

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum L.*) con fertilización biológica en invernadero.

**POR
LUIS MIGUEL PÉREZ PÉREZ**

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA MÉXICO

DICIEMBRE 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum L.*) con fertilización
biológica en invernadero.

POR:
LUIS MIGUEL PÉREZ PÉREZ

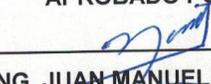
TESIS

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

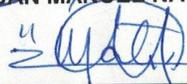
INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADO POR

PRESIDENTE:


ING. JUAN MANUEL NAVA SANTOS

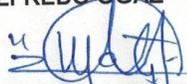
VOCAL:


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

VOCAL:


M.C. FRANCISCA SÁNCHEZ BERNAL

VOCAL:


DR. ALFREDO OGAZ

M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERA AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2017



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) con fertilización biológica en invernadero.

POR:
LUIS MIGUEL PÉREZ PÉREZ

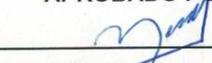
TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

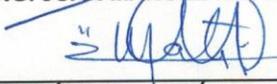
APROBADO POR

ASESOR PRINCIPAL:



ING. JUAN-MANUEL NAVA SANTOS

ASESOR:



M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

ASESOR:

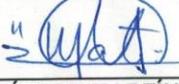


M.C. FRANCISCA SÁNCHEZ BERNAL

ASESOR:



DR. ALFREDO OGAZ



M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERA AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2017

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, doy gracias a **DIOS** por haberme acompañado a lo largo de mi carrera y por haber permitido culminar esta etapa de mi vida.

A mi MADRE Eloisa Pérez López, por todo su esfuerzo y apoyo para lograr culminar este sueño de tener una profesión y por mostrarme el camino de la perseverancia.

A mis HERMANOS, Lucía Anadeli, Sandra Noemí y Anibar que, con su apoyo moral, económico y sus consejos me han ayudado a culminar mi carrera.

A MI UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, y a todos mis docentes por haberme brindado el apoyo y las herramientas para poder concluir con este sueño de obtener mi título profesional.

Al Ing. Juan Manuel Nava Santos, por ayudarme y brindarme el material con lo cual realice el proyecto de mi tesis de titulación.

A la M.C Francisca Sánchez Bernal, por su apoyo incondicional que me brindo en la revisión de mi proyecto de tesis.

Al Dr. Alfredo Ogaz, Por brindarme su apoyo en mi proyecto de investigación.

Al M.E Víctor Martínez Cueto, por el apoyo que me brindo en la revisión de mi proyecto de tesis.

DEDICATORIAS

A Dios, por darme la oportunidad de vivir, estar conmigo en cada meta que cumplo, por iluminar mi mente y por la salud que me regala.

A mi madre Eloísa Pérez López, por todo el amor que me da, por todo ese apoyo ilimitado que me brinda por esa gran fortaleza que lo caracteriza para seguir adelante superando obstáculos y por ser una madre que me sigue enseñando el valor de la vida.

A mis hermanos, Lucia Anadeli, Sandra y Anibar por estar siempre a mi lado mostrándome un pilar lleno de apoyo y firmeza y porque siempre he contado con ellos para todo gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido.

A mi querida Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, y a todos mis docentes por brindarme todas las herramientas y apoyo para poder culminar este sueño que es mi carrera ya que sin ellos no hubiese sido posible.

RESUMEN

En los últimos años la producción de chile ha llegado a tener importancia, debido a su demanda comercial tanto para consumo directo o para usos industriales. Dentro de las bacterias asociativas más estudiadas, se encuentran las pertenecientes al género *Azospirillum*, su utilización con el objetivo de aumentar el rendimiento y calidad de los cultivos, disminuir el uso desmedido de fertilizantes minerales y productos químicos y por consiguiente, reducir la contaminación ambiental, es una práctica que ha tomado gran auge en las últimas décadas. El experimento tuvo como objetivo determinar que concentración de *Azospirillum* incrementa la producción y calidad de chile jalapeño (*Capsicum annuum L.*) var. Mitla bajo condiciones de invernadero en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Se establecieron tres tratamientos en los cuales fueron: *Azospirillum* 10^9 UFC mL⁻¹, *Azospirillum* 10^8 UFC mL⁻¹, *Azospirillum* 10^7 UFC mL⁻¹ y un testigo a base de Solución Nutritiva Steiner como fertilización química. El análisis estadístico mostró diferencia significativa entre tratamientos para la variable altura de planta, donde el T₁ *Azospirillum* 10^9 UFC mL⁻¹ se comporta estadísticamente igual al testigo Solución Nutritiva Steiner, a partir de los 24 y hasta los 70 DDT. Respecto al resto de las variables evaluadas, no se determinó diferencia significativa entre tratamientos. Sin embargo, numéricamente en las variables: número de frutos por planta, peso fresco de la planta y peso seco de la planta sobresale el T₁ *Azospirillum* 10^9 UFC mL⁻¹.

Palabras claves: *Azospirillum*, bacterias rizosféricas, chile jalapeño, biofertilización, invernadero.

ÍNDICE

Pág.

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
RESUMEN.....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE ANEXO.....	viii
1.1 Objetivo.....	2
1.2 Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Origen del chile jalapeño.....	3
2.2. Generalidades.....	3
2.3. Clasificación Taxonomica.....	3
2.4. Fenología.....	4
2.5. Fase Vegetativa.....	4
2.6. Fase Reproductiva.....	5
2.7. Descripción de las características morfológicas.....	5
2.8. Importancia económica del chile jalapeño.....	6
2.9 Estadísticas a nivel mundial.....	6
2.10. Estadísticas a nivel nacional.....	6
2.11. Estadística a nivel regional.....	8
2.12. Solución nutritiva convencional.....	8
2.13. Te de composta.....	9
2.15. Biofertilizantes.....	10
2.16 Género <i>Azospirillum</i>	11
2.18. Colonización del sistema radical por <i>Azospirillum</i>	12

2.19. Fijación de Nitrógeno por <i>Azospirillum</i>	12
2.20. Importancia Biológica de <i>Azospirillum</i>	13
2.21. Actividad de la Bacteria.....	13
2.21.1 La fijación de <i>Azospirillum</i>	13
2.22 Distribución y Aislamiento.....	13
2.23 Métodos para inocular la bacteria.....	14
2.24. Inoculación y Respuesta Agronómica.....	14
2.25 Ventajas del uso de <i>Azospirillum</i>	17
III.- MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Ubicación geografica de la Comarca Lagunera.....	19
3.2. Ubicación del proyecto.....	19
3.3. Clima.....	20
3.4. Descripción del material experimental.....	20
3.5. Descripción de los tratamientos.....	20
3.6 Establecimiento del experimento.....	21
3.6.1 Siembra.....	21
3.6.2 Trasplante.....	21
3.6.3 Aplicación de la Bacteria.....	21
3.6.4 Fertilización del cultivo.....	21
3.6.5 Plagas y Enfermedades.....	23
3.8 Variables evaluadas.....	24
3.8.1 Altura de planta.....	24
3.8.2 Numero de frutos por planta.....	24
3.8.3 Peso fresco.....	25
3.8.4 Peso seco.....	25
3.9 Variables para calidad de fruto.....	25
3.9.1 Peso del fruto.....	25
3.9.2 Largo del fruto.....	25
3.9.3 Diámetro ecuatorial.....	25

3.9.4 Grosor de la pulpa.....	26
3.10 Herramientas de medición.....	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1. Altura de la planta.....	27
4.2. Numero de fruto por planta.....	29
4.3. Calidad del fruto.....	29
4.3.1. Largo del fruto.....	29
4.3.2. Peso del fruto.....	30
4.3.3. Diámetro ecuatorial.....	31
4.3.4. Grosor de la pulpa.....	31
4.4. Peso fresco.....	32
4.5. Peso Seco.....	33
VI. LITERATURA CITADA.....	36
VII ANEXO.....	43

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Clasificación taxonomica del genero capsicum annum.	3
Cuadro 2. Clasificación taxonómica de Azospirillum	11
Cuadro 3. Tratamientos establecidos en invernadero en el cultivo de chile.	20
Cuadro 4 . Formula original de solución nutritiva Steiner	22
Cuadro 5. Análisis del agua empleada en la evaluación de producción de chile con fertilización biológica y el testigo con solución nutritiva Steiner en invernadero ciclo primavera-verano 2017. UAAAN 2017	22
Cuadro 6. fertilizantes utilizados para la preparación de Solución nutritiva Steiner en el cultivo de chile en invernadero en ciclo primavera-verano 2017. UAAAN-UL 2017.	23
Cuadro 7. Productos utilizados para el control de plagas e la evaluación de la producción de chile con fertilización biológica en invernadero, ciclo primavera-verano 2017. UAAAN-UL 2017.....	24
Cuadro 8. Altura de la planta (cm) resultado de la evaluación de producción de chile jalapeño (Capsicum annum L.) con fertilización biológica en invernadero. UAAAN-UL. 2017.....	28
Cuadro 9. Frutos por planta (n) resultado de la evaluación de producción de chile jalapeño (Capsicum annum L.) con fertilización biológica en invernadero. UAAAN-UL. 2017.....	29
Cuadro 10. Largo de fruto (cm) resultado de la evaluación de producción de chile jalapeño (Capsicum annum L.) con fertilización biológica en invernadero. UAAAN-UL. 2017.....	30
Cuadro 11. Peso del fruto (g) resultado de la evaluación de producción de chile jalapeño (Capsicum annum L.) con fertilización biológica en invernadero. UAAAN-UL. 2017.....	31
Cuadro 12. Diámetro de fruto (cm) resultado de la evaluación de producción de chile jalapeño (Capsicum annum L.) con fertilización biológica en invernadero. UAAAN-UL. 2017.....	31
Cuadro 13. Grosor de la pulpa (cm) resultado de la evaluación de producción de chile jalapeño (Capsicum annum L.) con fertilización biológica en invernadero. UAAAN-UL. 2017.....	32
Cuadro 14. Peso fresco de tallo, hojas y raíz (g) resultado de la evaluación de producción de chile jalapeño (Capsicum annum L.) con fertilización biológica en invernadero. UAAAN-UL. 2017.....	33
Cuadro 15. Peso seco de tallo, hojas y raíz (g) resultado de la evaluación de producción de chile jalapeño (Capsicum annum L.) con fertilización biológica en invernadero. UAAAN-UL. 2017.....	34

ÍNDICE DE ANEXO

Cuadro 1 A ANOVA de primera toma de altura de planta del cultivo de chile jalapeño (capsicum annuum L.) UAAAN-UL 2017.	43
Cuadro 2 A ANOVA de ultima toma de altura de planta del cultivo de chile jalapeño (capsicum annuum L.) UAAAN-UL 2017.	44
Cuadro 3 A ANOVA de largo del fruto de chile jalapeño (capsicum annuum L.) UAAAN-UL 2017.	44
Cuadro 4 A ANOVA de ancho del fruto de chile jalapeño (capsicum annuum L.) UAAAN-UL 2017.	45
Cuadro 5 A ANOVA de peso del fruto de chile jalapeño (capsicum annuum L.) UAAAN-UL 2017.	45
Cuadro 6 A ANOVA del grosor de la pulpa de chile jalapeño (capsicum annuum L.) UAAAN-UL 2017.	45
Cuadro 7 A ANOVA de frutos por planta (primer corte) de chile jalapeño (capsicum annuum L.) UAAAN-UL 2017.	46
Cuadro 8 A ANOVA de frutos por planta (segundo corte) de chile jalapeño (capsicum annuum L.) UAAAN-UL 2017.	46
Cuadro 9 ANOVA de peso fresco de la planta del cultivo de chile jalapeño (capsicum annuum L.) UAAAN-UL 2017.	47
Cuadro 10 A ANOVA de peso seco de la planta del cultivo de chile jalapeño (capsicum annuum L.) UAAAN-UL 2017.	47

I.INTRODUCCIÓN

La Producción mundial de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) esta liderada por el país de China, sin embargo México es considerado centro de origen y domesticación del cultivo, debido a que presenta una gran variedad de formas cultivadas y silvestres. Además, presenta un alto consumo y demanda de mano de obra, siendo así un cultivo con gran importancia socioeconómica (Macías *et al.*, 2012). México ocupa una superficie aproximada de 144 mil hectáreas, con una producción de 2.7 millones de toneladas de chile jalapeño (SIAP-SAGARPA, 2015).

Los principales estados productores de México están en el norte, entre Zacatecas y Chihuahua, mientras que en menor medida están Durango y Coahuila, que incluyen la Comarca Lagunera. En esta región, el cultivo de chile tiene gran importancia en la economía, especialmente el chile jalapeño, ya que es uno de los principales cultivos hortícolas que se siembra en la región después de la sandía, tomate y melón durante el ciclo primavera-verano. La superficie producida en los últimos años es de alrededor de las 1,074 ha, con un rendimiento promedio de 15.6 ton/ha (SIAP-SAGARPA, 2010).

Los requerimientos para elevar la producción y rendimiento del cultivo de chile jalapeño radican en gran medida en el uso de plántulas vigorosas y con un alto porcentaje de germinación. Esto podría conseguirse mediante la inoculación de biofertilizantes hechos a base de microorganismos que promuevan el crecimiento y desarrollo vegetal (Luna *et al.*, 2013). La función de los inoculantes en las plantas radica en cambios bioquímicos, fisiológicos y morfológicos en la célula vegetal, lo cual ayuda a incrementar el potencial de crecimiento de las plantas (Shigueru *et al.*, 2013).

En varios estudios de biofertilización en plantas se han utilizado microorganismos como *Azospirillum*, *Azotobacter* y *Acetobacter*, porque son consideradas Bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal (BPCV) llamadas así por favorecer el crecimiento y desarrollo de las plantas (Moreno & Galvis, 2013) mediante la fijación biológica de nitrógeno (Camelo *et al.*, 2011), producción de

fitohormonas (Tsavkelova *et al.*,2006), y facilitar la disponibilidad y absorción de nutrientes en las plantas (Richardson *et al.*, 2009).

La inoculación de semillas de pimiento pimentonero (*Capsicum annuum* L. var. Trompa de elefante) muestran un mayor porcentaje sobre la germinación, emergencia y desarrollo de las plantas, considerando que la bacteria constituye una metodología económica para optimizar la germinación y producir una mejor respuesta en el desarrollo de las plantas (Di Barbaro *et al.*, 2005).

De acuerdo a lo anterior, la biofertilización en plantas con estas bacterias pueden promover el crecimiento y desarrollo vegetal (Luna *et al.*, 2013), por lo cual se plantea el presente trabajo.

1.1 Objetivo

Determinar que concentración de *Azospirillum* incrementa la producción y calidad de chile jalapeño.

1.2 Hipótesis

La mayor concentración de *Azospirillum* supera en rendimiento y calidad al testigo Steiner.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen del chile jalapeño

El chile es originario de America Tropical, y se diferencia uno de otro por el color (verde, amarillo o rojo), forma (largo o acampanados), y sabor (dulce o picante) (Antonio, 2011).

2.2. Generalidades

genero *Capsicum* agrupa a mas de 26 especies, de las que solo 12, incluyendo algunas variedades, son empleadas por el hombre. Solo cinco de las especies han sido domesticadas y se cultivan (Garcia, 2014).

En la region Lagunera, el cultivo de chile tiene gran importancia en la economia ya que es el principal cultivo horticola durante el ciclo primavera verano con una superficie sembrada de 1,074 ha y rendimiento promedio de 11 ton/ ha. Un estimulo para la produccion organica es el sobre- precio que se paga de 25-40% dependiendo del producto y del mercado (Martinez *et al.*, 2014).

2.3. Clasificacion Taxonomica

La clasificacion taxonomica que se presenta fue elaborada por Carlos Linneo (1753-1754), que hasta la fecha aun se aplica.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del género *Capsicum annuum*.

Reino	Plantae
Division	Angiosperma
Clase	Dicotyledonia
Subclase	Asteriadae
Orden	Solanales
Familia	Solanacea
Genero	<i>Capsicum</i>
Especie	<i>C. annuum</i>
Nombre común	Chile jalapeño, chile cuaresmeño

Fuente: Salvador Montes (2010).

2.4. Fenología

El cultivo de chile tiene varios estados de desarrollo en su ciclo de crecimiento. Crecimiento vegetativo, floración, cuajado, desarrollo de fruto y maduración. La información es solamente indicativa, ya que cada período dependerá de la variedad, condiciones medioambientales y manejo del cultivo (Flores, 2011).

2.5. Fase Vegetativa

A partir de la producción de la sexta o la octava hoja, la tasa de crecimiento del sistema radicular se reduce gradualmente: en cambio la del follaje y tallos se incrementa, las hojas alcanzan el máximo tamaño, el tallo principal se bifurca (9-12 hojas), después que el brote ha terminado por una flor o vástago floral (botón floral, a medida que la planta crece, ambas ramas se sub-ramifican después que el crecimiento del brote ha producido un número específico de órganos florales, vuelve a iniciarse una continuación vegetativa del proceso, este ciclo se repite a lo largo del período de crecimiento. La tolerancia se incrementa a medida que la

planta crece y siempre que no haya factores limitantes la perdida de follaje se compensa rapidamente (Mendez, 2012).

Esta fase ocurre en los primeros 40- 45 dias. Este periodo finaliza cuando comienza el desarrollo de fruto (Flores, 2011).

2.6. Fase Reproductiva

Dependiendo de la variedad, condiciones y manejo del cultivo, la floracion y cuajado del fruto empieza alrededor de 20-40 dias despues del trasplante y continuan durante el resto del ciclo de crecimiento (Flores, 2011).

En la etapa de floracion produce abundantes flores terminales en la mayoria de las ramas, aunque debido al tipo de ramificacion de la planta, parece que fueran producidas en pares en las axilas de las hojas superiores (Mendez, 2012).

Las flores son hemafroditas, pero su habilidad de presentar polinizacion cruzada es mayor de lo esperado (Flores, 2011).

Cuando los primeros frutos empiezan a madurar, se inicia una nueva fase de crecimiento vegetativo y produccion de flores. De esta manera, el cultivo tiene ciclo de produccion de frutos que se traslapa con los siguientes ciclos de floracion y crecimiento vegetativo. Este patron de fructificacion da origen a frutos con distintos grados de madurez en la planta, o que usualmente permite cosechas semanales o bisemanales durante un periodo que oscila entre 6 a 17 semanas dependiendo del manejo que se de al cultivo (Mendez, 2012).

2.7. Descripcion de las características morfológicas

El *C. annuum* es una planta anual de zonas templadas y perenne en zonas tropicales, es muy variable, herbacea, sub arbustiva, algunas veces leñosas en base, erecta, muy ramificada, alcanza una altura de 1.0 a 1.5m, se cultiva como anual (Hernandez, 2003).

Una planta de ciclo intermedio con floración a los 50 días después del trasplante. Su maduración para el consumo es verde es de 100 a 120 días. La producción es concentrada y se obtiene regularmente en dos cortes (Hernández, 2003).

2.8. Importancia económica del chile jalapeño

El chile jalapeño (*Capsicum annuum L.*) es uno de los principales cultivos a nivel latinoamericano, donde actualmente se le ha dado valor agregado como ingrediente semi-procesado para la elaboración de un producto final. El chile jalapeño en salmuera, es uno de los productos que poseen una gran demanda en el mercado extranjero como Guatemala y Costa Rica, entre otros. Algunos de los procesos de valor agregado incluyen: en escabeche y encurtido (García, 2014).

Los principales países importadores son Alemania, Francia, Estados Unidos y Canadá, quienes representan el 70% del total de las exportaciones. En su mayor parte importan los tipos no picantes o dulces, utilizando parte para consumo y parte para procesarlo antes de exportarlo como producto envasado (García, 2014).

2.9 Estadísticas a nivel mundial

A nivel mundial, México ocupa el segundo lugar en producción con 1,853,610 toneladas, superado por China que produce doce veces más 12,531,000 toneladas (Puertos y Gastelu, 2011).

2.10. Estadísticas a nivel nacional

En México se siembran alrededor de 140,693 hectáreas aproximadamente, siendo los principales estados productores Veracruz, Delicias, Chihuahua, y en menor escala se cultivan también en los estados de Jalisco, Nayarit, Sonora, Sinaloa y Chiapas (Puertos, 2011). El país se clasifica en tres regiones productoras de chile jalapeño (Caro *et al.*, 2014). Las cuales son:

a) Region Norte y Noroeste. Alta tecnología. En general tienen buen rendimiento y productividad con base en la adopción de buenas tecnologías, tienen condiciones ambientales más o menos estables y adecuados canales de comercialización. En esta región sobresalen los estados de Chihuahua, Sinaloa, Sonora, Nayarit, Durango, Baja California, Baja California Sur y Sur de Tamaulipas, quienes producen chiles jalapeños *Capsicum annuum* L.v., *Capsicum annuum* L., serrano- *Capsicum annuum* cv. Entre otros, esta región está especializada en la producción de chile fresco para el consumo directo o la industria de proceso.

b) Region centro o Bajío. Mediana tecnología. Comprende zonas tradicionales de producción de chile para deshidratar (ancho mulato- *Capsicum annuum* L.v. Chile mulato; pasilla- *Capsicum annuum* L. var. *annuum* L.cv. pasilla, puya *Capsicum annuum*, guajillo- *Capsicum annuum* var. *annuum* L): aun cuando se observa un crecimiento de producir para el mercado de fresco. Por lo general tiene tecnología de producción y métodos de secado tradicional, lo que ocasiona que tengan bajo rendimiento y productos de mala calidad. Los estados comprendidos en esta región son Aguascalientes, Guanajuato, Puebla, San Luis Potosí, Zacatecas y Querétaro.

c) Region Sur y Sureste. Baja tecnología. Se siembra principalmente de seco y humedad residual, lo que origina alto riesgo e inestabilidad de la producción. En las regiones de Veracruz, Oaxaca, Campeche y Quintana Roo (productores de chile jalapeño- *Capsicum annuum* L.v. serranos, costeño y habanero- *Capsicum chinense* Jac.) algunos han disminuido su área o bien han permanecido estables: sin embargo, su rendimiento aun continúa siendo bajo y no compiten en el mercado exigente de productos de calidad. A pesar de esta situación presentan signos visibles de cambio tecnológicos.

No existe un factor que por sí solo garantice el éxito en el cultivo de chile verde en México. Es la conjugación de factores de diversas índoles los que hacen que el país sea una potencia en su producción entre estos los diversos tipos de clima, suelo variado y agua disponible, que hacen que cada región tenga sus características muy peculiares.

2.11. Estadística a nivel regional

En la región Lagunera, el cultivo de chile tiene gran importancia en la economía regional ya que es el principal cultivo hortícola durante el ciclo primavera verano con una superficie sembrada 1,074 ha y un rendimiento promedio de 11 ton/ ha. Un estímulo para la producción orgánica es el sobre- precio que se paga de 25-40% dependiendo del producto y mercado (Martínez, *et al.*,2014).

2.12. Solución nutritiva convencional.

La nutrición juega un papel importante en el ciclo biológico de las plantas cultivadas bajo invernadero. Los aspectos más importantes de la solución nutritiva son: la relación mutua entre los aniones y entre los cationes, la concentración de nutrientes expresada con la conductividad eléctrica (CE), el Ph, la relación NO_3^- : NH_4^+ y la temperatura. La relación mutua entre los aniones y entre los cationes debe corresponder a la que demandan las plantas, estas relaciones deben ser modificadas en cada etapa fenológica de la misma. La CE influye en la nutrición de las plantas, a CE mayores que 6 Ds m^{-1} se induce diferente absorción entre los nutrientes y, por lo tanto, desbalance entre estos; pero una CE menor que 2 Ds m^{-1} , es deficiente, sobre todo en los lugares o temporadas frías. El Ph de la solución nutritiva determina la solubilidad de algunos nutrientes, principalmente de P y Ca^{2+} , para evitar su precipitación, el Ph debe ser mantenido entre 5.5 y 6.0. La relación NO_3^- : NH_4^+ afecta la calidad y la producción de frutos del cultivo (Urrestarazu, 2000).

La solución de Steiner (1961) es la más utilizada en la mayoría de los cultivos, una de las razones es por considerarse equilibrada entre aniones y cationes, reflejándose en buenos rendimientos manteniendo la calidad del producto, esta compuesta de 12(NO_3^-), 1 (H_2PO_4^-), 7 (K^+), 9 (Ca^{2+}) Y 4 (Mg^{2+})meq L⁻¹.

2.13. Te de composta

El estiércol producido en las regiones ganaderas es una fuente potencial de contaminación ambiental, debido al manejo inadecuado y la aplicación excesiva en suelo agrícolas (Capulin *et al.*, 2001). Una opción para disminuir este problema es reutilizar el estiércol para la elaboración de composta (Lamas *et al.*, 2003).

Estos materiales representan una alternativa ecológica para satisfacer la demanda nutrimental de los cultivos y sustituir el uso de fertilizantes inorgánicos, especialmente en cultivos orgánicos (Rippy *et al.*, 2004).

Se ha comprobado que el uso de compostas puede satisfacer los requerimientos nutrimentales del cultivo de tomate en invernadero durante los primeros dos meses después del trasplante (Raviv *et al.*, 2004).

No obstante, después de este tiempo, el cultivo manifiesta deficiencias nutrimentales, principalmente de nitrógeno (Marquez y Cano, 2004). Lo anterior puede deberse a la baja tasa de mineralización del nitrógeno en compostas (Eghball, 2000).

El te de composta es la solución resultante de la fermentación aeróbica de composta en agua, puede utilizarse como fertilizante, debido a que contiene nutrimentos solubles y microorganismos beneficios (Ingham, 2005).

Esta solución puede ser aplicada a través de sistemas de riego presurizado, por lo que su uso puede adaptarse en sistemas de producción orgánica de cultivos bajo condiciones de invernadero (Rippy, 2004).

Se ha utilizado para prevenir enfermedades, tanto en aspersión foliar (Ingham *et al.*, 2005). Como aplicación directamente al sustrato que se utilizara (Scheurell y Mahaffee, 2004).

2.14. Microorganismo en el suelo

Se conocen muchos microorganismos del suelo, y se pueden distinguir claramente en procariotas (bacterias y algas azul verdosas) y eucariotas (hongos, algas y protozoos). Son los componentes mas importantes del suelo, siendo la parte viva y los responsables de la dinamica de transformacion y desarrollo. Entre los beneficios del uso de microorganismos en la agricultura estan: su capacidad de fijar nitrogeno atmosferico, la descomposicion de residuos organicos, la desintoxicacion con plaguicidas, la supresion de enfermedades en las plantas, el aporte de nutrientes al suelo y la produccion de compuestos bioactivos como vitaminas y hormonas que estimulan el crecimiento de las plantas (Martinez 2002).

2.15. Biofertilizantes

El campo necesita utilizarse de forma responsable y sustentable a traves de tecnologias que favorezcan la productividad y la calidad de los cultivos, utilizando de forma optima los insumos requeridos, reduciendo costos. Todos estos aspectos pueden ser impactados a traves del uso de los biofertilizantes.

Los biofertilizantes se clasifican en dos grupos: de accion directa e indirecta. Los primeros agrupan microorganismos que habitan en algun componente de los tejidos vegetales, y por ellos la accion benefica se realiza en la planta y no en su medio circundante, es el caso de la fijacion biologica de nitrogeno (FBN) y las micorrizas. En tanto, en la accion indirecta la biofertilizacion es aprovechada primero por el suelo y lo transmite hacia los cultivos, por medio de la solubilizacion de nutrientes como el fosforo (Pizzani *et al.*, 2009).

En la agricultura el nitrogeno es el principal nutriente para el crecimiento de las plantas. A pesar e que el 78% del aire sea nitrogeno del aire sea nitrogeno gaseoso, no puede ser aprovechado por las plantas, por lo que se requiere de un proceso para que sea transformado en una presentacion de facil asimilacion para la raiz de la planta como son: nitritos, nitratos y amonio. La enzima nitrogenasa se encarga de transformar (fijar) el nitrogeno gaseoso en amonio, este proceso es conocido como fijacion biologica de nitrogeno (FBN) de acuerdo a Elein, 2005.

2.16 Género *Azospirillum*

Esta especie fue descubierta en 1922 por Beijerinck se le llamo inicialmente *Spirillum Lipoferum*. Estas bacterias son bacilos ligeramente curvados a menudo con puntos en los extremos, gram negativos, móviles, esmicroaerofilicas con diámetro celular es de 1 um y pH de crecimiento entre 6.8 y 7.8 aproximadamente (Pereira *et al.*, 2009). Actualmente son reconocidas 7 especies en el género *Azospirillum*; *Lipoferum*, *A. brasilense*, *A. amazonense*, *A. halopraeferans*, *A. irakense* y *A. largimovile Adobereinerae* (Ecker *et al.*,2001).

Katzi E. (2001) reporto que esta bacteria puede ser de vida libre con las raíces de los cereales, pastos y plántulas tuberosas. *Azospirillum sp* ha sido el objetivo de numerosos estudios por su capacidad de fijar nitrógeno asociado con las raíces de diversos cultivos de importancia agronómica, (Russo *etal.*, 2008; Pereira *et al.*,2009; Cohen *et al.*, 2008).

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de *Azospirillum*

Reino	<i>Procaryote</i>
División	<i>Gracilicute</i>
Clase	<i>Scotobacteria</i>
Familia	No existe
Género	<i>Azospirillum</i>
Especie	<i>lipoferum,brasilense,amazonense,haloproferenses, irakenses.</i>

Fuente: Bergey (1984)

2.17 La rizosfera

La rizósfera es el volumen de suelo adyacente al sistema de raíces de las plantas, es influenciado por los exudados de raíz y mide aproximadamente cinco milímetros (Raina, *et al.*, 2000: Kennedy, 2005) y en que se desarrolla una población microbiana muy superior a la del resto del suelo (Fuentes, 2007). En la

práctica cuando se muestrea en campo se colecta la raíz con suelo adherido a ella.

En los últimos años la rizósfera ha sido objeto de interés científico por ser un hábitat donde se desarrolla un sin número de procesos biológico, importante como para los microorganismos como para las plantas. Uno de los ejemplos más conocidos es la simbiosis leguminosa-Rhizobium que forman los muy conocidos nódulos, una nueva estructura vegetal bien organizada y funcionalmente regulada (Carrera, 2012)

2.18. Colonización del sistema radical por *Azospirillum*

La planta secreta hacia la rizósfera exudados que atraen a muchos microorganismos, como las rizobacterias. La movilidad y la quimiotaxis de estas bacterias permiten que se muevan hacia la raíz, donde se benefician de los exudados como fuente de carbono y a su vez benefician el crecimiento de la planta. El establecimiento de *Azospirillum* en la raíz de la planta es una etapa crítica para promover el crecimiento vegetal, y además depende del genotipo de ambos actores. Coloniza la superficie de la raíz, el interior y el exterior del córtex (Patriquin *et al.*, 1983).

2.19. Fijación de Nitrógeno por *Azospirillum*

El nitrógeno se localiza en el suelo procede de la atmosfera, pero el N₂ atmosferico no puede ser utilizado directamente por los seres vivos salvo en el caso de algunos microorganismos (Villalobos *et al.*, 2002). Para que el nitrógeno atmosferico sea absorbido por las plantas, este tiene que formar parte de otros compuestos quimicos, este proceso se le llama fijacion (Fuentes, 2002).

Considerandose la capacidad de *Azospirillum* para asociarse con plantas de interés agricola, asi como su capacidad para fijar N₂ en medios de cultivos, por lo que se realizaron pruebas para verificar que el *Azospirillum* no causa sintomas

visibles de enfermedad sobre la raíz u hojas de plantas de trigo, algodón o tomate (Bashann, 1998).

2.20. Importancia Biológica de *Azospirillum*

El efecto de la inoculación de *Azospirillum* sobre el rendimiento total aumenta generalmente con el crecimiento de las plantas y está en un rango de 10 – 30 % (Bashan y Vázquez, 2000). Se demuestra la efectividad agrobiológica de *Azospirillum brasilense* a partir del estímulo positivo ejercido en el incremento y estado nutricional de las plantas, así como el rendimiento agrícola del cultivo; y se establece con un alto nivel poblacional de rizosfera de plantas inoculadas (Alonso, 2005).

Dos variables básicas que contribuyen a la respuesta del rendimiento a la inoculación son los cultivares los cuales muestran respuestas diferentes a la inoculación y al nivel de fertilización nitrogenada (Schloter y Hartmann, 1998).

2.21. Actividad de la Bacteria

2.21.1 La fijación de *Azospirillum*

La fijación del *Azospirillum sp*, es microaerofílica, esta fue aislada de la raíz de varios cereales y forrajes de pasto en Nagano, Okinawa, Filipinas y Tailandia. Mayoría de las especies de *Azospirillum sp*, aislados mostraron ser del tipo *A. brasilense*, el cual no puede utilizar al carbón como única fuente de glucosa. Cuando se usaron estos inóculos aislados promovieron notablemente el desarrollo de las raíces y brotes de maíz (El *et al.*, 2005).

2.22 Distribución y Aislamiento

El género *Azospirillum* muestra distribución geográfica amplia alrededor del mundo, siendo más abundante en las regiones tropicales, aunque también se encuentran en las regiones tropicales, aunque también se encuentran en regiones templadas, frías y desérticas (Barassi *et al.*, 2006). El medio de cultivo usado por

excelencia para el enriquecimiento de las especies de *Azospirillum* ha sido el NFB semigelificado “libre” de nitrógeno y con malato como fuente de carbono. Medios de laboratorio, al que se le añade color rojo congo en que este medio de cultivo *Azospirillum brasilense* y toma un color rojo escarlata que permite la diferenciación de otros géneros bacterianos (Pereyra *et al.*, 2009).

2.23 Métodos para inocular la bacteria

Actualmente se aplican algunos métodos para inocular *Azospirillum*. El más simple es aplicando las bacterias en suspensión líquida, ya sea directamente al suelo o a las semillas. Esta técnica ha sido utilizada en numerosos experimentos de invernadero y de campo abierto, pero resulta ser inadecuado puesto que el tiempo de sobrevivencia de *Azospirillum* en suelo es relativamente corto en ausencia de un acarreador. Los mejores resultados en rendimiento han sido obtenidos a partir de turba vertido por goteo al surco o distribuyendo el inoculante de turba granular al momento de la siembra. (Vega, 2015)

También se puede realizar mediante la producción de microesferas o microencapsulados bacterianos en una matriz de alginatos y liofilizados. De esta manera se satisfacen, los requerimientos de un inoculante bueno y práctico, es un acarreador químicamente inerte similar al polvo de mármol, arena o carbonato de calcio, seco, fácil de usar, uniforme, biodegradable por los organismos del suelo, de naturaleza no tóxica, que contiene una población bacteriana basta y uniforme, permite la liberación gradual de las bacterias durante periodos largos hasta un mes y puede ser producido a esa gran escala (Bashan *et al.*, 1996).

2.24. Inoculación y Respuesta Agronómica

Inicialmente *Azospirillum* fue probado 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).

Los biofertilizantes permiten poner al alcance de los agricultores, productos con alta efectividad, con los que se sustituye hasta el 50% del fertilizante nitrogenado industrial, en el caso de los fijadores asociativos, y hasta el 80% en el caso de los simbióticos, mientras que los organismos solubilizadores de fósforo, permiten sustituir el 70% del fertilizante fosfórico. Además de los rendimientos en productos agrícolas comerciales se incrementa hasta el 30% por el efecto de las sustancias activas sintetizadas por las bacterias fijadoras y asociativas (Pereyra *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 y de Bashan., 2010). Se demostró que la inoculación de *A. brasilense* en semillas tienen 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 inducir 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).

Askary *et al.*, (2009) mencionan que la inoculación de la combinación de *Azospirillum brasilense* con *Rhizobium meliloti* incrementan el rendimiento de grano de trigo hasta un 53% y de un 22% en el peso de la planta, además de un 29% con la simple inoculación de *Azospirillum*, encontrando incrementos del 22.8% en el contenido de nitrógeno en el grano de trigo y de 59.5% en el contenido de fosforo y 34% en el contenido de potasio, al ser comparados con el testigo de la cepa sin inocular.

Al estudiar diferentes vías de inoculación en el cultivo de la lechuga, bajo condiciones de organopónico con bajo nivel de reposición de materia orgánica, la aplicación de *Azospirillum brasilense* tiene una influencia positiva sobre este cultivo y que el mejor método de aplicación del biofertilizante es directamente al suelo en una dosis de 40 L ha⁻¹ (Díaz *et al.*, 2003).

El nivel de inoculación óptimo para 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^{10} UFC mL⁻¹ generalmente inhibe el desarrollo radicular (Cárdenas *et al.*, 2010).

Molina *et al.* (2009), sugiere que la mezcla de diferentes cepas de *Azospirillum* también es una buena alternativa al inocular semillas de tomate cherry a una concentración de 10^9 UFC ml⁻¹, ya que promueven la germinación y aumenta el contenido de materia seca en plántulas.

Al seleccionar el género microbiano predominante en la rizosfera, se inoculo y se evaluó el efecto en respuesta del cultivo, y reporta que los géneros *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus* y *Streptomyces*, forman parte de la comunidad microbiana de la rizosfera del tomate, en las condiciones estudiadas, y que *Azospirillum* es el género dominante. La inoculación artificial de esta rizobacteria causo 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).

Por su parte Askary *et al.* (2009), obtienen que la inoculación simple con *Azospirillum* incrementan el rendimiento de trigo en grano en 53.8% comparado con el testigo y de 22.8% de nitrógeno, de 59.5% en fosforo y de 34% de potasio.

Elein *et al.* (2005), reportan que la inoculación artificial de *Azospirillum* causo un efecto positivo sobre el crecimiento y estado nutricional de las plantas de tomate, con un rendimiento agrícola superior a un 11% con respecto a las plantas testigo. Se obtuvo un alto nivel poblacional en la rizosfera de las plantas inoculadas.

En otro trabajo Arzanesh (2010) y colaboradores encontraron que *Azospirillum* incrementa el rendimiento de avena y la tolerancia a factores de estrés.

Reyes *et al.* (2008), encontraron que *Azospirillum* al ser inoculado a semillas de pimienta aumento la germinación y el peso seco. Además del

contenido de nitrógeno. En maíz presento una tendencia más selectiva que el pimiento en la germinación y se corroboró la promoción del crecimiento

Kim *et al.* (2010), reportan en un trabajo de investigación para verificar la eficiencia de *Azospirillum* que esta bacteria incrementa el crecimiento y la absorción de nutrientes en pimiento rojo, tomate y arroz bajo condiciones de invernadero, excepto para la longitud de raíz de pimiento rojo, tomate y arroz.

2.25 Ventajas del uso de *Azospirillum*

- Esta especie de bacteria es una alternativa emergente a los fertilizantes químicos inorgánicos para incrementar la fertilidad y producción de los cultivos en agroecosistemas sustentables (Wu, *et al.*, 20005).

- El uso de *Azospirillum* produce reguladores de crecimiento como auxinas, ácido indolacético (AIA), citocininas, y proteínas como poliamina, fijan nitrógeno. Incrementan el crecimiento radicular, además son capaces de acelerar y potenciar el crecimiento de las plantas (Villegas, *et al.*, 2010; Cassan, *et al.*, 2009).

- El género de la bacteria favorece la tasa de germinación (Bashan y Bashan, 2005).

- Estos bacilos participan en diversos procesos del ecosistema, que incluyen el reciclaje, solubilización, descomposición y mineralización de compuestos orgánicos y la translocación de bioproductos y elementos minerales que conllevan la movilización de los nutrientes en el ecosistema suelo planta (Bare *et al.*, 2005). Disuelven y mineralizan los fosfatos, producen cantidades de sideróforos y antibióticos (Vessey, 2003).

- Los efectos beneficiosos del *Azospirillum* en el rendimiento y la reducción de la fertilización nitrogenada es importante para la agricultura y significativo en el cuidado del ambiente (Fisher *et al.*, 2007; Spaepen. *et al.*, 2008).

- El uso de la bacteria crea una barrera protectora contra hongos y bacterias patógenas en la raíz de la planta, por lo que esta crece más sana y fortalecida

(Russo *et al.*, 2008; Cascan *et al.*, 2009), debido a la capacidad de producirse en grandes cantidades bajo condiciones de alta humedad relativa, desplazan a los patógenos por la competencia generada o por la fortaleza fisiológica que adquiere la planta (Bashan y Bashan, 2002).

- *Azospirillum* produce enzimas que solubilizan los fosfatos y los hacen más accesibles a la planta, así como factores que facilitan la absorción de oligoelementos (Bashan y Bashan, 2005).

- Se ha logrado demostrar que las bacterias resisten mejor a las condiciones de sequía y los climas áridos ya que se forman alginitos en las raíces de las plantas (Bashan y Bashan, 2005; Arzanesh, *et al.*, 2010).

- El uso de esta bacteria aumenta la tolerancia a factores que originan estrés (Bashan y Bashan, 2005; Arzanesh *et al.*, 2010) puesto que las plantas responden a los mecanismos de estrés a nivel celular y molecular, limitando el crecimiento y rendimiento (Pereyra, *et al.* 2006).

- El efecto favorable de *Azospirillum*, produce un mayor desarrollo del sistema radical, traducido en mayor superficie de absorción de agua y nutrientes así como un mayor desarrollo de la parte aérea de la planta (Lirano, *et al.*, 2005), teniendo potencial para emplearse en la producción de plántulas de interés hortícola (Díaz, *et al.*, 2001).

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica de la Comarca Lagunera

La ciudad de Torreón se localiza en la región conocida como la Comarca Lagunera. Se ubica entre los meridianos $101^{\circ}41'$ y $101^{\circ}61'$ W de longitud Oeste y los paralelos $24^{\circ}59'$ y $26^{\circ}53'$ latitud norte. La altura promedio de esta región es de 1,140 msnm (CNA, 2002).

3.2. Ubicación del proyecto

El experimento se realizó en un invernadero del departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL ubicada en carretera Santa Fe km 4, Torreón, Coahuila México.

Se realizó en un invernadero semicircular cubierto con plástico transparente y malla sombra al 50%, con estructura metálica. Cuenta con un sistema de

enfriamiento automatizado compuesto por una pared húmeda, cuatro ventiladores en el techo y dos extractores en la parte frontal. Con dimensiones de: 9 metros de ancho, 23 m de largo y 4.5 m de alto; cuenta en el interior con piso de grava.

3.3. Clima

El clima es caluroso con lluvia deficiente en el año, la temperatura promedio fluctúa entre los 28 y 40° C, pero puede alcanzar los 48° C en el verano, 8° C en invierno y una humedad del 38% (Mendoza, 2012)

3.4. Descripción del material experimental

El material genético utilizado durante el experimento fue Chile Jalapeño Var. Mitla, existen variedades de clima frío y clima tropical. Es una planta anual con flores perfectas autopolinizables. Frecuentemente polinizadas por insectos. La planta es vigorosa, tallos gruesos, hoja brillante de color verde oscuro, el amarre de fruto es sobresaliente, entrenudos cortos con frutos verdes brillantes de porte mediano a grande que van desde los 7 hasta los 10 cm. dependiendo del manejo del cultivo, tiene una larga vida de anaquel recomendado para el consumo fresco y la industria.

3.5. Descripción de los tratamientos

Se utilizaron cuatro tratamientos con nueve repeticiones, tal y como se explica en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Tratamientos establecidos en invernadero en el cultivo de chile.

Tratamiento	Dosis
<i>Azospirillum</i>	10 ⁹ UFC mL ⁻¹
<i>Azospirillum</i>	10 ⁸ UFC mL ⁻¹
<i>Azospirillum</i>	10 ⁷ UFC mL ⁻¹
Testigo Steiner	Solución General

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, donde cada maceta se consideró como una unidad experimental.

3.6 Establecimiento del experimento

3.6.1 Siembra

Esta etapa se realizó bajo condiciones de invernadero, las semillas de chile jalapeño (*Capsicum annuum L.* variedad M) fueron sembradas el 20 de febrero del 2016 en charola de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato peat moss (Premier®).

3.6.2 Trasplante

Las plántulas se trasplantaron 30 días después de la siembra (DDS) cuando las plantas tenían dos hojas verdaderas. El material que se utilizó como contenedor fueron bolsas tipo vivero de 20 kg. De color negro calibre 400.

3.6.3 Aplicación de la Bacteria

A los 7,20,45 y 60 días después del trasplante (DDT) se realizaron las aplicaciones de la bacteria *Azospirillum* disolviendo la dosis de cada tratamiento en 10 L de agua el cual se le aplicó 1L por cada unidad experimental, las concentraciones de inóculo fueron 10^9 , 10^8 y 10^7 UFC mL⁻¹. Al testigo no se le aplicó ya que estaba basado en solución nutritiva Steiner,

3.6.4 Fertilización del cultivo

Se tomó como base la solución nutritiva recomendada por Steiner (1961) para el tratamiento testigo, los siguientes tres tratamientos fueron a base de té de vermicompost aplicando un litro o dos litros por día dependiendo de las

condiciones climáticas desde el trasplante hasta la floración luego ya solo se aplicó un litro a los dos días.

Se realizaron las modificaciones para obtener los tratamientos como se muestra en el cuadro 4. De la misma manera se tomo en cuenta los resultados obtenidos en un análisis de agua cuadro 4.

Cuadro 4. Fórmula original de solución nutritiva Steiner

NO ₃	H ₂ PO ₄	SO ₄ ⁻²	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
12	1	7	7	9	4

Cuadro 5. Análisis del agua empleada en la evaluación de producción de Chile con fertilización biológica y el testigo con solución nutritiva Steiner en invernadero ciclo primavera-verano 2017. UAAAN 2017

Contenido de agua	Concentraciones Meq/L
Nitratos (NO ₃ ⁻)	0.59
Fosfato (H ₂ PO ₄)	0
Sulfato(SO ₄)	4.24
Bicarbonato(HCO ₃)	1.79
Cloruros(CL ⁺)	3.64
Potasio(K ⁺)	0.01
Calcio(Ca ⁺⁺)	6.86

Magnesio (Mf ⁺⁺)	0.16
Amonio (NH ₄ ⁺)	0
Sodios (Na ⁺)	2.2

En base a la solución nutritiva de Steiner se preparó la solución para el tratamiento testigo, se utilizaron tambos de 200 litros. En los cuales se agregaron los fertilizantes que a continuación se mencionan, partiendo de los cálculos realizados para aplicarlos en gramos (g) por litro (L), como se muestra en el cuadro 4. En seguida se agitó constantemente hasta que se equilibrar la C.E (2 a 2.5 dS) y luego se midió el pH logrando tener un rango de 5.5 a 6.5

Cuadro 6. fertilizantes utilizados para la preparación de Solución nutritiva Steiner en el cultivo de chile en invernadero en ciclo primavera-verano 2017. UAAAN-UL 2017.

Porcentaje (%)	Cantidad agua litros (L)	Nitrato de calcio Ca(NO ₃) ₂	Nitrato de potasio KNO ₃	Nitrato de magnesio MgNO ₃	Sulfato de magnesio MgSO ₄	Ácido fosfórico (ml)
100%	200	46.36	144.57	54.49	42.94	13.4

3.6.5 Plagas y Enfermedades

Las plagas que se presentaron durante el desarrollo del cultivo fueron: mosquita blanca (*Bemisia Tabaci*) araña roja (*Tetranychus Urticae*) y trips (*Frankliniella occidentalis*). La enfermedad que se presento fue la cenicilla (*Leveillulataurica*) la cual se mantuvo el control con la aplicación del fungicida Triamdefon (Bayleton).

Cuadro 7. Productos utilizados para el control de plagas e la evaluación de la producción de chile con fertilización biológica en invernadero, ciclo primavera-verano 2017. UAAAN-UL 2017.

PLAGA	PRODUCTO APLICADO	DOSIS DE APLICACIÓN
Mosquita blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)	flonicamid, imidacloprid + betacyflutrín	1/ ha
Trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>)	Diazinón	1/ ha

3.7. Cosecha

La primera cosecha se realizó cuando la mayoría de los frutos ya presentaba las primeras rayas en el fruto y un color verde oscuro, la segunda cosecha se realizó a los 25 días después de la primera cosecha.

3.8 Variables evaluadas

3.8.1 Altura de planta

Se midió a partir de la base del tallo a la parte apical. La medición se realizó utilizando como instrumento de medición una cinta métrica, esta actividad se realizó cada semana después del trasplante, los datos se reportaron en centímetros cm.

3.8.2 Numero de frutos por planta

Se contabilizó los frutos por planta que se evaluaron en el primer y segundo corte que se realizó.

3.8.3 Peso fresco

Después de la última cosecha se tomaron 5 plantas al azar de cada tratamiento, se separaron las hojas, tallo y raíz para posteriormente meterlo en una bolsa de papel y así poderlo pesar en la báscula de precisión.

3.8.4 Peso seco

Luego de haber obtenido el peso fresco se cerraron las bolsas de papel y se dejó en el invernadero aproximadamente 20 días, cada semana se observaba el proceso de secado para ya al final volverlas a pesar en la báscula de precisión.

3.9 Variables para calidad de fruto

3.9.1 Peso del fruto

Los frutos fueron cosechados cuando ya tenían la madurez adecuada, se evaluó el peso apoyado con una balanza de precisión, los datos se reportaron en g.

3.9.2 Largo del fruto

Se midió de extremo a extremo el fruto, con una regla de 30 cm. Los datos se reportaron en cm.

3.9.3 Diámetro ecuatorial

La medición se realizó con un vernier tomando como base la parte central de fruto midiendo de extremo a extremo de todos los chiles cosechados de cada repetición y su medición estuvo expresado en g.

3.9.4 Grosor de la pulpa

Esto se realizó haciendo un corte por la parte central del fruto por donde se ubican los lóculos del chile jalapeño y con el vernier se midió el grosor de la pulpa lo cual las medidas estuvieron expresados en cm.

3.10 Herramientas de medición

Para tomar los datos de algunas variables como diámetro ecuatorial, grosor de pulpa, altura de planta, peso seco, peso fresco, peso del fruto y largo del fruto se utilizaron los siguientes materiales: Cinta métrica, vernier, báscula de precisión, cuchillo y regla milimétrica.

3.11 Análisis estadísticos

El análisis de varianza para variables evaluadas se realizó con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS). Mediante el método de ANOVA además de la prueba de comparación de medias Tukey ($P \leq 0.05$).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Altura de la planta

El análisis estadístico muestra que el crecimiento de la planta a partir de los 24 y hasta los 70 Días Después del Trasplante (DDT) presento diferencia significativa entre tratamientos, como se observa en cuadro 8; destacando *Azospirillum* 10^9 UFC mL⁻¹ y el testigo Solución Nutritiva Steiner (SNS), que son estadísticamente iguales y diferentes al T₃*Azospirillum* 10^7 UFC mL⁻¹. A partir de los 78 DDT, todos los tratamientos se comportan de forma similar.

Canto *et al.* (2004), mencionan que la inoculación de plantas con *Azospirillum* induce cambios significativos en varios parámetros de crecimiento, tales como la aceleración de la germinación y aumento de la biomasa aérea de la planta.

El efecto de promoción de crecimiento vegetal por *Azospirillum* parece ser parcialmente debido a la producción de giberelinas, como ocurre con otras Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (PGPR) (Bottini *et al.*, 2004).

Anu *et al.* (2005), encontró un incremento en el tallo de *Capsicum annum* L., al ser inoculados con *Azospirillum*, en comparación con la fertilización química.

Cuadro 8. Altura de la planta (cm) resultado de la evaluación de producción de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) con fertilización biológica en invernadero. UAAAN-UL. 2017.

Tratamientos	24 DDT (cm)	32DDT (cm)	40DDT (cm)	47 DDT (cm)	55 DDT (cm)
<i>Azospirillum</i> 10 ⁹ UFC mL ⁻¹	32.400 a	33.350 a	35.200 a	39.000a	46.800a
<i>Azospirillum</i> 10 ⁸ UFC mL ⁻¹	27.850 ab	28.900ab	30.100ab	33.950ab	38.450ab
<i>Azospirillum</i> 10 ⁷ UFC mL ⁻¹	23.750 b	24.750 b	26.000b	29.850 b	34.950b
Testigo Solución nutritiva Steiner	33.050 a	34.300 a	34.900a	39.000 a	42.800ab
	62 DDT (cm)	70DDT (cm)	78 DDT (cm)	86DDT (cm)	96 DDT (cm)
<i>Azospirillum</i> 10 ⁹ UFC mL ⁻¹	48.550a	50.100a	52.000a	54.850a	57.200a
<i>Azospirillum</i> 10 ⁸ UFC mL ⁻¹	41.550ab	43.200ab	44.550a	48.550a	47.800a
<i>Azospirillum</i> 10 ⁷ UFC mL ⁻¹	36.550b	38.700 b	41.900a	47.100a	51.400a
Testigo Solución nutritiva Steiner	44.550ab	47.050ab	49.150a	50.600a	51.550a

Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey al 0.05.

4.2. Numero de fruto por planta

Como puede observarse en el cuadro 9 en relación a la prueba de comparación de medias Tukey ($p \leq 0.05$) en el número de frutos por planta no se presentó diferencia significativa entre los tratamientos. El promedio general de número de frutos por planta fue de 2.8.

Puede observarse también, que numéricamente sobresale *Azospirillum* 10^9 UFC mL⁻¹ con un valor promedio de 3.8 frutos por planta.

Cuadro 9. Frutos por planta (n) resultado de la evaluación de producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) con fertilización biológica en invernadero. UAAAN-UL. 2017.

Tratamientos	Frutos por planta(n)
<i>Azospirillum</i> 10^9 UFC mL ⁻¹	3.8000 a
<i>Azospirillum</i> 10^8 UFC mL ⁻¹	2.200 a
<i>Azospirillum</i> 10^7 UFC mL ⁻¹	2.5000 a
Testigo Solución nutritiva Steiner	2.800 a

Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey al 0.05.

4.3. Calidad del fruto

4.3.1. Largo del fruto

En relación a la prueba de comparación de medias Tukey ($P \leq 0.05$) en la variable largo del fruto no se presentó diferencia significativa entre los tratamientos. El promedio general del largo del fruto fue de 4.1 cm.

Puede observarse en el cuadro 10, que numéricamente el testigo con Solución Nutritiva Steiner sobresale con un valor promedio de 5.8 cm del largo del fruto, mientras que el valor más bajo de 1.5 cm se obtuvo con *Azospirillum* 10^7 UFC mL⁻¹.

Cuadro 10. Largo de fruto (cm) resultado de la evaluación de producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) con fertilización biológica en invernadero. UAAAN-UL. 2017.

Tratamientos	Largo del fruto(cm)
<i>Azospirillum</i> 10^9	4.760 a
<i>Azospirillum</i> 10^8	4.320 a
<i>Azospirillum</i> 10^7	1.580 a
Testigo Solución nutritiva Steiner	5.840 a

Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey al 0.05.

4.3.2. Peso del fruto

En la Variable peso del fruto en relación a la prueba de comparación de medias Tukey ($P \leq 0.05$) no se presentó diferencia significativa entre los tratamientos. El promedio general de los tratamientos con la variable peso del fruto fue de 11. 5 g. Sin embargo, numéricamente, el testigo Solución Nutritiva Steiner sobresale presentando un valor promedio de 14.3 g y el valor más bajo de 4.8 g se presentó con *Azospirillum* 10^7 UFC mL⁻¹ como puede observarse en el Cuadro 11.

Resultados similares reportan Naiman *et al.* (2009), quienes no encontraron efectos significativos al utilizar la Bacteria Promotora del Crecimiento Vegetal (PGPB) en trigo.

Cuadro 11. Peso del fruto (g) resultado de la evaluación de producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) con fertilización biológica en invernadero. UAAAN-UL. 2017.

Tratamientos	Peso del fruto(g)
<i>Azospirillum</i> 10 ⁹ UFC mL ⁻¹	13.200 a
<i>Azospirillum</i> 10 ⁸ UFC mL ⁻¹	14.000 a
<i>Azospirillum</i> 10 ⁷ UFC mL ⁻¹	4.800 a
Testigo Solución nutritiva Steiner	14.300 a

Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey al 0.05.

4.3.3. Diámetro ecuatorial

Como puede observarse en el cuadro 12 en relación a la prueba de comparación de medias Tukey ($P \leq 0.05$) en la variable diámetro ecuatorial no existió diferencia significativa entre los tratamientos. El promedio general del diámetro ecuatorial fue de 1.1 cm.

Puede observarse numéricamente que el valor más sobresaliente es el T₁ *Azospirillum* 10⁹ UFC mL⁻¹ con un valor promedio de 1.4 cm.

Cuadro 12. Diámetro de fruto (cm) resultado de la evaluación de producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) con fertilización biológica en invernadero. UAAAN-UL. 2017.

Tratamientos	Diámetro ecuatorial(cm)
<i>Azospirillum</i> 10 ⁹ UFC mL ⁻¹	1.4100 a
<i>Azospirillum</i> 10 ⁸ UFC mL ⁻¹	1.3400 a
<i>Azospirillum</i> 10 ⁷ UFC mL ⁻¹	0.4100 a
Testigo Solución nutritiva Steiner	1.3400 a

Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey al 0.05.

4.3.4. Grosor de la pulpa

En la variable grosor de pulpa en relación a la prueba de comparación de medias Tukey ($P \leq 0.05$) no existió diferencia significativa entre tratamientos, el promedio general fue de 1.1 mm. Numéricamente el testigo Steiner obtuvo el mayor valor, con 1.6 mm. (Cuadro 13).

Cuadro 13. Grosor de la pulpa (cm) resultado de la evaluación de producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) con fertilización biológica en invernadero. UAAAN-UL. 2017.

Tratamientos	Grosor de la pulpa (mm)
<i>Azospirillum</i> 10^9 UFC mL ⁻¹	1.2000 a
<i>Azospirillum</i> 10^8 UFC mL ⁻¹	1.2000 a
<i>Azospirillum</i> 10^7 UFC mL ⁻¹	0.4000 a
Testigo Solución nutritiva Steiner	1.6000 a

Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey al 0.05.

4.4. Peso fresco

De acuerdo al cuadro 15 en relación a la prueba de comparación de medias Tukey ($P \leq 0.05$) en la variable peso fresco de la planta no se presentó diferencia significativa. El promedio general de peso fresco de los tratamientos fue 81.0 g.

Puede observarse que sobresale el T₁ *Azospirillum* 10^9 presentando un valor promedio de 91.6 g y el valor más bajo se presentó en el T₃ *Azospirillum* 10^7 UFC mL⁻¹ que fue de 70.2 g.

Ribaudo *et al.* (2006), reportan resultados obtenidos con la inoculación de *Azospirillum brasilense* FT 326 en tomate, señalan que obtuvieron un incremento en el peso fresco de la raíz, mayor longitud de los pelos radiculares, mayor superficie radicular y que el contenido de dos fitohormonas relacionadas con el

crecimiento vegetal. Este resultado difiere de lo encontrado en el presente trabajo de investigación.

El efecto favorable de *Azospirillum*, produce un mayor desarrollo del sistema radical, traducido en mayor superficie de absorción de agua y nutrientes así como un mayor desarrollo de la parte aérea de la planta y por lo tanto genera un mayor peso de la materia fresca (Liriano, *et al.*, 2005)

Cuadro 14. Peso fresco de tallo, hojas y raíz (g) resultado de la evaluación de producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) con fertilización biológica en invernadero. UAAAN-UL. 2017.

Tratamientos	Peso fresco (gr)
<i>Azospirillum</i> 10 ⁹ UFC mL ⁻¹	91.600 a
<i>Azospirillum</i> 10 ⁸ UFC mL ⁻¹	81.800 a
<i>Azospirillum</i> 10 ⁷ UFC mL ⁻¹	70.200 a
Testigo Solución nutritiva Steiner	80.600 a

Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey al 0.05.

4.5. Peso Seco

Se puede observar en el cuadro 14, de acuerdo al análisis estadístico para la variable materia seca no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos. El promedio general de los tratamientos para la variable peso seco es de 18.15 g.

Puede observarse también, que numéricamente sobresale el T₁ *Azospirillum* 10⁹UFC mL⁻¹ con un valor promedio de 22.0 g.

Tales resultados coinciden con lo reportado por Molina *et al.*, (2009) quienes sugieren que la mezcla de diferentes cepas de *Azospirillum* también es una buena alternativa al inocular semillas de tomate cherry a una concentración de 10⁹ UFC (Unidades Formadoras de Colonia) mL⁻¹, ya que promueven la germinación y aumenta el contenido de materia seca en plántulas.

Canto Marin *et al.* (2004), observaron un incremento significativo en el peso seco aereo en plantulas de chile habanero al ser inoculadas con *Azospirillum* sp. En concentraciones de 3×10^7 y 1×10^7 UFC mL¹.

Mendoza *et al.* (2009), mencionan que la inoculacion con 10^9 UFC mL¹ aumenta el peso seco en plantas de pimiento morrón.

Molla *et al.* (2001), señalan que *Azospirillum* produce grandes cantidades de Ácido Indol Acético (AIA) extracelular, lo cual favorece el contenido de materia seca en plantas.

Cuadro 15. Peso seco de tallo, hojas y raíz (g) resultado de la evaluación de producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) con fertilización biológica en invernadero. UAAAN-UL. 2017.

Tratamientos	Peso seco(gr)
<i>Azospirillum</i> 10^9 UFC mL ⁻¹	22.000 a
<i>Azospirillum</i> 10^8 UFC mL ⁻¹	16.400 a
<i>Azospirillum</i> 10^7 UFC mL ⁻¹	14.200 a
Testigo Solución nutritiva Steiner	20.000 a

Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey al 0.05.

V. CONCLUSIONES

El análisis estadístico mostró diferencia significativa entre tratamientos para la variable altura de planta, donde el T₁ *Azospirillum* 10⁹ UFC mL⁻¹ se comporta estadísticamente igual al testigo Solución Nutritiva Steiner, a partir de los 24 y hasta los 70 DDT.

Respecto al resto de las variables evaluadas, no se determinó diferencia significativa entre tratamientos. Sin embargo, numéricamente en las variables: número de frutos por planta, peso fresco de la planta y peso seco de la planta sobresale el T₁ *Azospirillum* 10⁹ UFC mL⁻¹.

Para las variables largo del fruto y peso del fruto, sobresale numéricamente el testigo Solución Nutritiva Steiner (SNS).

Se puede comentar que *Azospirillum* puede ser un buen aliado en la producción de chile jalapeño lo cual la hace una bacteria interesante para otras evaluaciones en el campo de la horticultura.

VI. LITERATURA CITADA

Alonso, E.T.2005. Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*, Mill), VII (2). Cuba. pp.47-54.

Antonio, Ana Doris. 2011. "Evaluación de nitrógeno en chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) aplicando dosis de fertilización orgánica (Composta y vermicomposta) a campo abierto. Tesis de Ingeniero en agroecología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México. pp.7, 11 y 22.

Anu, V., K. E. Syriac y P. I. P. Ge Yadav. 2005. Growth characters of chilli (*Capsicum annuum* L.) as influenced by varying levels of fertilizers in combination with fluorescent pseudomonas and Azospirillum. *Vegetable Sci.* 32(2). pp. 150-153.

Arzanesh M, H Alikhani, K Khavazi, H Rahumian M iransari. 2010. Wheat (*Triticumaestivum* L.) growth enhancement by *Azospirillum* sp. Under drought stress. Springer. *World Journal Microbiol Biotechnol.* pp. 1-9.

Ascary M, A Mostajeran, R Amooaghaei, M Mostajeran. 2009. Influence of the Co-inoculation *Azospirillum brasilense* and *Rhizobium meliloti* plus 2, 4 D on Grain Yield and N, P, K content of *Triticum aestivum* (Cv. Baccros and Mahdavi).

American Eurasian. Journal. Agriculture.& Enviroment. Science., 5(3). pp.296-307.

Barassi, C. 2006. Seed inoculation with *Azospirillum* mitigates Na Cl effects on lettuce. Scientia Horticulture, 109 (1):8-14. Available at:<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304423806001130>. Consultado. 05/06/17.

Bare J, M Pozo, R Azcon, A Aguilar. 2005. Microbial co-operation in the rizosphere. Journal of experimental Botany 56 (417). pp. 1761-1778.

Bashan, Y.; Holguin, G.; Ferrera Cerrato, R. 1996. Interacciones entre plantas y microorganismos beneficios. II. Bacterias asociativas de la rizosfera. *Terra*. 14(2).pp 195-209.

Bashan Y, L Bashan.2002. Protection of tomato seedings against infection by pseudomonas syringae pv tomato by using the plant growth promoting bacterium *Azospirillumbrasilense*. Applied and Enviromental Microbiology. 68(6):2367-2643.

Bergey's. 1984.Manual de Bacteriología Sistemática.E.d.I.vol 1, sección 2. U.S.A.pp.527-529.

Bottini R, Cassán F, Piccoli P.2004. Gibberellin production by bacteria and its involvement in plant growth promotion and yield increase. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 65.pp.497-503.

Camelo. M., Vera. S. y Bonilla, R. R. 2011. Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. Revista Corpoica- Ciencia y tecnología agropecuaria.12. pp.159-166

Canto MJC, Medina PS, Morales AD.2004. Efecto de la inoculación con *Azospirillum* sp. en plantas de Chile habanero (*Capsicum chinense* Jacquin). *Trop. Subtrop Agroecosys.* 4: 21-27.

Capulin G., J.D.; Baca C., G.A. 2001. Evaluación del extracto líquido de estiércol bovino como insumo de nutrición vegetal en hidroponía. Revista Agrociencia 35.pp. 287-299.

Cárdenas, D. M., Garrido, M.F.& Bonilla, R.R., 2010. Pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq) del Valle del Cesar Isolation and identification of *Azospirillum* sp in Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq) of the Valle del Cesar.

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 .

Caro, Manuel., Carlos Leyva y José Ríos. 2014. Competitividad mundial de la producción de chile verde de México. Revista de economía 83. Pp 95-128. Disponible en: <http://www.revista.economia.uady.mx/2014/XXXI/83/3.pdf>. Consultado. 08/05/2017

Cohen A, R Bottini, P Piccoli 2008. *AzospirillumBrasilense* sp 245 produces ABA in chemically-defined culture médium and increases ABA content in Arabidopsis plants. Plant Growth Regulated. 54.pp.97-103.

Di Barbaro G, S Pernasetti, A Stegmayer 2005. Evaluacion del efecto de *Azospirillum brasilensis* en la germinacion y emergencia del pimentonero (*Capsicum annum* L. Var. Trompa de elefante). Cizas. 6.pp.75.85.

Diaz C, E Gonzales, J Alvares M Silva. 2003. Estudio preliminar de diferentes tecnicas de aplicación de un biofertilizante a base de *Azospirillum* sp. En el cultivo de lechuga. (*Lactucasativa* L). Centro Agricola. Jardín Botánico de Villa Clara. 30.pp.18-22.

Ecker B, O Baller, G Kirchof, A. Halbritter, M Stoffels, A. Hartman. 2001. *Azospirillumdoebereineræ* spp. Now. A nirtrogen-fixing bacterium associated with the C4- Grass Miscanthus. Internat J. Sistem. Evolut. Microbiol. 51, 17-26

Ei, E.N. 2005. Estudio de la interacción planta- *Azospirillum*. 26(4), pp. 13-19.

Elein T, A Leyva, A Hernández. 2005: Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum*, Mill). Revista Colombiana de Biotecnología, Vol.7(2).pp. 47-54.

Eghball, B. 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. Soil Science Society of America Journal. 64.pp.2002-2030.

Fisher, S. E, S. I Fisher, S Magris, G Mori. 2007. Isolation an characterization of bacteria from the rizosphere of wheat. World Journal Microbiology Biotechnology.23. pp. 898-903.

Flores, Ramón, 2011. "Nutrición en chile jalapeño (*Capsicumannuum* L.) bajo condiciones de sombreadero en la región lagunera". Tesis de ingeniero

agronomo en horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. pp. 12.

García, José Benito. 2014. "Evaluación de características agronómicas al aplicar mastergrow en chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en invernadero. Tesis de Ingeniero agrónomo en producción. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. pp. 1,4, 13, 14.

German M, S Burdman, Y Okon. 200. Effects of *Azospirillum brasilense* on root morphology of common vean (*Phaseolus vulgaris* L.) under different water regimes Biology. Fertilices. Soil. 32.pp. 259-264.

Hernandez, J. J. 2003. " Tecnicas de cruzamiento y polinizacion en chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Tesis de ingeniero agronomo en produccion. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, Mexico. pp.13 - 16.

Ighham, R. E. 2005. The Compost Tea Brewing Manual. 5th Edition. Soil Foodweb Inc, Corvallis, Oregon. USA. 79 p.

Katzy E, L Borisov, A Scheludko. 2001. Effect of the integration of vector pJFF350 into plasmid 85-Mda of *Azospirillum brasilense* Sp245 on bacterial flagellation and motility. Russ. J. Genet. 37 (2): 183-189 p.

Kim K, H Deka, C Woo, C Shagol, M Tong. 2010. Isolation and evaluation of inoculation effect of *Azospirillum* sp. On growth, colonization and nutrient uptake of crops under green hause condition. 19 th world congress of soil science, Soil solutions for changing world. Brisbane, Australia.

Lamas N., M. A.; Flores O.; N.; Sanchez R., G.; Galavis R., R. 2003. Agricultura Organica. FIRA. Boletin informativo. Una oportunidad sustentable de negocios para el sector agroalimentario mexicano. Boletin informativo. Num. 332 Vol. XXXV. Mexico.

Luna-Martínez, L., Martínez- Peniche, R. A., Hernández- Iturriaga, M., Arvizu- Medrano, S.M. and Pacheco, Aguilar. J. R. 2013. Caracterizacion of rhizobacteria isolated from tomato and their effect on tomato and bell pepper growht. Revista Fitotecnia Mexicana. 36.pp. 63-69.

Macías-Duarte R, Grijalva- Contreras RL, Robles Contreras F, 2012. Respuesta de la aplicación de estiércol y fertilizantes sobre el rendimiento y cantidad del chile jalapeño. Biotecnia. Revista de ciencias biológicas y de la salud 14.pp.32-38

Martínez, Rosa, María del Carmen Martínez, Gustavo E. Rojo. |2014. “Caso de estudio: producción orgánica de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en la comarca lagunera”. *Recursos Naturales y Sistemas Productivos*. pp. 1-20. México 1ª edición. Disponible en: http://www.uaaim.mx/RECURSOS_NATURALES_Y_SISTEMAS_PRODUCTIVOS.pdf. Consultado. 04/04/17.

Martinez. 2002. Productividad e acumulo de nitrato en estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia em funcao de fontes de nutrientes. *Horticultura Brasileira*. Brasilia.20(2). pp.195-200.

Marquez H., C.; Cano R., P. 2004. Produccion Organica de Tomate Bajo Invernadero. En: C. A. LEAL CH. Y J. A GARZA G. (eds). *Memorias del Segundo Simposio Internacional de Produccion de Cultivos en Invernaderos*. Facultad de Agronomia-UANL, Monterrey N.L. Mexico. pp. 1-11.

Mendez, Leticia. 2012. “ Caracterizacion de hibridos de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de sombreadero en la region lagunera”. Tesis de Ingeniero agronomo en horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, Mexico. pp.7,15,16.

Mendoza – Villarreal., Hernández – Florentino, A., Ramírez – Rodríguez, H., Molina – Abadía, G.S. y Quezada – Martin, M.R. 2009. “Efecto de cepas de *Azospirillum* sp. En la productividad del pimiento morrón” en *Agricultura sostenible* Vol.6. Galdamez G J, Guevara H F, Soto P L, Vázquez G M, (comp.). Universidad Autónoma de Chiapas. Ed. Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible, A. C. ISBN 978 – 607 – 8003 – 16 – 7. México. p.p. 1-17.

Mendoza, Paola Berenice. 2012. Producción y eficiencia en uso de agua en chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Tesis de ingeniero agrónomo en irrigación, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México. pp. 10 y 18.

Molina, S., Mendoza, R., Torres, A., Sifuentes, D. y Rojas, B. 2009. Germinacion de semillas de tomate cherry (*Lycopersicon pimpinellifolium*) inoculadas con diferentes cepas de *Azospirillum* sp. XIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas A. C. Torreon, Coahuila, Mexico. P. 49.

Montes,S.H.2010. Recoplicacion y analisis de la informacion existente de las especies del genero capsicum que crecen y se cultivan en Mexico. *Campo experimental Bajio*, INIFAP. P. 5.

Moreno.L. Y. and Galvis, F. 2013. Potencial biofertilizantes de bacterias diazotrofas aisladas de muestras de suelos rizosfericos. Pastos y forrajes. 36(1).pp. 33-37.

Naiman, D.A, Latrónico A, García DSIE.2009. Inoculation of wheat with *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens*: Impact on the production and culturable rhizosphere microflora. *Eur. J. Soil Biol.* 45: pp.44-51.

Pereyra, C.M. 2010. Changes in cucumber hypocotyl cell Wall dynamics caused by *Azospirillumbrasilense* inoculation. Plant physiology and biochemistry: PPB / Societe francaise de physiology and physiologie vegetale, 48(1), pp.62-9. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19875302>. Accesed. April 26, 2017.

Pereyra M, C Zalazar, C Barassi 2006. Root phospholipids in *Azospirillum* – inoculated wheat seeding wheat seedling exposed to water stress. Plant Physiology Biochemical. 44.pp.873-879.

Pereyra M, F Ballesteros, C Creus, R Sueldo, C Barassi 2009. Seedlings groth promotion by *Azospirillumbrasilense* under normal and drought condition remains unaltered in Tebucanazole-treated wheat sees. Europe Journal Soil Biology. 45.pp.20-27.

Pizaani, P. 2009. Fosforo total. Fosfor fitico y actividad fitasica en los frutos de los arboles forrajeros de los llanos centrales de Venezuela Total phosphorus, Phytic phosphorus and phytase activity in the fruits of forage trees from the Central plains, Venezuela., 32(2).pp. 165-174.

Puertos, Benjamín y Eduardo Said, Gastelu. 2011. “Evaluación de diferentes dosis de fertilizantes de chile jalapeño J-7 (*Capsicum annum* L.) en la región de Amatlán de los Reyes, Veracruz” Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Disponible <http://sdigital.uv.mx/bitstream/123456789/35011/1/puertostinajerobenjamin.pdf> Consultado. 02/04/2017.

Reyes I, Alvares L, El-Ayoubi H, Valery A 2008. Selección y evaluacion de rizobacterias promotoras del crecimiento en pimiento y maiz. Bioagro 20.pp. 37-48.

Ribaudo ,M.C, Krumpholz M. E, Cassa D.F, Bottini R, Cantore L.M, Cura A .2006. *Azospirillum* sp. promotes root hair development in tomato plants through a mechanism that involves ethylene. *J Plant GrowthRegul.* 24: 175-185.

Richardson, A. E., Barea, J. M., McNeill, A. M and Priget- Combaret, C. 2009. Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rizosphere and plant growth promotion microorganisms. *Plant soil*. 321.pp.305-339.

Rippy, J. F. M.; Peet, M. M.; Louis, F. J.; Nelson, P. V. 2004. Plant development and harvest yield of greenhouse tomatoes in six organic growing systems. *Hortscience* 39 (2).pp. 223-229.

Russo A, L Vettori. C Felici, G Fiashi, S Morini and Toffanin 2008. Enhanced micropropagation response and biocontrol effect of *Azospirillum brasilense* sp 245 on *Prunus cerasifera* L. clone mr. S 2/5 plants. *Journal Biotechnology* 134.pp.312-319.

SAGARPA.2006. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Disponible en: <http://www.snitt.org.mx/pdfs/demanda/chile-verde.pdf> .consultado.02 de Febrero del 2017.

Scheurell, S.; Mahaffee, W.F. 2004. Compost tea as a container media drench for suppressing seeding damping-off caused by *pythium ultimum*. *Phytopathology*.94.pp.1156-1163.

Shankar S., J., V. Chandra P. and Shinga. 2011. Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture ecosystems & environment*. 140.pp.339-353

Shigueru- Okumura R, De Cinque- Mariano D, Dallacort R, Nogueira-De Albuquerque A, Da Silva- Lobato AK, Silva-Guedes EM, De Oliveira- Neto CF, Oliveira- DA Conceicao HE, Ruffei Alves GA. 2013. *Azospirillum*: a new and efficient alternative to biological nitrogen fixation in grasses. *Journal of Food Agriculture and Environment* 11.pp.142-146

SIAP-SAGARPA 2015. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.<http://www.sagarpa.gob.mx/delegaciones/Jalisco/boletines/Paginas/B0322012.aspx>. Consultado. 03 de noviembre del 2017.

SIAP- SAGARPA 2010. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.<http://infosiap.siap.gob.mx/images/stories/infogramas/100705-monografia-chile.pdf> .consultado.04 de Febrero del 2017.

Tsavkelova, E. A., Klimova, S. Yu., Cherduntseva, T. A. and Netrusov, A. I. 2006. Microbial producers of plant growth stimulators and their practical use: a review. *Applied Biochemistry and Microbiology* (42).pp.117-126.

Vega G., A.M. 2015. Efecto en la Absorción de Minerales N, P, K en chile jalapeño (*Capsicum annuum L.*) inoculado con (*Azospirillum sp*) en invernadero. Tesis ingeniero agroecología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. p. 17 y18.

Vessey, J.K. 2003. Plant growht promoting rhizobacteria as fertilizers. Plant and soil.255. pp. 571-580.

Villegas J, E Rueda, A Murillo, M Puente, O Grimaldo, S Aviles, J Ponce. Efecto en la inoculación de *Azospirillum halopraeferensyBacillus 48 amyloliquefaciens* en la germinación de *prosopischilensis*.2010. Tropical and subtropical agroecosystems. 12(1). pp. 19-32.

Wu S, Z Cao, Z Li, M Cheung, W Wong. 2005. Effects of biofertilizers containing N-fixer, P y K solubilizers and AM on maize growth.125. pp.160-165.

VII ANEXO

Cuadro 1 A ANOVA de primera toma de altura de planta del cultivo de chile jalapeño (*Capsicumannuum L.*) UAAAN-UL 2017.

F.V	G.L	S.C	C.M	F	Pr>F
Trat	3	580.6250000	193.5416667	5.66	0.0038
Rep	9	266.1500000	29.5722222	0.86	0.5668
Error	27	923.500000	34.203704		
Total	39	1770.275000			
R ² =	0.478330	c.v =	19.28572	Media=	30.32500

Cuadro 2 A ANOVA de ultima toma de altura de planta del cultivo de chile jalapeño (*Capsicumannuum* L.) UAAAN-UL 2017.

F.V	G.L	S.C	C.M	F	Pr>F
Trat	3	452.418750	150.806250	1.21	0.3242
Rep	9	1683.306250	187.034028	1.50	0.1969
Error	27	3358.518750	124.389583		
Total	39	5494.243750			
R ² = 0.388720		c.v = 21.45325		Media=51.98750	

Cuadro 3 A ANOVA de largo del fruto de chile jalapeño (*Capsicumannuum* L.) UAAAN-UL 2017.

F.V	G.L	S.C	C.M	F	Pr>F
Trat	3	98.59500000	32.86500000	2.21	0.1099
Rep	9	73.78000000	8.19777778	0.55	0.8238
Error	27	401.5400000	14.8718519		
Total	39	573.9150000			
R ² = 0.300349		c.v = 93.48858		Media=4.125000	

Cuadro 4 A ANOVA de ancho del fruto de chile jalapeño (*Capsicumannuum* L.) UAAAN-UL 2017.

F.V	G.L	S.C	C.M	F	Pr>F
Trat	3	6.84900000	2.28300000	2.06	0.1292
Rep	9	7.49000000	0.83222222	0.75	0.6608
Error	27	29.93600000	1.10874074		
Total	39	44.27500000			
R ² =	0.323862		c.v = 93.59712		Media=1.125000

Cuadro 5 A ANOVA de peso del fruto de chile jalapeño (*Capsicumannuum* L.) UAAAN-UL 2017.

F.V	G.L	S.C	C.M	F	Pr>F
Trat	3	618.4750000		1.50	0.2378
			206.1583333		
Rep	9	691.0250000	76.7805556	0.56	0.8190
Error	27	3718.275000	137.713889		
Total	39	5027.775000			
R ² =	0.260453		c.v = 101.3836		Media=11.57500

Cuadro 6 A ANOVA del grosor de la pulpa de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) UAAAN-UL 2017.

F.V	G.L	S.C	C.M	F	Pr>F
Trat	3	7.60000000	2.53333333	2.45	0.0850

Rep	9	27.90000000	0.67777778	0.66	0.7401
Error	27	6.10000000	1.03333333		
Total	39	41.60000000			
R ² =	0.329327	c.v = 92.41182		Media=1.100000	

Cuadro 7 A ANOVA de frutos por planta (primer corte) de chile jalapeño (*Capsicumannuum* L.) UAAAN-UL 2017.

F.V	G.L	S.C	C.M	F	Pr>F
Trat	3	3.07500000	1.02500000	2.02	0.1342
Rep	9	4.02500000	0.44722222	0.88	0.5522
Error	27	13.67500000	0.50648148		
Total	39	20.77500000			
R ² =	0.341757	c.v = 105.4334		Media=0.675000	

Cuadro 8 A ANOVA de frutos por planta (segundo corte) de chile jalapeño (*Capsicumannuum* L.) UAAAN-UL 2017.

F.V	G.L	S.C	C.M	F	Pr>F
-----	-----	-----	-----	---	------

Trat	3		4.82500000	1.48	0.2433
		14.47500000			
Rep	9		1.44722222	0.44	0.8993
		13.02500000			
Error	27		3.2694444		
		88.2750000			
Total	39				
		115.7750000			
R ² =	0.237530	c.v =	64.00568	Media=	2.825000

Cuadro 9 ANOVA de peso fresco de la planta del cultivo de chile jalapeño (*Capsicumannuum* L.) UAAAN-UL 2017.

F.V	G.L	S.C	C.M	F	Pr>F
Trat	3	1148.950000	382.983333	2.62	0.0985
Rep	4	476.700000	119.175000	0.82	0.5387
Error	12	1751.300000	145.941667		
Total	19	3376.950000			
R ² =	0.481396	c.v =	14.90516		
Media=	81.05000				

Cuadro 10 A ANOVA de peso seco de la planta del cultivo de chile jalapeño (*Capsicumannuum* L.) UAAAN-UL 2017.

F.V	G.L	S.C	C.M	F	Pr>F
Trat	3	283.8500000	61.5166667	2.09	0.1546
Rep	4	352.7000000	24.8250000	0.84	0.5233

Error	12	352.7000000	29.3916667
-------	----	-------------	------------

Total	19	636.5500000	
-------	----	-------------	--

R ² =	0.445919	c.v =	29.87002
------------------	----------	-------	----------

Media=18.15000