 2008. Plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR): a review. Journal of Agricultural Research and Development.
- Bashan A., 2010 Agricultura protegida invernaderos. [En línea] <https://blogagricultura.com/ventajas-desventajas-invernaderos.cm> Fecha de consulta: 30 de Octubre de 2019].

- Bashan Y., Holguín G., Ferrera G., Ferrera-Cerrato R. 1996. Interacciones en el cultivo de chile serrano inoculado con rizobacterias. Bacterias asociadas de la rizósfera. *Terra* 14(2):195-209.
- Berendsen R., L., Pieterse, C. M., Bakker, P. A. (2012). The rhizosphere microbiome and plant health. *Trends Plant Sci.* Pp 17-19
- Birch P., R. J., Kamoun S. (2000). Studying interaction transcriptomes: coordinated analyses of gene expression during plant-microorganism interactions. En Wood R. (ed.) *New technologies for life sciences: a trends guide.* Elsevier Science, New York, N.Y. Pp 77-82.
- Cardallo E., 1992. Importancia de la las bacterias en la agricultura. [En línea] <http://www.fertiprado.pt/uy/noticias-uy/analisis/la-importancia-de-las-bacterias-en-la-agricultura/mx>. [Fecha de consulta: 18 de Octubre de 2019].
- Cardenas R. M., Vera, M. P., & Bonilla, B., R. 2010. Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal. *Revista Corpoica- Ciencia y Tecnología Agropecuaria.* Pp 159-166.
- Cardoso E., J. B.N., 1992.Freitas SS. A rizósfera. In: Cardoso EJBN, Tsai SM, Neves PCP (eds) *Microbiologia do solo.* Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo, Campinas. Pp 41–57.
- Carrera G., A.G. 2012. Caracterización bioquímica, molecular y funcional del banco de cepas de *Azospirillum* spp. Del INIAP aisladas de la rizósfera del cultivo de maíz (*Zea Mays L.*) de la sierra ecuatoriana. Tesis de ingeniería en biotecnología. Escuela politécnica del ejército, sangolqui, quito Ecuador. P. 14.
- Catalán V., E, *et al*, 2007, fertilización y riego del cultivo de chile en la región lagunera, CENID-RASPA, Gómez Palacios Durango México, pp. 2-24.

- Esquivel-Cote, R., Gavilanes-Ruiz, M., Cruz-Ortega, R. y Huante, P. (2013). Importancia agrobiotecnología de la enzima ACC desaminasa en rizobacterias, una revisión. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(3), 251-258.
- German, V.J., Bailey, M.J., Darrah, P., Lilley, A.K., and Thompson, I.P. 2000. Monitoring temporal and spatial variation in Rhizosphere bacterial population diversity: A community approach for the improved selection of rhizosphere competent bacteria. *Plant and Soil*. Pp 181-193
- Hinsinger P, Bravin M N, Devau N, Gerard F, Le Cadre E, Jaillard B. 2008. Soil-Root-Microbe Interactions in the Rhizosphere - A Key to Understanding and Predicting Nutrient Bio availability to Plants. *J. Soil Science. Plant Nut.* Pp 39-47.
- Jaramillo F., M.E., L. Dorantes A., R. García B. And J. Welti C. 2010. Mexican pickled jalapeño pepper. In: Hin, Y.H. *Handbook of fruits and vegetable flavors*. John Wiley.U.S.A. 1095 P.
- Jiménez, Rocío, Virgen, G., Tabares, S. & Olalde, V. 2001. Bacterias promotoras del crecimiento de plantas: agro-biotecnología. *Avance y Perspectiva Vol. 20*: 395- 400.
- Labra C., D., Guerrero Z., L. A., Rodríguez T., A. V., Montes V., S., Pérez-J., Rodríguez D., A. 2012. Respuesta de crecimiento y tolerancia a metales pesados de *Cyperus elegans* y *Echinochloa polystachya* inoculadas con una rizobacteria aislada de un suelo contaminado con hidrocarburos derivados del petróleo. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. Pp 7-16.
- Landa B, Mavrodi O, Raaijmakers M, McSpadden B, Thomashow L, Weller D. 2002. Differential ability of genotypes of 2,4-diacetylfloriglucinol producing *Pseudomonas fluorescens* strains to colonize the roots of pea plants. *Appl Environ Microbiol*. Pp 3226-3237.

- Lardizábal R. 2002. Manuel de producción de chile jalapeño [En línea]. Filtrac inc. Centro de desarrollo de Agronegocios (financiado por USAID). [http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/64/CDA_Fintra c_Manual_Produccion_Chile_Jalape%C3%B1o_10_02.pdf?sequence=1](http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/64/CDA_Fintra_c_Manual_Produccion_Chile_Jalape%C3%B1o_10_02.pdf?sequence=1) [Fecha de consulta: 25 de Octubre de 2019].
- Lopez-Elias, J., Rodríguez, J. C., Huez, M. A., Garza, S., Jiménez, J., y Leyva, E. I.; 2011. Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda. *Idesia* (Arica), 29(2), 21-27.
- Lucca S.M. 2015. El chile en el mundo. Seminario de integración. Instituto superior N° 4044 "SOL". Santa Fe. 9p
- Mahmood A., Turgay, O. C., Farooq, M., Hayat, R. 2016. Seed biopriming with plant growth promoting rhizobacteria: a review. *FEMS Microbiol Ecol.* Pp 15-20.
- Mancilla, A. G., Suarez, J. J. A., Cerrato, R. F., Guzmán, M.D. P. R., Gaytán, O. R. T., Santos, A. T. y Garibay, R.I. A., 2017. Caracterización y selección de rizobacterias de crecimiento en plántulas del chile poblano. *Revista internacional de contaminación ambiental.* 33(3), 463-474.
- Mena-Violente, H. G., A. Cruz-Hernández, O. Paredes-López, M. Á. Gómez-Lim y V. Olalde-Portugal. 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: 559-567.
- Moreno, F., Ercisli H, Karlidag L, Sahin F. 2016. Potential use of plant promoting rhizobacteria (PGPR) in organic apricot production. En Libek A, Kaufmane E, Sasnauskas A (Eds.) *Proc. Int. Sci. Conf. Of Environmentally Friendly Fruit Growing.* Tartu University Press. Tartu, Estonia. pp. 90-97.

- Navarro 2008. Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo de chile jalapeño (*capsicum annum var. Annum*) en el estado de tabasco México
- Nihorimbere V, Mavrodi D, Park A, Weller D, Thomashow L. 2011. The role of dsbA in colonization of the wheat rhizosphere by *Pseudomonas fluorescens*. Pp 863-872.
- Noumavo P., A., Agbodjato, N., A., Baba M., F., Adjanohoun A. 2016. Plant growth promoting rhizobacteria: Beneficial effects for healthy and sustainable agriculture. *African Journal of Biotechnology*, pp.25-30.
- Olalde-Portugal, A., K. de Alba R., A. Zermeño G., H. Ramírez y A. Benavides M. 2007. Análisis de crecimiento del cultivo de maíz en campo abierto. *Rev.Mex.cienc.Agrar*.6:943-954
- Pal, A., S. Maji, Govid, R, Kumawat, S. Kumar, and D.C. Meena. 2015. Efficacy of various sources of nutrients on growth, flowering, yield and quality of tomato. Cv.Azad T-6. *The bioscan int. Quat. J life SCI*. 10:473-477.
- Pickersgill, B. 1997. Genetic resource and breeding of capsicum spp. *Euphytica*. Pp 126-133.
- Rico, M. 2009. Capacidad promotora de crecimiento vegetal por bacterias del género *Azotobacter* y Actinomicetos aislados de cultivos de sandía, 1753. Cultivados en zonas alto andinas del Perú. Tesis de Biología. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- SAGARPA. 2012. Fondo Sectorial de Investigación en materia Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos. [En línea] [file:///C:/Users/mari%20hernandez/Downloads/Convocatoria_2012-02%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/mari%20hernandez/Downloads/Convocatoria_2012-02%20(3).pdf) [Fecha de consulta: 25 de Septiembre de 2019].
- Shigueru L. B., Gómez, V. M., Garrido, R. F., & Bonilla, B. R., 2013. Inoculación con bacterias de crecimiento vegetal en tomate bajo condiciones de invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Pp 1401-1415.

SIAP. 2010. Un panorama del cultivo del chile. SIAP. México. 20 pp.

SIAP. 2014. http://www.siap.gob.mx/agricola_siap/identidad/index.%20pdf. [En línea] (Fecha de consulta: 30 de octubre del 2019).

Terry R., A., Hernández-Lauzardo, A.N., Velázquez-del Valle, M., Bigiramana, Y., Audenaert, K. y Hofte, M. 2005. Aplicación de rizobacterias para inducir resistencia en los sistemas frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)- *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. y Magnus) Lams. Scrib. Y tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *Botrytis cinérea* Pers.:Fr. Revista Mexicana de Fitopatología. Pp 100-105.

Tsavkelova EA, Klimova SY, Cherdyntseva TA, Netrusov AI. 2006. Microbial producers of plant growth stimulators and their practical use: a review. *Appl Biochem Microbiol*. Pp 117-126.

Vessey P., Pot, B., Gillis, M., De Vos, P., Kersters, K., and Swings, J. 2003. Polyphasic taxonomy a Consensus approach to bacterial systematics. *Microbiology and Molecular Reviews*. Pp 407-438.

VII APENDICE

Cuadro 1A. Análisis de varianza para la variable de número de fruto con los tratamientos y las variedades evaluadas del chile jalapeño (*Capsicum annuum*) bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. 2019.

Causas de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F-valor	Pr > F
Tratamiento	4	201.34	50.33	1.5	0.26
Bloque	3	168.19	56.06	1.67	0.22
Error	80	3662.4	45.78		
Total	99	4435.39			
R ² = 0.1742		C. V= 40.53	Media= 16.69		

Cuadro 2A. Análisis de varianza para la variable de longitud de fruto con los tratamientos y las variedades evaluadas del chile jalapeño (*Capsicum annuum*) bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. 2019

Función de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F-valor	Pr > F
Tratamiento	4	214.76	53.69	0.88	0.5059
Bloque	3	121.22	40.4	0.66	0.5921
Error	80	2150.64	26.88		
Total	99	3221.12			
R ² =0.332330		C.V=6.424520	Media=80.70470		

Cuadro 3A. Análisis de varianza para la variable de diámetro ecuatorial con los tratamientos y las variedades evaluadas del chile jalapeño (*Capsicum annuum*) bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. 2019

Función de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F-valor	Pr > F
Tratamiento	4	68.07	17.01	8.28	0.0019
Bloque	3	21.17	7.05	3.43	0.0522
Error	80	208.58	2.6		
Total	99	322.5			
R ² =0.3532		C.V=5.9613	Media=27.0865		

Cuadro 4A. Análisis de varianza para la variable peso de fruto con los tratamientos y las variedades evaluadas del chile jalapeño (*Capsicum annuum*) bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. 2019.

Función de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadrados medios	F-valor	Pr > F
Tratamiento	4	281.37	70.344	2.49	0.0987
Bloque	3	189.09	63.032	2.23	0.1367
Error	80	1018.65	12.733		
Total	99	1827.64			
R ² =0.4426		C.V=11.455	Media=31.150		

Cuadro 5A. Análisis de varianza para la variable firmeza de fruto con los tratamientos y las variedades evaluadas del chile jalapeño (*Capsicum annuum*) bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. 2019

Función de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadrados medios	F-valor	Pr > F
Tratamiento	4	1.3024	0.3256	1.19	0.3624
Bloque	3	4.0521	1.3507	4.96	0.0183
Error	80	42.9857	0.5373		
Total	99	54.6103			
R ² =0.1671		C.V=5.2569	Media=13.9439		

Cuadro 5A. Análisis de varianza para la variable espesor del pericarpio con los tratamientos y las variedades evaluadas del chile jalapeño (*Capsicum annuum*) bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. 2019.

Función de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadrados medios	F-valor	Pr > F
Tratamiento	4	1.8842	0.471	4.35	0.021
Bloque	3	0.1252	0.0417	0.39	0.7653
Error	80	6.1391	0.07673		
Total	99	9.447			
R ² = 0.35015		C.V= 6.8457	Media= 4.0466		

Cuadro 6A. Análisis de varianza para la variable diámetro de cavidad con los tratamientos y las variedades evaluadas del chile jalapeño (*Capsicum annuum*) bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. 2019.

Función variación	de Grados libertad	de Suma cuadrados	de Cuadrados medios	F-valor	Pr > F
Tratamiento	4	6.9425	1.7356	0.47	0.7546
Bloque	3	6.8155	2.2718	0.62	0.6156
Error	80	125.7172	1.5714		
Total	99	183.4686			
R ² = 0.31477 C.V= 5.3766 Media= 23.3153					

Cuadro 7A. Análisis de varianza para la variable rendimiento de peso con los tratamientos y las variedades evaluadas del chile jalapeño (*Capsicum annuum*) bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. 2019.

Función variación	de Grados libertad	de Suma cuadrados	de Cuadrados medios	F-valor	Pr > F
Tratamiento	3	341084.26	85271.065	2.9	0.0683
Bloque	4	387661.24	129220.413	4.39	0.0264
Error	80	3272606.4	40907.58		
Total	99	4354389.96			
R ² =0.24843 C.V= 38.81928 Media= 521.020					