

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Evaluación de un Biofertilizante a Base de *Azospirillum brasilense* para Incrementar el Crecimiento, Desarrollo y Rendimiento en Un Cultivo de Chile

Jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla

Por:

VERÓNICA ELIZABETH NIÑO VILLANUEVA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo de 2018.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Evaluación de un Biofertilizante a Base de *Azospirillum brasilense* para
Incrementar el Crecimiento, Desarrollo y Rendimiento en un Cultivo de Chile

Jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla

Por:

VERÓNICA ELIZABETH NIÑO VILLANUEVA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:

M.C. Martha Vázquez Rodríguez

Asesor Principal

Dra. Silvia Yudith Martínez Amador

Coasesor

M.C. Laura María González Méndez

Coasesor

Dr. Gabriel Gallegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo de 2018.

DEDICATORIA

Al Ser Supremo por brindarme una nueva oportunidad y la sabiduría para elegir la profesión que me permitirá desempeñarme en la grandeza de su Creación, y por darme fortaleza para la realización de este gran proyecto.

Al Lic. José Luis Carrillo por su escucha y orientación, por impulsarme en la búsqueda de nuevos horizontes.

A todos mis seres queridos, por su amor y cariño, porque son mi Norte y el motor que me mueve cada día.

A mi mamá Doña Ma. De la Cruz Villanueva Delgado por su motivación y apoyo en los días buenos y en los no tan buenos.

A mi compañera Lic. Gricelda Jazmín Valdés Moreno por compartir su saber y experiencias que fueron de gran ayuda para el buen término de mi carrera.

A mis hermanos Wendolyne, Mario Ángel, Vanessa y Perla por el apoyo incondicional y hacerme feliz al ver que han seguido mis pasos.

A mis amigas Mtra. Socorro Bahena García, Lic. Delia Patricia Infante Lara, Mtra. Sandra Carrizales, Mtra. Ana María Fuentes, Mtra. Yanira Yaber, por sus valiosos consejos.

A la memoria de quienes con su ejemplo inspiraron en mí el amor por la agricultura, Don Melquiades Villanueva Moncada+, Doña Leonor Delgado Estrada+. Y de quien aún sin saberlo dejó las huellas que he seguido Ing. Lázaro Niño Quiñones+.

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por ser mi puerta de entrada al universo del saber y la ciencia.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo otorgado para la realización mi tesis.

A la empresa BIOGEA, al Mtro. Javier Morales Rodríguez por el apoyo en la realización de este trabajo.

Al Dr. Manuel De la Rosa Ibarra por su acertada dirección y su total apoyo para la realización de esta investigación.

A la M.C. Martha Vázquez Rodríguez, Dra. Silvia Yudith Martínez Amador, M.C. Laura María González Méndez por las aportaciones realizadas durante la revisión de este documento.

Al Dr. Raúl César González Rivera por su asesoría en el manejo del programa estadístico SAS.

Al M.C. Alfredo Sánchez López por la asesoría en el cultivo de chile (*Capiscum annuum L.*).

A todos y cada uno de mis Maestros por sus invaluable enseñanzas. Y a mis Tutores por su guía hacia el éxito.

A Jazmín, Vanessa, Tamara, Tania, Fernando, Anakaren, y David por su colaboración durante la realización del presente trabajo.

A mis ex compañeros universitarios y ahora amigos, en especial Libni, Cecilia, Sahara, Camilo, Fernando, Dana, Ximena, Selene, Aldair, Albina, David, Daniel, Sebastián, Ana María, Miguel Ángel, Joshua, Domingo, Isaí, Fernanda, Esmeralda, Rubí, Salvador, Manuel, Bilse, Samuel, Isaac, Luis, Florentino, Gamaliel, Karla, Jesús Alonso, Fernando, José Luis, Iván, José, por compartir las horas de estudio y de trabajo en equipo, por enriquecer mi vida con el entusiasmo y la alegría de una comunidad multicultural.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	VI
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XIII
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo General.....	3
1.2. Objetivos Específicos.....	3
1.3. Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Biofertilizantes.....	5
2.2. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal.....	6
2.3. Género: <i>Azospirillum brasilense</i>	6
2.3.1. Aplicación de <i>Azospirillum brasilense</i> en cultivo de chile (<i>Capiscum annuum</i> L.).....	10

2.3.2.	Aplicación de <i>Azospirillum brasilense</i> en otros cultivos.....	10
2.4.	Hongos formadores de micorrizas arbusculares.....	12
2.5.	Género: <i>Glomus intraradices</i>	14
2.5.1.	Aplicación de <i>Glomus intraradices</i> en cultivo de chile (<i>Capiscum annuum</i> L.).....	15
2.5.2.	Aplicación de <i>Glomus intraradices</i> en otros cultivos.....	15
2.6.	Combinación de bacterias promotoras del crecimiento y hongos micorrícicos arbusculares.....	15
2.6.1.	Aplicación de <i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Glomus intraradices</i> en cultivo de chile (<i>Capiscum annuum</i> L.).....	17
2.6.2.	Aplicación de una combinación de <i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Glomus intraradices</i> en otros cultivos.....	17
2.7.	Crecimiento.....	20
2.7.1.	Análisis de crecimiento	21
2.7.2.	Coefficientes de partición de biomasa.....	22
2.7.3.	Índices de crecimiento	22
2.7.3.1.	Tasa de crecimiento relativo (TCR).....	22
2.7.3.2.	Tasa de asimilación neta (TAN).....	22
2.7.3.3.	Relación área foliar (RAF)	22
2.7.3.4.	Razón de peso foliar (RPF).....	22
2.7.3.5.	Área foliar específica (AFE).....	23
2.8.	Rendimiento.....	23
2.8.1.	Componentes del rendimiento.....	23

3. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. Descripción del sitio experimental.....	23
3.1.1. Localización.....	23
3.2. Establecimiento del experimento.....	27
3.2.1. Inoculación de plántulas.....	28
3.3. Descripción de los tratamientos.....	29
3.4. Material vegetal.....	29
3.5. Material biológico (Biofertilizantes).....	29
3.6. Material de laboratorio utilizado.....	33
3.7. Diseño experimental.....	32
3.7.1. Análisis estadístico de datos.....	32
3.7.2. Modelo estadístico.....	33
3.8. Variables agronómicas a evaluar.....	35
3.8.1. Medición de área foliar.....	35
3.8.2. Peso seco de cada órgano de la planta.....	36
3.9. Análisis de crecimiento: Coeficientes de Partición de Biomasa e Índices de crecimiento.....	37
3.10. Rendimiento.....	38
3.10.1. Número de frutos por planta.....	38
3.10.2. Número de frutos por metro cuadrado.....	38
3.10.3. Peso fresco del fruto por planta.....	39
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1. Variables agronómicas evaluadas.....	42

4.2.	Análisis de crecimiento.....	46
4.2.1.	Coefficientes de partición de biomasa.....	46
4.2.2.	Índices de crecimiento.....	52
4.2.2.1.	Tasa de Crecimiento Relativo (TCR).....	52
4.2.2.2.	Tasa de Asimilación Neta (TAN).....	55
4.2.2.3.	Razón de área foliar (RAF).....	56
4.2.2.4.	Razón de peso foliar (RPF).....	58
4.2.2.5.	Área Foliar Específica (AFE).....	59
4.2.2.6.	Índice de eficiencia del crecimiento del fruto (IECFr).....	61
4.3.	Análisis del rendimiento.....	63
4.3.1.	Componentes del rendimiento.....	63
4.3.1.1.	Número de frutos por planta.....	63
4.3.1.2.	Peso fresco de cada fruto.....	65
4.3.1.3.	Peso fresco del fruto por planta.....	66
4.4.	Rendimientos promedio.....	68
5.	CONCLUSIONES	70
6.	REFERENCIAS	71

ÍNDICE DE TABLAS

No. de Tabla	Pág.
Tabla 1. Número de tratamientos, productos y dosis aplicadas.....	29
Tabla 2. Número, fecha, intervalos y tiempo en días para los muestreos realizados para el estudio de la biomasa.....	33
Tabla 3. Fórmulas y unidades para índices de crecimiento y coeficientes de partición de biomasa en vegetales.....	37
Tabla 4. Fórmulas y unidades para índices de crecimiento.....	38
Tabla 5. Análisis de varianza y comparación de medias de las variables agronómicas evaluadas en un cultivo de chile jalapeño (<i>Capiscum annuum</i> L.) var. Mitla tratado con un biofertilizante a base de <i>A. brasilense</i> en diferentes dosis y en combinación con <i>G. intraradices</i>	40
Tabla 6. Análisis de varianza y comparación de medias de Coeficientes de partición de biomasa en un cultivo de chile jalapeño (<i>Capiscum annuum</i> L.) var. Mitla tratados con un biofertilizante a base de <i>A. brasilense</i> en diferentes dosis y en combinación con <i>G. intraradices</i>	47
Tabla 7. Análisis de varianza y comparación de medias de Índices crecimiento en un cultivo de chile jalapeño (<i>Capiscum annuum</i> L.) var. Mitla tratado con un biofertilizante a base de <i>A. brasilense</i> en diferentes dosis y en combinación con <i>G. intraradices</i>	53
Tabla 8. Análisis de varianza y comparación de medias de componentes del rendimiento de un cultivo de chile jalapeño (<i>Capiscum annuum</i> L.) var. Mitla tratado con un biofertilizante a base de <i>A. brasilense</i> en diferentes dosis y en combinación con <i>G. intraradices</i>	64
Tabla 9. Rendimiento de un cultivo de chile jalapeño (<i>Capiscum annuum</i>) var Mitla tratado con un biofertilizante a base de <i>A. brasilense</i> en diferentes dosis y en combinación con <i>G. intraradices</i> en el ciclo primavera-verano 2016.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

No. de Figura	Pág.
Figura 1. Micro localización del sitio experimental. Imagen satelital del campo de cultivo y la parcela experimental en Rancho Nuevo, Municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México. (Fuente: Google Earth/INEGI 2017).....	24
Figura 2. Macro localización del sitio experimental. Imagen satelital de la localización geográfica del campo de cultivo. (Fuente: Google Earth 2018).....	24
Figura 3. Imagen ampliada del mapa de clasificación climatológica de Rancho Nuevo, Municipio de Ramos Arizpe, en el Estado de Coahuila de Zaragoza, México. (Fuente: CONABIO 2017).....	25
Figura 4. Imagen ampliada del mapa de clasificación edafológica de Rancho Nuevo, Municipio de Ramos Arizpe, en el Estado de Coahuila de Zaragoza, México. (Fuente: INEGI 2017).....	25
Figura 5. Imagen del terreno del campo de cultivo cuya pendiente es de 2.5%.....	26
Figura 6. Imagen satelital del Laboratorio de Fisiología Vegetal del Departamento de Botánica de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. (Fuente: Google Earth/INEGI 2017).....	26
Figura 7. Surcos con acolchado plástico negro, plantas a doble hilera, acomodo tres bolillo y riego por cintilla utilizados en el trabajo experimental.....	27
Figura 8. Abanderamiento en cada bloque previo a la inoculación para identificación de los tratamientos en un cultivo de chile jalapeño (<i>Capiscum annuum</i> L.) var. Mitla 15 días después del trasplante.....	27
Figura 9. Inoculación de las plántulas de chile jalapeño (<i>Capiscum annuum</i> L.) var. Mitla.....	28

Figura 10. Material biológico protegido en frascos color ámbar con tapa hermética, transportados en cajas de cartón del laboratorio al campo experimental.....	28
Figura 11. Biofertilizante BIOGEA PLANTEK a base de <i>Azospirillum brasilense</i> utilizado en el experimento, presentación en envase de 200ml.....	29
Figura 12. Material de laboratorio utilizado en la preparación de las disoluciones.....	31
Figura 13. Preparación de disoluciones de los tratamientos y envasado en frascos de vidrio color ámbar con tapa hermética para protección del material biológico.....	31
Figura 14. Primer muestreo de plantas de chile jalapeño (<i>Capiscum annuum</i> L.) var. Mitla, a los 14 días después de la inoculación.....	33
Figura 15. Muestreo en campo de cultivo Rancho Nuevo, Ramos Arizpe y evaluaciones agronómicas en Laboratorio Fisiología Vegetal de la UAAAN, de plantas de chile jalapeño (<i>Capiscum annuum</i> L.) var. Mitla.....	34
Figura 16. Muestras disectadas en el Laboratorio de Fisiología Vegetal para su evaluación.....	34
Figura 17. Muestra colectada (a) y Medidor de área Marca LI-COR (b) utilizado determinar el área foliar de de las plantas de chile jalapeño (<i>Capiscum annuum</i> L.) var. Mitla.....	35
Figura 18. Estufa de secado Marca FELISA utilizada a 70°C, y muestra seca obtenida de hojas, tallos, flores y frutos.....	36
Figura 19. Balanza semi-analítica Marca OHAUS Modelo 293 ^a , utilizada para determinar el peso seco de hoja, tallo, flor y fruto de las muestras de plantas de chile jalapeño (<i>Capiscum annuum</i> L.) var. Mitla.....	36
Figura 20. Balanza semianalítica Marca OHAUS Modelo 293A (a), utilizada para obtener el peso fresco del fruto y muestreo de frutos para determinar rendimiento (b).....	38

ÍNDICE DE GRÁFICOS

No. de Gráfico	Pág.
Gráfico 1. Valores medios de la variable área foliar de un cultivo de chile jalapeño (<i>Capiscum annuum</i> L.) var. Mitla tratado con biofertilizantes a base de <i>A. brasilense</i> en diferentes dosis y en combinación con <i>G. intraradices</i>	41
Gráfico 2. Valores medios de la variable peso seco de hoja de un cultivo de chile jalapeño (<i>Capiscum annuum</i> L.) var. Mitla tratado con biofertilizantes a base de <i>A. brasilense</i> en diferentes dosis y en combinación con <i>G. intraradices</i>	42
Gráfico 3. Valores medios de la variable peso seco de tallo de un cultivo de chile jalapeño (<i>Capiscum annuum</i> L.) var. Mitla tratado con biofertilizantes a base de <i>A. brasilense</i> en diferentes dosis y en combinación con <i>G. intraradices</i>	43
Gráfico 4. Gráfico 4. Valores medios de la variable peso seco de flor de un cultivo de chile jalapeño (<i>Capiscum annuum</i> L.) var. Mitla tratado con biofertilizantes a base de <i>A. brasilense</i> en diferentes dosis y en combinación con <i>G. intraradices</i>	43
Gráfico 5. Valores medios de la variable peso seco de fruto de un cultivo de chile jalapeño (<i>Capiscum annuum</i> L.) var. Mitla tratado con biofertilizantes a base de <i>A. brasilense</i> en diferentes dosis y en combinación con <i>G. intraradices</i>	44
Gráfico 6. Valores medios de la variable acumulación de peso seco total de un cultivo de chile jalapeño (<i>Capiscum annuum</i> L.) var. Mitla tratado con biofertilizantes a base de <i>A. brasilense</i> en diferentes dosis y en combinación con <i>G. intraradices</i>	45

- Gráfico 7.** Distribución de la biomasa para la variable CPBhoja de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratado con biofertilizantes a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*.....48
- Gráfico 8.** Distribución de la biomasa para la variable CPBtallo de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratado con biofertilizantes a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*.....49
- Gráfico 9.** Distribución de la biomasa para la variable CPBflor de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratado con biofertilizantes a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*.....49
- Gráfico 10.** Distribución de la biomasa para la variable CPBfruto de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratado con biofertilizantes a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*.....50
- Gráfico 11.** Gráfico 11. Comparación de la variable Tasa de Crecimiento Relativo en un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratados con un biofertilizante a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*.....54
- Gráfico 12.** Comparación de la variable Tasa de Asimilación Neta en un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratado con un biofertilizante a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*.....55
- Gráfico 13.** Comparación de la variable Razón de Área Foliar en un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla inoculadas con un biofertilizante a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*.....57

Gráfico 14. Comparación de la variable Razón de Peso Foliar en un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla inoculadas con un biofertilizante a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*.....59

Gráfico 15. Comparación de la variable Área Foliar Específica en un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla inoculadas con un biofertilizante a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*.....60

Gráfico 16. Comparación de la variable Índice de Eficiencia de Crecimiento de Fruto en un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratados con un biofertilizante a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*.....62

Gráfico 17. Índice de Eficiencia de Crecimiento del Fruto en función de la Tasa de Asimilación Neta para el último periodo de evaluación (42-57 ddt).....62

Gráfico 18. Comparación de la variable número de frutos por planta de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratadas con un biofertilizante a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*.....65

Gráfico 19. Comparación de la variable Peso fresco de cada fruto por planta de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratadas con un biofertilizante a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*.....66

Gráfico 20. Comparación de la variable peso fresco del fruto por planta de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratadas con un biofertilizante a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*.....68

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de un biofertilizante a base de *Azospirillum brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *Glomus intraradices* para incrementar el crecimiento, desarrollo y rendimiento en un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla. Esta investigación se realizó en una parcela experimental de la localidad de Rancho Nuevo, Ramos Arizpe, Coahuila, México, y en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila, México. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con 6 tratamientos y 4 repeticiones: T1=Testigo absoluto, T2=Testigo comercial, T3=*A. brasilense* (Dosis 1), T4=*A. brasilense* (Dosis 2), T5=*A. brasilense* + *G. intraradices*, T6=*G. intraradices*. Se evaluaron los coeficientes de partición de biomasa (CPB) en hoja, tallo, flor y fruto, los índices de crecimiento, y el rendimiento. Para el análisis de varianza y comparación de medias de los datos se utilizaron los paquetes estadísticos de Emilio Olivares Sáenz de la FAUANL y SAS versión 9.0. Al evaluar el rendimiento el tratamiento a base de *A. brasilense* + *G. intraradices* indujo mayor rendimiento con 64.7 ton ha⁻¹ superando al Testigo absoluto con más de 5.5 ton ha⁻¹, por lo que se concluye que la aplicación de un biofertilizante a base de *A. brasilense* y en combinación con *G. intraradices* en un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla bajo condiciones de campo abierto incrementa el crecimiento, desarrollo y rendimiento.

Palabras claves: Biofertilizante, *A. brasilense*, *G. intraradices*, Coeficientes de Partición de Biomasa, Índices de crecimiento, rendimiento, (*Capiscum annuum* L.).

Correo electrónico: Verónica Elizabeth Niño Villanueva, randyagro@gmail.com

ABSTRACT

The current research was carried out in Rancho Nuevo. Its main objective was to evaluate the effect of the application of biofertilizer with base in (*Azospirillum brasilense*) in different levels and co-inoculation of *Azospirillum brasilense* and *Glomus intraradices* on the growth, development and yield of the jalapeño pepper (*Capsicum annuum* L.) crop cv. Mitla in Rancho Nuevo, Ramos Arizpe, México. We used a random block design. The research included six different treatments with four replications, this way: Absolute control, Commercial control, *A. brasilense* (Dose 1), *A. brasilense* (Dose 2), *A. brasilense* + *G. intraradices*, *G. intraradices*). The leaf area and dry weight of each plant section (leaves, stem, flower and fruit) were measured and used to determine growth indexes and biomass production. Data were processed after evaluating yields components, a variance analysis, applying the multiple comparison tests of means by LSD Fisher by using the statistical software SAS version 9. The research showed positive response to the application of biofertilizer, resulting in a considerable increase of yield. The single inoculation and co-inoculation of *A. brasilense* and *G. intraradices*, increasing the growth, development and agricultural yield. Results showed that *A. brasilense* + *G. intraradices* caused a positive effect growth, the agricultural yield being higher in 8.5% compared to control plants.

Key words: *A. brasilense*, *G. intraradices*, (*Capsicum annuum*), Biofertilizer, Inoculation.

e-mail: Verónica Elizabeth Niño Villanueva, randyagro@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El término biofertilizante es muy amplio, ya que está representado desde microorganismos, abonos verdes y estiércoles, hasta extractos de plantas. De manera sintetizada, se puede decir que son productos que contienen microorganismos, que al ser inoculados pueden vivir asociados o en simbiosis con las plantas y le ayudan a su nutrición y protección (Vessey, 2003).

Al-Taweil *et al.* (2009); Pooja *et al.* (2007) señalan que actualmente, existe una gran variedad de biofertilizantes con diversas funciones y atendiendo al tipo de cultivo. En general, los biofertilizantes más difundidos se componen de bacterias y hongos micorrízicos. De acuerdo con Spaepen *et al.* (2009), estas bacterias favorecen el crecimiento de las plantas a través de diferentes mecanismos, que incluyen la secreción de fitohormonas, suplemento de macro y micro elementos, la fijación biológica del nitrógeno (diazótrofos), la solubilización del fósforo, entre otros.

Diversos estudios han demostrado que la inoculación de cereales con *Azospirillum* spp. promueve el crecimiento de las plantas, observándose un incremento en la emergencia, vigor, biomasa, desarrollo del sistema radical e incremento en el rendimiento en diferentes proporciones. Los efectos positivos de *Azospirillum brasilense* en diversos cultivos se han atribuido principalmente al mejoramiento en el desarrollo de la raíz y al incremento subsecuente en la tasa de asimilación de agua y la utilización de minerales del suelo (Okon y Labandera-González, 1994; Fallik y Okon, 1996; Burdman *et al.* 1997; Hamaoui *et al.* 2001; Döbbelaere *et al.* 2002).

En México, se han obtenido incrementos en el rendimiento de maíz (*Zea mays*), entre el 30 al 70% y en cebada (*Hordeum vulgare*), del 39% en comparación con el testigo sin inocular (Aguirre-Medina, 2004). La inoculación con *Azospirillum brasilense* es altamente benéfica en

gramíneas como maíz (*Zea mays*), en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), pastos y sorgo (*Pennisetum glaucum*), pues aporta de 30 a 50% de los requerimientos de nitrógeno de dichos cultivos (Martínez-Morales *et al.* 2003; Viviene *et al.* 2004). Las cepas de *Azospirillum brasilense* nativas del norte de Tamaulipas incrementaron la producción de biomasa y el rendimiento de grano en sorgo (*Pennisetum glaucum*). En campo los tratamientos inoculados tuvieron un rendimiento promedio de grano en sorgo (*Pennisetum glaucum*) de 13 y 17% mayor que el testigo no inoculado en 2002-2003 y 2003-2004 (García-Olivares, Moreno-Medina, 2006). Al inocular con bacterias promotoras del crecimiento vegetal se ha observado un incremento en la calidad de los frutos de tomate (*Solanum lycopersicum*) y chile (*Capiscum annuum* L.). Además, cuando se inoculan hongos micorrízicos y bacterias promotoras del crecimiento vegetal los resultados son mejores. En chile (*Capiscum annuum* L.), el rendimiento se incrementó 40% y se redujo el tiempo de cosecha. En pimiento morrón (*Capiscum annuum* L. var. *annuum*) se incrementó la calidad en un 30% (Olalde y Serratos, 2004). En chile ancho (*Capiscum annuum* L.) inoculado con *Glomus intraradices*, en suelo franco arenoso, con bajo contenido de fósforo, se obtuvo incremento en el número de hojas, área foliar, frutos y biomasa de raíces (Aguilera-Gómez *et al.* 1999).

Actualmente la mayoría de los sistemas de producción están utilizando fertilizantes minerales en exceso que provocan la acumulación de residuos que resultan en toxicidad para las plantas, teniendo como consecuencia una disminución en el rendimiento de los cultivos.

En este trabajo se tuvo como objetivo, evaluar el efecto de la aplicación de un biofertilizante a base de *Azospirillum brasiliense* en diferentes dosis y en combinación con *Glomus intraradices* como una alternativa de fertilización al cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var.

Mitla, lo cual reducirá de una manera considerable la acumulación de residuos de fertilizantes minerales en el suelo, redundando en un beneficio económico al agricultor.

1.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto de un biofertilizante a base de *Azospirillum brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *Glomus intraradices* para incrementar el crecimiento, desarrollo y rendimiento de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla.

1.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de un biofertilizante a base de *Azospirillum brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *Glomus intraradices*, en el crecimiento y desarrollo de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla.
- Evaluar el efecto de un biofertilizante a base de *Azospirillum brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *Glomus intraradices*, para incrementar el rendimiento de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla.

1.3. Hipótesis

Con la aplicación del biofertilizante a base de *Azospirillum brasiliense* en diferentes dosis y en combinación con *Glomus intraradices*, se incrementará el crecimiento, desarrollo y rendimiento de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Según Roldos *et al.* (1994) en el mundo cada vez adquiere mayor importancia la biofertilización no sólo por los rendimientos que suelen alcanzarse sino también por lo económico de su aplicación y su contribución a la preservación del medio ambiente. Los problemas de fertilidad

son resueltos principalmente con fertilizantes sintéticos, pero los efectos adversos al medio ambiente han orientado a buscar nuevas estrategias como los biofertilizantes (Rabie y Humiany, 2004).

El proceso actual de producción de fertilizante se conoce como Haber Bosch y se caracteriza por requerir altas cantidades de energía para lograr fijar en materiales inertes el nitrógeno y de esta forma ser utilizado por los productores. La energía utilizada deriva de fuentes no renovables, como petróleo, gas o carbón. Döbereiner (1977) consigna que la energía requerida para producir una tonelada de fertilizantes nitrogenado es la equivalente a 7 barriles de petróleo. La aplicación de fertilizantes químicos comúnmente se ha llevado a cabo sin un conocimiento previo del estatus actual del suelo, lo cual ha resultado en una pobre respuesta de los cultivos a la aplicación de estos productos, al dispendio económico y aumento del deterioro de los recursos ambientales. Se menciona, por ejemplo, que en algunos países como la India se han aplicado 250 veces más de fertilizantes químicos y 400 veces más de pesticidas de lo que realmente requerían los cultivos (Kalra y Khanuja, 2007).

Según Aguado-Santacruz, (2011) los altos costos de los fertilizantes sintéticos provoca que, por ejemplo para el caso del cultivo de maíz, la aplicación de fertilizantes químicos represente el 30% de los costos de producción en sistemas de riego y hasta el 60% en los sistemas de temporal.

2.1. Biofertilizantes

Los biofertilizantes son preparados de microorganismos aplicados al suelo y/o planta con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética así como disminuir la contaminación generada por los agroquímicos. Los microorganismos utilizados en los biofertilizantes son clasificados dentro de dos grupos: El primer grupo incluye microorganismos que tienen la

capacidad de sintetizar sustancias que promueven el crecimiento de la planta, fijando nitrógeno atmosférico, solubilizando hierro y fósforo inorgánico y mejorando la tolerancia al estrés por sequía, salinidad, metales tóxicos y exceso de pesticidas, por parte de la planta. El segundo grupo incluye microorganismos los cuales son capaces de disminuir o prevenir los efectos de deterioro de microorganismos patógenos (Bashan y Holguín, 1998; Lucy *et al.* 2004).

La penetración y aceptación que los biofertilizantes han tenido en algunos países es tal que, por ejemplo, en Brasil y Cuba la soya (*Glycine max*), es cultivada con biofertilizantes que contienen microorganismos fijadores de nitrógeno sin la utilización de fertilizantes químicos nitrogenados. Sin embargo, en la mayoría de los países en desarrollo de Asia, África, Centroamérica, Sudamérica, y en México, la tecnología de la biofertilización no ha tenido mayor impacto en la agricultura debido a que no se utilizan o los que se usan son de baja calidad (Bashan, 2008).

Las técnicas de inoculación deben ser prácticas, económicas y fáciles de manejar por el agricultor, el producto formulado debe proveer inóculo suficiente para la planta, además de que el biofertilizante requiere ser competitivo con las normas comerciales vigentes y poseer una larga viabilidad de almacenamiento (Fages, 1992; Sabaratnam y Traquair, 2002; De Bashan *et al.* 2007). De esta forma, la inoculación de cultivos con biofertilizantes puede reducir hasta en un 20 a 50% la aplicación de fertilizantes a base de nitrógeno (Helman *et al.* 2011).

En México, el registro de biofertilizantes es actualmente controlado por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), la cual define un inoculante como un producto elaborado a base de microorganismos que se aplican al suelo o a la semilla con el fin de aprovechar los nutrimentos contenidos en asociación con el vegetal o su rizosfera (Norma Oficial Mexicana NOM-182-SSA1-1998, Etiquetado de Nutrientes Vegetales; Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, 2000). El registro de inoculantes

ante COFEPRIS precisa, entre otros requisitos, de la realización de pruebas de efectividad biológica, el análisis de laboratorio del producto a comercializar y la presentación de una licencia sanitaria por el laboratorio que formulará el biofertilizante.

2.2. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal

En las bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre se encuentran los géneros más estudiados que son *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Beijerinckia* y *Klebsiella*, los cultivos en donde ha sido más estudiado este proceso de fijación de nitrógeno son: caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), arroz (*Oryza sativa*), sorgo (*Sorghum bicolor*), trigo (*Triticum aestivum*) y pastos tropicales forrajeros, donde la fijación de nitrógeno por bacterias asociativas y de vida libre es importante (Döbereiner *et al.* 1995).

De acuerdo con Holguín (2008) entre las plantas y las bacterias existe también un lenguaje dinámico y complejo para su colonización, como su capacidad de utilizar los exudados radicales como fuentes de carbono y su habilidad para interactuar y colaborar con otros microorganismos en la rizosfera.

2.3. Género: *Azospirillum brasilense*

El género *Azospirillum* pertenece a la subclase α -proteobacterias de la familia Rhodospirillaceae siendo *A. lipoferum* la especie tipo (Young, 1992). Características útiles en la identificación rutinaria son la forma vibroide, el pleomorfismo y su movilidad en espiral (Döbereiner, 1992). Las células contienen cantidades elevadas de poli- β -hidroxibutirato (PHB), hasta 50% del peso seco celular (Okon & Burris, 1976).

Hadas y Okon (1987) mencionan que el efecto característico en plantas inoculadas con *Azospirillum* es el incremento en la longitud y número de raíces laterales, un mayor número de pelos radicales, incremento en el peso seco de la raíz, y en la respiración celular, entre otros. Una

vez colonizada la raíz, el movimiento de la bacteria en el sistema radical y entre plantas vecinas se convierte en un mecanismo de dispersión que incrementa la supervivencia de las células de *Azospirillum*, las cuales son totalmente dependientes de la presencia de las raíces para sobrevivir, ya que en ausencia de plantas, la bacteria es fuertemente absorbida en la fracción arcillosa y orgánica del suelo, mediante una interacción pasiva carga-carga, donde el movimiento es extremadamente restringido, aún en presencia del agua de percolación (Castellanos, Ascencio y Bashan, 1998.).

Bashan (1998) menciona que los microorganismos promotores de crecimiento vegetal como *Azospirillum* sp .provocan una absorción más efectiva de los nutrientes, lo que explica la acumulación de compuestos nitrogenados en la planta sin existir una aparente fijación de nitrógeno. Se ha reportado que posee la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico tanto como bacteria de vida libre como en asociación con la planta. Sin embargo *Azospirillum* fija nitrógeno sólo bajo condiciones micro aeróbicas de 0.2 kPa de oxígeno aproximadamente, aunque esta concentración varía entre cepas y especies (Hartmann y Baldani, 2006). Por otro lado, *Azospirillum* es capaz de producir y excretar reguladores de crecimiento vegetal (fitohormonas) tales como las auxinas, citocinas, y giberelinas (Tien *et al.* 1979; Spaepen *et al.* 2009; Molina-Favero *et al.* 2008). Análisis bioquímicos y genéticos en *Azospirillum brasilense* revelaron múltiples vías para la biosíntesis del ácido indolacético (Prinsen *et al.* 1993; Spaepen *et al.* 2007). El ácido indolacético es la principal auxina en las plantas y controla procesos fisiológicos que incluyen, alargamiento, división celular y diferenciación de tejidos, modificando así diferentes órganos de las plantas, como el sistema radical (Taiz y Zeiger, 2002; Overvoorde *et al.* 2010).

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 de las plantas (Bottini *et al.* 2004). Canto *et al.* 2004; Saubidet (2002) han reportado que la inoculación de plantas con *Azospirillum* induce cambios significativos en varios parámetros de crecimiento, tales como la aceleración de la germinación, aumento de la biomasa aérea de la planta. Se ha demostrado que los cultivos puros de *Azospirillum* sp. producen auxinas, citoquininas y sustancias similares a giberelinas, hormonas que participan en el desarrollo vegetal (Kapulnik *et al.* 1985). Según Piccoli *et al.* (1997) la aplicación de giberelinas tiene efectos similares a los que presenta *Azospirillum* spp., en el incremento de los pelos radicales, altura de planta y reducción de procesos fisiológicos.

Döbbelaere *et al.* (2003). Kozdroj *et al.* (2004) han reportado que efectos positivos son mencionados frecuentemente, pero también existen referencias sobre efectos neutros y negativos atribuidos a la especificidad cepa-planta y a una posible competencia por nutrientes con la planta. Aún después de haber establecido la mejor combinación planta- *Azospirillum* para la producción comercial de los cultivos persiste el problema de lograr una aplicación exitosa de las bacterias. Las bacterias tienen que llegar a la raíz para cumplir con su cometido, por lo que la inoculación bacteriana debe realizarse en el momento requerido por la planta (Bashan, 1986b). La inoculación fue realizada después de los 15 días de ser trasplantada, ya que la colonización bacteriana es alta en esta etapa en la raíz, lo cual ha sido reportado en otros trabajos (Bashan y Levanony, 1990), y esto es porque el desarrollo radical permite la presencia de exudados, los cuales son la principal fuente de carbono para los microorganismos. El número de celulasas y hemicelulasas de este género es comparable al encontrado en bacterias que tienen la capacidad de degradar la pared celular, y muchas de estas se cree que fueron adquiridas horizontalmente

(Wisniewski- Dye *et al.* 2011), sugiriendo que *Azospirillum* puede colonizar el interior de la raíz a través de la degradación de componentes de la pared celular de la raíz. García de Salamone *et al.* (1990) pudieron demostrar que la inoculación con dos cepas de *Azospirillum brasilense* mejoró la implantación del cultivo. Esto resulta en un beneficio para el desarrollo de las futuras etapas de crecimiento. Un cultivo más rápidamente implantado comenzará más rápidamente a producir materia seca que le permitirá generar las estructuras de rendimiento por períodos más prolongados posibilitando de esta manera el logro de una mayor producción.

Un inoculante a base de *Azospirillum* es una formulación que contiene una o más cepas bacterianas o especies en un material portador económico fácil de usar, ya sea de naturaleza orgánica o sintética. El inoculante es el medio de transporte bacteriano de la fábrica/laboratorio a la planta. La formulación del inoculante tiene un efecto crucial en el proceso de inoculación porque la formulación escogida determina el éxito potencial del inoculante (Bashan, 1998).

El desarrollo comercial de inoculantes de *Azospirillum* a escala industrial depende de tres factores principales, interrelacionados entre sí: 1) avances en la investigación básica relacionada con el entendimiento de la asociación planta-bacteria; 2) una formulación y una tecnología de aplicación optimizadas, y 3) un cambio de actitud favorable por parte de las industrias agroquímicas y semilleras hacia los inoculantes microbianos y la constitución de normas legislativas en cada país para el uso de biofertilizantes. El desarrollo de inoculantes avanzados es una tarea esencial para lograr la consolidación de la biofertilización con *Azospirillum* como una práctica esencial dentro de las labores agrícolas rutinarias. El desarrollo de un acarreador bacteriano adecuado (sintético, orgánico o inorgánico) determinará si la interacción *Azospirillum*-planta tendrá un impacto significativo en la producción agrícola del futuro (Bashan, 1998; Bashan y González, 1999; Bashan *et al.* 2002). Estas bacterias pueden estimular el

crecimiento de varios cultivos importantes, tanto en condiciones de invernadero como de campo, bajo varias condiciones climáticas y de suelo (Bashan *et al.* 2004).

El género *Azospirillum* se ha investigado a profundidad por su capacidad promotora del crecimiento vegetal y se ha convertido en un excelente modelo para estudiar la interacción planta-microorganismo. Estas investigaciones han derivado en la fabricación de inoculantes con cepas de *Azospirillum* usadas a escala comercial (Helman *et al.* 2011). El efecto de la inoculación con *Azospirillum* sobre el incremento del rendimiento total en experimentos de campo generalmente oscila entre un 10-30 %. Pocos informes indican valores extremadamente altos entre 50-270 % sobre controles no inoculados. No obstante, se considera que incrementos moderados en el rendimiento (hasta un 20 %) son comercialmente valiosos en la agricultura moderna si se obtienen consistentemente. (Bashan y Levanony, 1990).

2.3.1. Aplicación de *Azospirillum brasilense* en cultivo de chile (*Capiscum annuum* L.)

Al inocular con bacterias promotoras del crecimiento vegetal se ha observado un incremento en la calidad de los frutos de tomate (*Solanum lycopersicum*) y chile (*Capiscum annuum* L.). En chile (*Capiscum annuum* L.) el rendimiento se incrementó 40% y se redujo el tiempo de cosecha. En pimiento morrón se incrementó la calidad en un 30% (Olalde y Serratos, 2004). Según Canto-Martin *et al.* (2004) obtuvieron más biomasa seca aérea y de raíz en *C. chinense* inoculadas con *Azospirillum brasilense*, así como mayor número de raíces secundarias y terciarias.

2.3.2. Aplicación de *Azospirillum brasilense* en otros cultivos

En México el mayor impacto de los biofertilizantes fue en los años 70's y 80's con la fijación biológica de nitrógeno en soya (*Glycine max*) y garbanzo (*Cicer arietinum*), donde se logró sustituir la fertilización nitrogenada en Sinaloa que en ese tiempo fue el principal productor nacional de estas leguminosas (Armenta-Bojórquez, 1986; 1990). Por ejemplo, la inoculación de

cepas autóctonas (silvestres) incrementó en 65% la altura de maíz (*Zea mays*), 41% en berenjena (*Solanum melongena*), 40% en frijol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.), 91% en tomate (*Solanum lycopersicum*), 96% en soya (*Glycine max*), 50% en chícharo (*Pisum sativum*) y 16% en okra (*Abelmoschus esculentus*); estos aumentos en la altura de las plantas estuvieron acompañados por incrementos en los rendimientos de los cultivos (Caballero-Mellado *et al.* 1992). Resultados similares fueron encontrados por Shaheen *et al.* (2007) y Pedraza *et al.* (2009) quienes mencionan que a través de la inoculación de cepas nativas de *Azospirillum*, la media de rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum*), aumentó en 88%, la de okra (*Abelmoschus esculentus*), en 50% y la de arroz (*Oryza sativa*), en 40%. Castellanos *et al.* (1995), en un análisis retrospectivo de ensayos experimentales de inoculación de frijol (*Phaseolus vulgaris*), con cepas élite llevados en México en el periodo de 1980 a 1995, encontraron éxito sólo en el 11% de los 47 casos analizados, los tratamientos inoculados superaron a los testigos sin inocular y sin nitrógeno.

El-Komy *et al.* (2003) han reportado que un factor importante que afecta a las plantas durante su crecimiento es el estrés hídrico. Aparentemente plantas de trigo (*Triticum aestivum*) inoculadas con *Azospirillum* favorecen el crecimiento bajo condiciones de sequía, probablemente mejorando el estatus de agua (Creus *et al.* 2004), y produciendo cambios en la distribución de ácidos grasos específicos en la raíz (Pereyra *et al.* 2006). Las poliamidas son consideradas como compuestos que regulan el crecimiento vegetal, entre ellos, la cadaverina se ha correlacionado con el crecimiento del sistema radical o la mitigación del estrés osmótico en algunas especies de plantas. Cassán *et al.* (2009) demostraron que *Azospirillum brasilense* Az39 promueve el crecimiento radical y ayuda a contrarrestar el estrés osmótico en plántulas de arroz (*Oryza sativa*), debido en gran parte a la producción de cadaverina.

Los Consejos de Agricultura de diferentes países han recomendado el uso de *Azospirillum* como inoculante en diferentes cultivos para reducir el uso de fertilizantes nitrogenados. Así mismo, en la producción de trigo (*Triticum aestivum*), a nivel mundial se han encontrado incrementos significativos del 10 al 40% en parcelas biofertilizadas con esta bacteria en comparación con parcelas no inoculadas. Sin embargo, en algunos experimentos la ganancia absoluta debido a la inoculación fue inconstante e independiente de los niveles de fertilización nitrogenada. La promoción del crecimiento vegetal no siempre puede verse reflejada en un aumento de la producción. Diferentes cepas de *Azospirillum* han sido aisladas alrededor del mundo tanto de la rizófora como del interior de la raíz, encontrándose que estas últimas son más eficientes en promover el desarrollo de la planta y su producción cuando son usadas con su hospedero original (Caballero-Mellado *et al.* 2007).

2.4. Hongos formadores de micorrizas arbusculares

Según (Allen, 1991) la relación micorrízica es una asociación mutualista en la que ambos participantes, hongo y planta, mantienen un balance de beneficios y costos positivo, ya que a pesar de los costos que representa estar juntos, los beneficios son mayores y recíprocos, lo cual se ve reflejado en el incremento de las tasas de crecimiento, reproducción y supervivencia de ambas poblaciones involucradas.

Alloush *et al.* (2000) señalan que de los microorganismos que proporcionan fósforo a las plantas, entre los más importantes está los hongos micorrízicos que presentan asociación simbiótica con las plantas, las cuales suministran además de un nicho ecológico, la fuente de carbono que necesita el hongo para su desarrollo, a su vez la planta se beneficia incrementando la captación de nutrimentos minerales del suelo principalmente fósforo. Algunos de los beneficios de las

micorrizas en las plantas incluyen un aumento en la absorción de agua, fósforo y minerales traza (especialmente cuando estos nutrientes se encuentran en formas moderadamente solubles en el suelo; (Abbott y Robson, 1984).

Según Barea *et al.* (1997); Kapoor *et al.* (2008), los hongos formadores de micorrizas arbusculares son simbiontes obligados que colonizan las raíces de las especies de plantas más cultivadas, esta asociación favorece el establecimiento de las plantas, la absorción de nutrientes y la protección contra algunos tipos de estrés bióticos y abióticos. Brundrett (1991) ha reportado que los hongos micorrízicos arbusculares han sido registrados en ecosistemas naturales como desiertos, dunas de arena, selvas tropicales, salinas y sistemas manejados como praderas, huertos y cultivos agrícolas. Así también, se ha demostrado que las plantas micorrizadas tienen mayor tolerancia a metales tóxicos, patógenos de la raíz, sequía, altas temperaturas, salinidad, pH desfavorable del suelo y al choque por trasplante que sufren las plantas no micorrizadas (Mosse *et al.* 1981; Bagyaraj, 1990; Bagyaraj and Varma, 1995). En este sentido, los hongos micorrízico-arbusculares forman asociaciones simbióticas con la mayoría de las plantas de interés agronómico. Se encuentran presentes en casi todos los ecosistemas y han sido un importante soporte de la evolución de las plantas en el sistema radical (Remy *et al.* 1994). Montero *et al.* (2010) investigaron el efecto de la inoculación de estos hongos en suelos con problemas de sequía y reportaron un incremento en el crecimiento y el rendimiento productivo de hasta un 30%, debido principalmente a que el micelio extra radical de los hongos micorrízicos arbusculares incrementó considerablemente el área de exploración de las raíces en el suelo.

Schwab *et al.* (1983); McAllister *et al.* (1995), señalan que en diversos estudios se ha demostrado que los hongos micorrízicos arbusculares influyen en los microorganismos de la rizosfera a través de su efecto en la planta, en parte debido a modificaciones en los exudados de

las raíces. Wright y Upadhyaya (1998); Wright (2000) indican que en el caso de la micorriza arbuscular, la hifa del micelio externo deposita una glicoproteína denominada “glomalina”, la cual está relacionada con la estabilidad de agregados en diferentes tipos de suelo. Según Augé *et al.* (2004) la estabilidad de la estructura del suelo es fundamental para mantener su porosidad, facilitar la penetración de la raíz y permitir que los poros puedan retener agua y minerales, con lo que contribuyen a la fertilidad y mejora de las relaciones hídricas en las plantas.

2.5. Género: *Glomus intraradices*

El hongo Micorriza Vesículo Arbuscular (MVA) *G. intraradices*, pertenece a la clase Zygomycetos, orden Glomales, suborden Glomineae y a la familia Glomaceae. Posee esporas unicelulares que nacen de una sola hifa, son globosas o subglobosas (93 µm), de color blanco, crema a amarillo-café, cuentan con tres paredes; además de tener hifas cilíndricas (Morton, 2002).

2.5.1. Aplicación de *Glomus intraradices* a cultivo de chile (*Capiscum annuum* L.)

Otra alternativa factible de uso en chile (*Capiscum annuum* L.) es la inoculación de hongos micorrícicos arbusculares, los cuales llegan a colonizar en alto grado a esta especie (Waterer y Coltman, 1989; Villalobos, 1993) logrando incrementar su desarrollo vía mayor absorción de nutrimentos, principalmente P (Marschner y Dell, 1994). La alta afinidad de chile a la micorriza ya fue reportada por varios autores, quienes encontraron colonización de hasta 90 % (Bagyaraj y Sreeramulu, 1982; Waterer y Coltman, 1989). Para el tipo serrano, Villalobos (1993) reportó colonización de 41 y 38.75 %, respectivamente con las cepas *Glomus* spp. Zac-2 y *Glomus* spp. Zac-3 en trabajos de campo. La colonización total y el porcentaje de arbúsculos estuvieron asociados con área foliar, volumen radical, peso seco de follaje, número de frutos, peso fresco de frutos y tasa fotosintética, por lo que los incrementos logrados en estas variables se deben

probablemente a la micorriza, como lo refieren otros autores (Matías Crisóstomo y Ferrera-Cerrato, 1993; Torres, 1993). El género *Capsicum* muestra afinidad por los hongos formadores de micorrizas arbusculares y es el género *Glomus* el hongo formador de micorrizas arbusculares que con mayor frecuencia habita la rizosfera del cultivo (Cardona *et al.* 2008).

Las plantas de chile (*Capsicum annuum* L.) requieren para su desarrollo gran cantidad de luz, calor, humedad y sobre todo minerales (Maroto, 1989). Según Martín y Stutz (2004) los hongos micorrízicos arbusculares son capaces de incrementar la absorción de nutrimentos (N, P, K, Ca, Cu, Mg, Mn, Zn, etc.) y distribuirlos a la planta; esto es debido a que incrementan el área de exploración radical, a través de la extensión de sus hifas en el suelo. Espinosa-Victoria *et al.* (2004); Mena-Violante *et al.* (2006) han reportado que la aplicación de los hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo del género *Capsicum* ha demostrado una mejora en la nutrición de las plantas así como en la tolerancia a patógenos del suelo.

2.5.2. Aplicación de *Glomus intraradices* en otros cultivos

Los estudios locales con inoculación de semilla de sorgo, han determinado que *G. intraradices* (cepa INIFAP), destacó como un simbiote eficiente, no así cuando se combinó con otros simbiotes o con fitohormona (Díaz, 2003; Díaz M., 2002; Garza *et al.* 2003; Magallanes y Díaz, 2002). En diversos estudios realizados en maíz (*Zea mays*), se ha reportado un incremento de rendimiento de grano por efecto de los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) nativos del suelo de hasta 25% con respecto a la fertilización química, sobre todo en suelos con baja fertilización de fósforo (Díaz *et al.* 2005).

2.6. Combinación de bacterias promotoras del crecimiento vegetal y hongos micorrízicos arbusculares

Las combinaciones de hongos y bacterias en diferentes plantas tienen efectos sinérgicos en la nutrición de la planta huésped y un beneficio concomitante en el desarrollo vegetativo y reproductivo, como es el caso de la simbiosis doble con *Rhizobium-Glomus* en *Leucaena* (Aguirre-Medina y Velazco-Zebadúa, 1994), *Azospirillum-Glomus* en cacao (Aguirre-Medina *et al.* 2007).

Aunque el principal beneficio de los inoculantes duales es incrementar la absorción de nutrientes provenientes de los fertilizantes y del propio suelo (Bashan *et al.* 2004; Belimov *et al.* 1995).

Kloepper (1996) ha reportado que las bacterias promotoras del crecimiento de las plantas son capaces de colonizar, sobrevivir y multiplicarse en micro hábitats asociados a la superficie de la raíz, promoviendo el crecimiento de las plantas en este sentido, se ha demostrado que los hongos formadores de micorriza arbuscular y las bacterias promotoras del crecimiento de las plantas pueden interactuar durante los procesos de colonización de la raíz; las bacterias promotoras del crecimiento de las plantas pueden influir en el funcionamiento y formación de la micorriza y, en consecuencia, las micorrizas pueden afectar las poblaciones de bacterias promotoras de crecimiento de las plantas en la rizosfera (Barea *et al.* 2002; Bonfante y Anca 2009).

El fenómeno más notable del empleo de *Azospirillum* es que sus efectos son eficaces y rentables cuando otros microorganismos son co-inoculados (Bashan y Holguín, 1997a, b). Los consorcios aparentemente funcionan mejor cuando se incluyen bacterias solubilizadoras de fosfatos, *Azotobacter*, *Rhizobium*, bacilos y hongos micorrícicos arbusculares. Esto se explica por los efectos sinérgicos de cada uno de ellos sobre el aumento en la disponibilidad de nutrientes y la inactivación de compuestos inhibitorios, actividades que conllevan a un mejor crecimiento de las plantas.

2.6.1. Aplicación de *Azospirillum brasilense* + *Glomus intraradices* en cultivo de chile (*Capiscum annuum* L.)

Además, cuando se inoculan hongos micorrízicos y bacterias promotoras del crecimiento vegetal los resultados son mejores. En chile (*Capiscum annuum* L.), el rendimiento se incrementó 40% y se redujo el tiempo de cosecha. En pimiento morrón (*Capiscum annuum* var. *annuum*) se incrementó la calidad en un 30% (Olalde y Serratos, 2004).

En el ciclo agrícola del año 2009 se instalaron 12 parcelas demostrativas en diversos municipios del estado de Zacatecas con el fin de evaluar y demostrar ante los productores de chile (*Capiscum annuum* L.) el efecto de la aplicación de un biofertilizante comercial a base de bacterias fijadoras de nitrógeno (*Azospirillum brasilense*) y hongos micorrízicos (*Glomus intraradices*) en el cultivo de chile (*Capiscum annuum* L.).

El rendimiento de chile seco (*Capiscum annuum* L.) con el tratamiento testigo fue de 1,607.4 kg/ha, mientras que con las aplicaciones del biofertilizante fue de 2,439.6 kg/ha. La inoculación del hongo micorrízicos *Glomus intraradices* en conjunto con la bacteria fijadora de nitrógeno *Azospirillum brasilense* a cultivos de chile (*Capiscum annuum* L.) var. Mirasol y Puya, incrementaron el crecimiento de la planta, número de hojas, diámetro del tallo, peso seco de la raíz y peso seco de tallos; y como consecuencia el rendimiento fue de 51.8%. (Lara *et al.* 2010).

2.6.2. Aplicación de una combinación de *Azospirillum brasilense* + *Glomus intraradices* en otros cultivos

Según Aguirre-Medina (2008) a partir del año de 1999 y apoyado inicialmente por el Programa Nacional de Biofertilizantes del Gobierno Federal, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha realizado diversas evaluaciones en campo del

efecto de inoculantes microbianos, basados en *Rhizobium etli*, *Bradyrhizobium japonicum*, *Azospirillum brasilense* y el hongo micorrizógeno *Glomus intraradices*, sobre la productividad de cultivos básicos de nuestro país. Los resultados obtenidos a través de este programa demostraron la factibilidad de utilizar biofertilizantes como una alternativa para incrementar la productividad de los cultivos en nuestro país.

De acuerdo con Aguirre-Medina (2006) el mayor peso seco del sistema radical de las plantas de café se obtuvo con la inoculación de *A. brasilense* solo o combinado con *G. intraradices*, pero con diferencia estadística a los 60 y 90 dds, a partir de los 120 días no hubo diferencia. Los altos coeficientes de variación de los muestreos no permitieron la separación entre los tratamientos. Esta respuesta ha sido reportada para diversos cultivos anuales y perennes.

En suelos salinos, Rabie y Almadini (2005) encontraron que la inoculación *Azospirillum brasilense* en plantas de haba (*Vicia faba*) previamente infectadas con micorrizas arbusculares potenció los efectos benéficos de estos hongos.

Aguirre- Medina (2006) han reportado que en maíz (*Zea mays*), durante los ciclos agrícolas primavera-verano 1999 y 2000 se realizaron a nivel nacional 29 parcelas de validación con maíces criollos comparando el tratamiento testigo con *Glomus intraradices*. Los rendimientos promedio fueron de 1,534 kg ha⁻¹ para el testigo y de 1,875 kg ha⁻¹ para las parcelas con micorriza. En este caso la diferencia entre ellos fue de 22%; la co-inoculación de *Glomus intraradices*- *Azospirillum brasilense* produjo 1,891 kg ha⁻¹. Dobbelaere *et al.* (2003) señalan que de igual forma, *A. brasilense* puede inducir mayor desarrollo radical en diferentes plantas anuales cuando se inoculan juntos *Azospirillum brasilense* + *Glomus intraradices* en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y maíz (*Zea mays* L.). Ruíz-Sánchez *et al.* (2011) señalan que biofertilizantes a base de hongos con capacidad de promover el crecimiento vegetal, conocidos

como micorrizas, se están empleando junto con *Azospirillum brasilense* para tener un mayor efecto en la agricultura. La inoculación de plantas de arroz (*Oryza sativa*) con *Glomus intraradices* junto con *Azospirillum brasilense* mejora el crecimiento de estas plantas bajo condiciones de estrés hídrico. Este incremento fue superior a las inoculadas solamente con *Glomus intraradices* o *Azospirillum brasilense*.

Por su parte, Uribe *et al.* (2007) no encontraron diferencias en rendimiento entre plantas inoculadas con los microorganismos *Azospirillum brasilense* y la micorriza *Glomus intraradices* y plantas fertilizadas químicamente (40-100-00). Aunque el principal beneficio de los inoculantes duales es incrementar la absorción de nutrientes provenientes de los fertilizantes y del propio suelo (Bashan *et al.* 2004; Belimov *et al.* (1995).

A diferencia de las bacterias simbióticas que se encuentran dentro de la raíz, la colonización por organismos rizosféricos está fuertemente afectada por las condiciones de medio ambiente edáfico (Saubidet *et al.* 2002; Döbbelaere *et al.* 2002; Reis Jr. *et al.* 2004), lo que podría ser la causa de los resultados contradictorios y variables encontrados en inoculaciones realizadas en condiciones de campo.

La asociación es considerada multifuncional y los beneficios van más allá de los aspectos nutricionales. Existe un aumento de la superficie absorbente del sistema radical mediante el incremento en la raíz (Bowen y Rovira, 1999), como en maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*) y cebada (*Hordeum vulgare*) (Irizar *et al.* 2003), aunque en otras plantas, como frijol (*Phaseolus vulgaris*) (Aguirre-Medina y Kohashi-Shibata, 2002) y cafeto (*Coffea arabica* L.)(Aguirre-Medina *et al.* 2011), esto no sucede.

En Oaxaca, Arredondo *et al.* (2003) encontraron incrementos del 11% en el rendimiento de grano de maíz (*Zea mays*) con la biofertilización de *Azospirillum brasilense* y *Glomus*

intraradices en comparación con el testigo. En parcelas de maíz (*Zea mays*) V 537 establecidas en Campeche, De Alba (2000) encontró rendimientos similares utilizando la dosis de fertilización completa recomendada (82-92-00) y la dosis 27-30-00 más *Glomus intraradices* y *Azospirillum brasilense*.

El éxito de los microorganismos benéficos a desarrollado un mercado de productos denominados biofertilizantes, cuyos beneficios no sólo se enfocan al crecimiento vegetal, sino que también pueden ser elementos importantes en la estabilidad de los agro ecosistemas y del ambiente, ya que su aplicación influye directamente en la disminución de fertilizantes que participan como agentes de contaminación (Alarcón y Ferrera -Cerrato, 2000).

Se está adoptando una estrategia de suministro de nutrientes a los cultivos (hortalizas y cultivos de grano), integrando una inteligente combinación de fertilizantes orgánicos, humus de lombriz y biofertilizantes; todo ello dentro del marco de la sustentabilidad, para reducir los daños causados al ambiente y a la salud del hombre y los animales por los métodos irracionales que se han empleado en las últimas décadas (Fundación Produce, 2006).

Por tal razón, una de las tendencias a nivel mundial en el uso de biofertilizantes es la implementación de proyectos de investigación para el desarrollo de formulaciones microbianas estables, eficaces y amigables con el ambiente y sobre todo que contengan diversos microorganismos con funciones complementarias destinadas a mejorar la productividad de un amplio espectro de cultivos.

2.7. Crecimiento

El crecimiento de los diferentes órganos de las plantas, es un proceso fisiológico complejo, que depende directamente de la fotosíntesis, la respiración, la división celular, la elongación, la diferenciación, entre otros, y que además está influenciada por factores como temperatura,

intensidad de luz, densidad de población, calidad de la semilla, disponibilidad de agua y de nutrientes (Mohr 1995).

El patrón de crecimiento de un organismo se describe por medio de la curva sigmoidea. Steward (1969) señala que se observan tres fases en la curva sigmoidea:

1^a. Fase de retardación: ocurre cuando las plantas comienzan a perder masa seca durante el proceso de germinación. A medida que se desarrolla el embrión se van agotando las reservas de la semilla.

2^a. Fase logarítmica: en ella el crecimiento se da rápidamente y de forma lineal.

3^a. Fase de envejecimiento: el crecimiento comienza a decrecer disminuyendo por ende la masa seca.

De acuerdo con Bidwell (1993) el desarrollo es un cambio ordenado o progresivo, a menudo (aunque no siempre) hacia un estado superior más ordenado o más complejo.

2.7.1. Análisis de crecimiento

Hunt (1990) indica que el análisis de crecimiento de las plantas es un enfoque cuantitativo para ser útil en la descripción y la interpretación de los resultados de los sistemas de toda la planta cultivada en condiciones naturales o controladas. De acuerdo con Taiz y Ziger (1991); Radford (1967) señalan que el peso seco es el criterio más apropiado para medir el crecimiento y la magnitud del sistema de asimilación de la planta, referido, frecuentemente, al área foliar total. Shibles (1987) señala que el área foliar es la medida usual del tejido fotosintetizador de una comunidad de plantas. Ésta determina la cantidad o importe de energía solar que es absorbida y convertida a materiales orgánicos.

El análisis matemático de crecimiento usa medidas directas tales como masa seca total de la planta, área foliar total y tiempo; y medidas derivadas como son la tasa de crecimiento relativo

(TCR), la tasa de asimilación neta (TAN), , relación del área foliar (RAF), y el área foliar específica (AFE) que pueden ser obtenidas a partir de las medidas directas. Los valores se obtienen de los muestreos destructivos estimados como masa seca Peso seco 1 y Peso seco 2 realizados en los tiempos Tiempo 1 y Tiempo 2, respectivamente.

2.7.2. Coeficientes de Partición de Biomasa

El Coeficiente de Partición de Biomasa (CPB) nos muestra como se distribuyeron los asimilados en la planta a lo largo del ciclo del cultivo.

2.7.3. Índices de crecimiento

2.7.3.1. Tasa de crecimiento relativo (TCR)

Es la eficiencia de la planta para producir nuevo material en un tiempo determinado ($\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$) (Hunt, 1982).

2.7.3.2. Tasa de asimilación neta (TAN)

Expresa el aumento en peso seco total de la planta por unidad de tiempo y por unidad de superficie foliar ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$) (Sivori y Montaldi, 1980).

Este índice representa una medida del balance que existe entre la actividad fotosintética y la actividad respiratoria de la planta.

2.7.3.3. Relación de área foliar (RAF)

Es la relación que existe entre el área foliar total y el peso seco total o por órgano de la planta (Hunt, 1982).

2.7.3.4. Relación de peso foliar (RPF)

Este índice está formado por dos componentes: la magnitud del peso seco de la hoja, y por la unidad de peso seco total de la planta. No tiene unidades ya que al calcular en gramos el peso

seco de la hoja y dividirlo entre gramos del peso seco total el resultado queda Adimensional. Aunque es una medida instantánea, a menudo se emplea la media entre el intervalo de t_1 a t_2 .

2.7.3.5. Área foliar específica (AFE)

Este índice expresa la densidad o el grosor relativo de la hoja. Es una medida de la relación entre el área foliar y el peso seco de la hoja por lo que las unidades en que se expresa son: $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$.

2.8. Rendimiento

De acuerdo con Gálvez (2005) el rendimiento de un cultivo viene dado por la capacidad de acumular biomasa en los órganos que se destinan a la cosecha. Un aumento en la proporción de materia seca destinada a estos órganos garantizará un aumento en la producción.

2.8.1. Componentes del rendimiento

Los dos componentes básicos son: la cantidad de individuos existentes en esa unidad de superficie (densidad de población) y producción particular de cada individuo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio experimental

3.1.1. Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en el ciclo agrícola primavera-verano de 2016. Este experimento se llevó a cabo en un campo de cultivo de la localidad de Rancho Nuevo (Figura 1), localizado al noreste del Municipio de Ramos Arizpe, en el Estado de Coahuila de Zaragoza, México, cuyas coordenadas geográficas son: $25^{\circ}44'22.44''$ latitud Norte y $101^{\circ}07'22.21''$ longitud Oeste a una altitud de 1029 msnm (Figura 2).

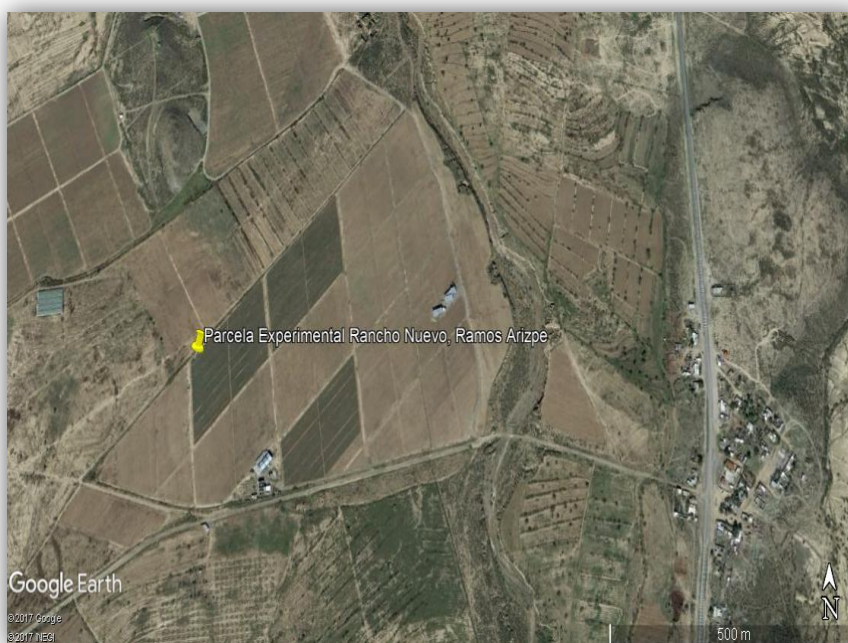


Figura 1. Micro localización del sitio experimental. Imagen satelital del campo de cultivo y la parcela experimental en Rancho Nuevo, Municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México. (Fuente: Google Earth/INEGI 2017).

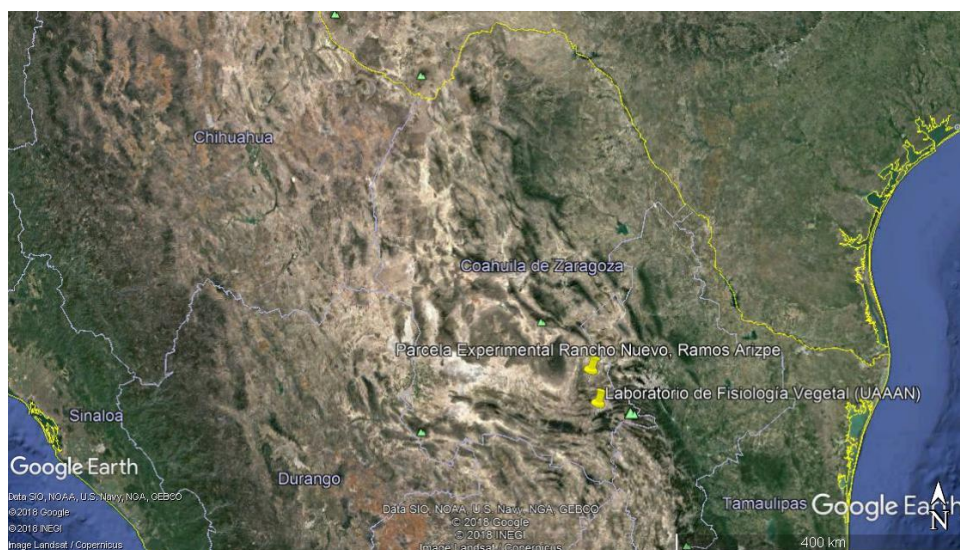


Figura 2. Macro localización del sitio experimental. Imagen satelital de la localización geográfica del campo de cultivo. (Fuente: Google Earth 2018).

Las características del clima de Rancho Nuevo, Ramos Arizpe, Coah., de acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modificado por García en (1973) semiárido o estepario con fórmula climática $BSokx' (e)$ (Figura 3).

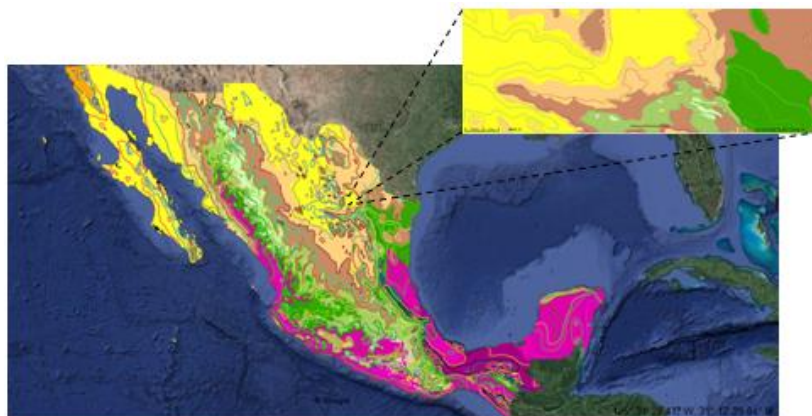


Figura 3. Imagen ampliada del mapa de clasificación climatólogica de Rancho Nuevo, Municipio de Ramos Arizpe, en el Estado de Coahuila de Zaragoza, México. (Fuente: CONABIO 2017).

Se caracteriza por tener una temperatura media anual 20.04°C , los meses más cálidos son junio, julio y agosto, en tanto que las temperaturas más bajas se registran en diciembre y enero, la precipitación media anual es de 199.6 mm, con un régimen de lluvias de abril a octubre y escasas de noviembre a marzo, e l mes más seco es marzo, la mayor precipitación cae en septiembre, las heladas, por lo general, comienzan en noviembre, son más intensas y frecuentes de diciembre a enero. Vientos dominantes con dirección noreste con velocidades medias de 22 km hr^{-1} .

El suelo se clasifica como Xerosol cálcico y clase textural media de acuerdo con la Carta edafológica Clave G14C23 del INEGI (Figura 4).

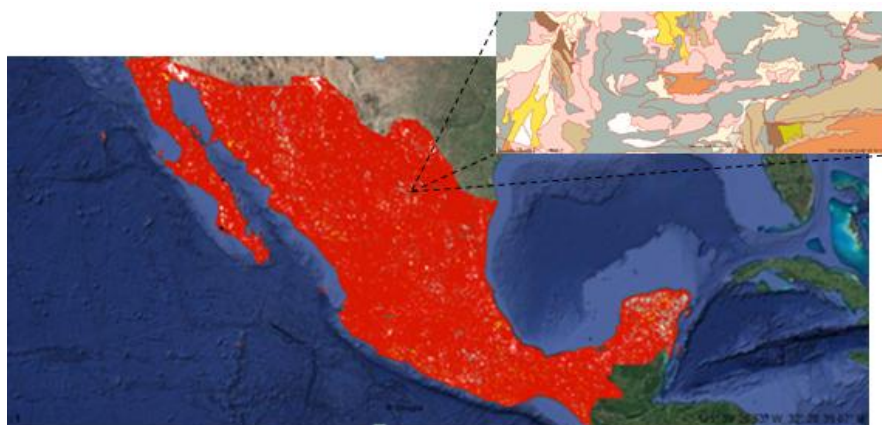


Figura 4. Imagen ampliada del mapa de clasificación edafológica de Rancho Nuevo, Municipio de Ramos Arizpe, en el Estado de Coahuila de Zaragoza, México. (Fuente: INEGI 2017).

El terreno cuenta con una pendiente de 2.5% (Figura 5).



Figura 5. Imagen del terreno del campo de cultivo cuya pendiente es de 2.5%

Y en el Laboratorio de Fisiología Vegetal del Departamento de Botánica de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en localidad Buenavista, al sur del Municipio de Saltillo, en el Estado de Coahuila de Zaragoza, México, cuyas coordenadas geográficas son $25^{\circ} 21'20.79''$ latitud Norte y $101^{\circ}1'52.87''$ longitud Oeste a una altitud de 1779 msnm., (Figura 6).



Figura 6. Imagen satelital del Laboratorio de Fisiología Vegetal del Departamento de Botánica de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. (Fuente: Google Earth/INEGI 2017).

3.2. Establecimiento del experimento

Para establecer el experimento se utilizaron cuatro surcos con acolchado plástico negro, plantas a doble hilera en acomodo tres bolillo y riego por cintilla (Figura 7), de los cuales se dejaron los dos de las orillas como cerco y los dos centrales para los cuatro bloques experimentales (4 repeticiones), 10 plantas por tratamiento, dejando un espacio de 6 plantas entre cada repetición), dando un total de 480 plantas en el experimento, se realizó un sorteo para la identificación de los bloques con banderas plásticas de colores (Figura 8).



Figura 7. Surcos con acolchado plástico negro, plantas a doble hilera, acomodo tres bolillo y riego por cintilla utilizados en el trabajo experimental.

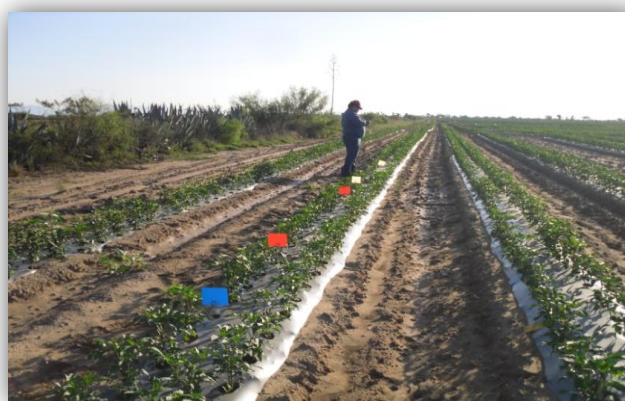


Figura 8. Abanderamiento previo a la inoculación para identificación de los tratamientos en cada bloque en un cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) var. Mítla a los 15 días después del trasplante.

3.2.1. Inoculación de plántulas

La inoculación se realizó a las 8:00 am del día 05 de junio de 2016 a los 15 días después del trasplante (Figura 9), el material biológico fue transportado en cajas de cartón para evitar su exposición a la luz y el calor durante el proceso de inoculación planta por planta (Figura 10), aplicando a cada planta la dosis calculada (Tabla 2).



Figura 9. Inoculación de las plántulas de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitle.



Figura 10. Material biológico protegido en frascos color ámbar con tapa hermética, transportados en cajas de cartón del laboratorio al campo experimental.

3.3. Descripción de los tratamientos

Tabla 1. Número de tratamientos, productos y dosis aplicadas.

TRATAMIENTO	PRODUCTO	DOSIS
T1	Testigo Absoluto	12.5ml/planta
T2	Testigo Comercial (Biomil)	12.5ml/planta
T3	<i>Azospirillum brasilense</i> (.457ml/L agua)	12.5ml/planta
T4	<i>Azospirillum brasilense</i> (.914ml/L agua)	12.5ml/planta
T5	<i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Glomus intraradices</i>	12.5ml/planta
T6	<i>Glomus intraradices</i>	12.5ml/planta

3.4. Material vegetal

En este trabajo se utilizó como material vegetativo plantas de chile jalapeño (*Cupiscum annuum* L.) var. Mitla.

3.5 Material biológico (Biofertilizantes)

Se utilizó un biofertilizante a base de *Azospirillum brasilense*, y uno a base de *Azospirillum brasilense* + *Glomus intraradices*, así como un testigo comercial todos ellos proporcionados por la empresa Biogea Plantek (Figura 11).



Figura 11. Biofertilizante BIOGEA PLANTEK a base de *Azospirillum brasilense* utilizado en el experimento, presentación en envase de 200ml.

3.6. Material y equipo de laboratorio utilizado

A continuación se enlista el material y equipo de laboratorio utilizado (Figura 12):

- 1 atomizador
- 1 garrafón de agua purificada
- 6 frascos de precipitado de 1000 ml.
- 6 frascos de vidrio color ámbar con tapa hermética
- Etiquetas
- 6 palitos de madera
- 6 pipetas graduadas de 10 ml.
- 6 tubos galvanizados 3/8"
- 6 varillas de cristal
- Acetona
- Balanza semi analítica



Figura 12. Material de laboratorio utilizado en la preparación de las disoluciones.

Las disoluciones se prepararon en el Laboratorio de Fisiología Vegetal utilizando agua purificada y se colocaron en frascos de vidrio color ámbar de 1000ml de capacidad con tapa hermética, para protección del material biológico. (Figura 13).



Figura 13. Preparación de disoluciones de los tratamientos y envasado en frascos de vidrio color ámbar con tapa hermética para protección del material biológico.

3.7. Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó fue un diseño de bloques al azar (BA), con 6 tratamientos y 4 repeticiones, dando un total de 24 unidades experimentales.

3.7.1. Análisis estadístico de datos

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza, una comparación de medias y prueba de medias (LSD Fisher, $\alpha \leq 0.5$) para las variables estadísticamente diferentes. Se utilizó el Paquete de Diseños Experimentales FAUANL, Versión 1.6 de PRUEBA (Olivares, 2015) y el software estadístico SAS® (Statistical Analysis System) V9 para Windows.

3.7.2. Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$i = 1, 2, 3, \dots t \dots$ tratamientos.

$j = 1, 2, 3, \dots n \dots$ observaciones.

Y_{ij} = La j -ésima observación del i -ésimo tratamiento.

μ = Es la media poblacional de estimar a partir de los datos del experimento.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento a estimar a partir de los datos del experimento.

ε_{ij} = Efecto aleatorio de variación.

3.8. Variables agronómicas a evaluar

A los 14 días después de la inoculación se realizó el primer muestreo, colectando una planta por tratamiento y repetición en total 24 muestras (Figura 14), de la cual se cortó la parte aérea y se colocó en una bolsa de polietileno etiquetada y se trasladó al Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro para su evaluación agronómica (Figura 15), se realizaron 4 muestreos durante la duración del experimento (Tabla 3).



Figura 14. Primer muestreo de plantas de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla, 14 días después de la inoculación.

Tabla 2. Número, fecha, intervalos y tiempo en días para los muestreos que se realizaron para el estudio de la biomasa.

NÚMERO DE MUESTREO	FECHA DE MUESTREO	INTERVALO EN DÍAS	TIEMPO EN DÍAS
1	20 junio 2016	14	14
2	04 julio 2016	14	28
3	18 julio 2016	14	42
4	02 agosto 2016	15	57



Figura 15. Muestreo en campo de cultivo Rancho Nuevo, Ramos Arizpe para evaluaciones agronómicas en Laboratorio Fisiología Vegetal de la UAAAN, de plantas de chile jalapeño (*Capiscum annum L.*) var. Mitla.

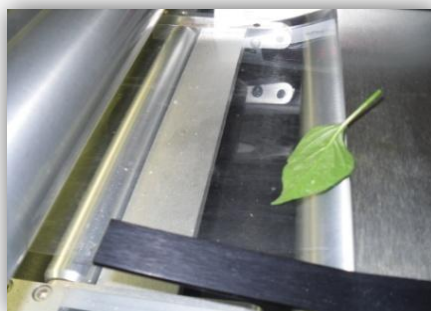
Una vez en el Laboratorio de Fisiología Vegetal del Departamento de Botánica de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, cada una de las 24 muestras fue disectada para su evaluación (Figura 16).



Figura 16. Muestras disectadas en el Laboratorio de Fisiología Vegetal para su evaluación.

3.8.1. Medición de área foliar

En el Laboratorio de Fisiología Vegetal del Departamento de Botánica de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, para obtener el área foliar se defoliaron las plantas colectadas en cada muestreo, se utilizó un medidor de área Marca LI-COR Modelo LI3100C en el cual se colocó cada hoja con el haz hacia abajo sobre la banda transparente (Figura 17), determinando su área en centímetros cuadrados (cm^2).



a)



b)

Figura 17. Muestra colectada (a), y Medidor de área (b), Marca LI-COR utilizado determinar el área foliar de de las plantas de chile jalapeño (*Capiscum annum* L.) var. Mitla.

3.8.2. Peso seco de cada órgano de la planta

Tanto las hojas como los tallos, flores y frutos de cada planta se colocaron en bolsas de papel estraza para su secado dentro de una estufa Marca FELISA Modelo 293A a 70°C durante 72 horas (Figura 18), una vez secas las muestras se pesaron en una balanza semi analítica Marca OHAUS Modelo TS400S determinando su peso en gramos (g) (Figura 19).



Figura 18. Estufa de secado Marca FELISA Modelo 293A utilizada a 70°C, y muestra seca obtenida de hojas, tallos, flores y frutos.



Figura 19. Balanza semi-analítica Marca OHAUS Modelo 293A, utilizada para determinar el peso seco de hoja, tallo, flor y fruto de las muestras de plantas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) Var. Mitla.

3.9. Análisis de crecimiento

Una vez obtenidos los datos de área foliar, peso seco de hoja, peso seco de tallo, peso seco de flor, peso seco de fruto y peso seco total, se utilizaron para determinar los coeficientes de partición de biomasa y los índices de crecimiento, de acuerdo con las fórmulas que se indican en las Tablas 3 y 4.

Tabla 3. Fórmulas y unidades para índices de crecimiento y coeficientes de partición de biomasa en vegetales. Empleados por (De la Rosa, 2015).

Índice de crecimiento	Nombre	Fórmula para valor medio	Unidades
Relación de Peso Foliar	RAF	$((PSh_1/PS_1)+(PSh_2/PS_2))/2$	g.g
Área foliar específica	AFE	$((AF_1/PSh_1)+(AF_2/PSh_2))/2$	$g.cm^{-2}.g$
Índice de eficiencia de crecimiento del fruto	IECfr	$((PSfr_2-PSfr_1)7(t_2-t_1))*((lnAF_2-lnAF_1)/(AF_2-AF_1))$	$g.cm^{-2}.dia^{-1}$
Coefficiente de partición de biomasa	Nombre	Fórmula	Unidades
Coefficiente de partición de biomasa de hoja	CPBh	PSh/PS	Adimensional
Coefficiente de partición de biomasa de tallo	CPBt	PSt/PS	Adimensional
Coefficiente de partición de biomasa de flor	CPBflor	$PSflor/PS$	Adimensional
Coefficiente de partición de biomasa de fruto	CPBfr	$PSfr/PS$	Adimensional

Símbolos utilizados: PSh: peso seco de hoja, PS: peso seco total, PSt: peso seco de tallo, PSflor: peso seco de flor, PSfr: peso seco de fruto. g= gramos. cm^2 = centímetro cuadrado

Tabla 4. Fórmulas y unidades para índices de crecimiento

Índice de crecimiento	Nombre	Fórmula para valor medio	Unidades
Tasa de crecimiento relativo	TCR	$((\ln(PS_2)-\ln(PS_1))/(t_2-t_1))$	$g\ g^{-1}\ día$
Tasa de asimilación neta	TAN	$((PS_2-PS_1)/(t_2-t_1))*((\ln AF_2-\ln AF_1)/(AF_2-AF_1))$	$g\ g^{-1}\ día$
Relación de peso foliar	RPF	$((PSH_1/PS_1)+(PSH_2/PS_2))/2$	Adimensional

g= gramos. cm^2 = centímetro cuadrado

3.10. Rendimiento

El rendimiento del cultivo se determinó obteniendo el número de frutos por planta, el número de plantas por metro cuadrado, el peso de sus frutos (Figura 20), y posteriormente se proyectó el peso en una hectárea.



Figura 20. Balanza semianalítica Marca OHAUS Modelo 293A (a), utilizada para obtener el peso fresco del fruto y muestreo de frutos para determinar rendimiento (b).

3.10.1. Número de frutos por planta

Esta variable se determinó sumando el número de frutos de cada fecha de corte.

3.10.2. Número de frutos por m^2

Esta variable se determinó multiplicando el número de frutos por planta por el número de plantas por m².

3.10.3. Peso fresco del fruto por planta

Esta variable se determinó al obtener la media del peso de cada fruto en las diferentes fechas de corte.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variables agronómicas evaluadas

En los resultados del análisis de varianza y comparación de medias de las variables agronómicas evaluadas en un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratado con un biofertilizante a base de *Azospirillum brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *Glomus intraradices*, se presentaron diferencias estadísticas significativas para las variables agronómicas área foliar y peso seco de la flor, pero los demás tratamientos no mostraron diferencias estadísticas significativas, pero si diferencias numéricas para el primer muestreo (Tabla 5). Se observó que el valor más alto lo presentó el tratamiento *G. intraradices* superando al Testigo absoluto en un 12.33% para la variable agronómica área foliar (Gráfico 1). Para la variable peso seco de hoja el tratamiento *G. intraradices* presentó el valor más alto superando al Testigo absoluto en un 13.74%. El tratamiento *G. intraradices* reportó el más alto valor con respecto al Testigo absoluto para la variable peso seco de tallo superándolo en un 12.10%. Para el peso seco de la flor se observó que *G. intraradices* superó al Testigo absoluto en un 18.57%. El tratamiento *A. brasilense* (Dosis 1) superó al Testigo absoluto para la variable agronómica peso seco del fruto con un 24.67%. Para la variable peso seco total el tratamiento *G. intraradices* superó al Testigo absoluto en un 13.80%.

Tabla 5. Análisis de varianza y comparación de medias de las variables agronómicas evaluadas en un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratado con un biofertilizante a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*.

Tratamientos	Variable	Fechas de los muestreos			
		20-jun-16	04-jul-16	18-jul-16	02-ago-16
Testigo absoluto		1059.9 a [©]	2068.5 ab	2109.1 a	3408.6 a
Testigo comercial		1335.5 a	2021.0 ab	2217.7 a	3157.7 a
<i>A. brasilense</i> (Dosis 1)	Área foliar (cm ²)	1126.0 a	1882.6 ab	2739.1 a	3397.4 a
<i>A. brasilense</i> (Dosis 2)		941.7 a	1916.4 ab	2515.9 a	3426.6 a
<i>A. brasilense</i> + <i>G. intraradices</i>		1130.3 a	2391.2 a	2363.5 a	2926.5 a
<i>G. intraradices</i>		1190.6 a	1743.5 b	2376.0 a	3444.8 a
C.V. (%)		16.6	17.9	20.5	18.3
S.E.		*	*	NS	NS
Testigo absoluto		6.1 a	13.6 ab	17.5 ab	26.7 a
Testigo comercial		5.9 a	13.2 ab	16.7 b	24.6 a
<i>A. brasilense</i> (Dosis 1)	Peso seco hoja (g)	6.3 a	12 b	22.4 a	27.1 a
<i>A. brasilense</i> (Dosis 2)		5.7 a	13.4 ab	18.5 ab	29.2 a
<i>A. brasilense</i> + <i>G. intraradices</i>		6.6 a	15.2 a	19.8 ab	27.1 a
<i>G. intraradices</i>		6.9 a	12.1 ab	20.3 ab	27.3 a
C.V. (%)		15.9	15.6	18.1	18.1
S.E.		NS	NS	NS	NS
Testigo absoluto		4.0 a	9.1 a	14.0 ab	20.7 a
Testigo comercial		4.3 a	9.0 a	12.4 b	18.7 a
<i>A. brasilense</i> (Dosis 1)	Peso seco tallo (g)	4.1 a	8.6 a	18.3 a	20.5 a
<i>A. brasilense</i> (Dosis 2)		3.8 a	9.7 a	14.3 ab	23.6 a
<i>A. brasilense</i> + <i>G. intraradices</i>		4.5 a	10.9 a	16.6 ab	21.3 a
<i>G. intraradices</i>		4.5 a	8.3 a	16.5 ab	19.5 a
C.V. (%)		21.3	19.1	20.6	22.5
S.E.		NS	NS	NS	NS
Testigo absoluto		0.4 a	0.3 a	0.2 a	0.7 a
Testigo comercial		0.4 a	0.2 a	0.3 a	0.2 a
<i>A. brasilense</i> (Dosis 1)	Peso seco flor (g)	0.3 a	0.2 a	0.3 a	0.4 a
<i>A. brasilense</i> (Dosis 2)		0.4 a	0.2 a	0.3 a	0.2 a
<i>A. brasilense</i> + <i>G. intraradices</i>		0.4 a	0.3 a	0.3 a	0.4 a
<i>G. intraradices</i>		0.5 a	0.3 a	0.2 a	0.5 a
C.V. (%)		25.9	32.6	44.8	91.3
S.E.		*	NS	NS	NS
Testigo absoluto		7.6 a	38.7 a	13.2 b	40.1 b
Testigo comercial		7.2 a	39.1 a	18.4 ab	59.2 ab
<i>A. brasilense</i> (Dosis 1)	Peso seco fruto (g)	9.5 a	33.2 a	21.6 a	56.5 ab
<i>A. brasilense</i> (Dosis 2)		5.3 a	36.6 a	16.3 ab	65.8 a
<i>A. brasilense</i> + <i>G. intraradices</i>		8.4 a	42.1 a	16.8 ab	48.5 ab
<i>G. intraradices</i>		8.7 a	32.3 a	20.9 a	50.2 ab
C.V. (%)		44.3	22.5	28.5	24.2
S.E.		NS	NS	NS	NS
Testigo absoluto		18.2 a	61.8 a	44.9 b	88.3 b
Testigo comercial		18.0 a	61.7 a	47.9 ab	102.9 ab
<i>A. brasilense</i> (Dosis 1)	Peso seco total (g)	20.3 a	54.1 a	62.8 a	104.7 ab
<i>A. brasilense</i> (Dosis 2)		15.2 a	60.2 a	49.6 ab	118.9 a
<i>A. brasilense</i> + <i>G. intraradices</i>		20.0 a	68.7 a	53.7 ab	97.5 ab
<i>G. intraradices</i>		20.8 a	53.1 a	58.1 ab	97.6 ab
C.V. (%)		24.2	18.7	18.2	18.9
S.E.		NS	NS	NS	NS

C.V.=Coeficiente de Variación

©= Valores medios seguidos de la misma letra, estadísticamente son iguales.

*=Diferencia significativa, NS= Diferencia No Significativa, S.E.=Significancia Estadística.

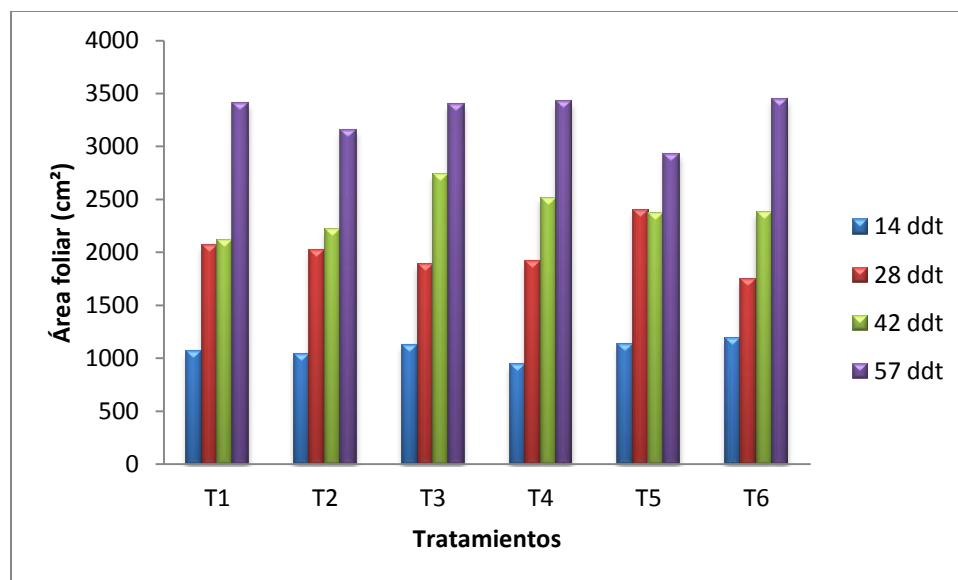


Gráfico 1. Valores medios de la variable área foliar de un cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) var. Mitla tratado con biofertilizantes a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*. T1= Testigo absoluto; T2= Testigo comercial; T3= *A. brasilense* Dosis 1; T4= *A. brasilense* Dosis 2; T5= *A. brasilense* + *G. intraradices*; T6= *G. intraradices*. ddt= Días después del tratamiento.

Para el segundo muestreo se presentó diferencia estadística significativa en la variable agronómica área foliar, en las demás variables únicamente se presentaron diferencias numéricas.

El mayor valor para la variable agronómica área foliar lo presentó el tratamiento *A. brasilense* + *G. intraradices* superando al Testigo absoluto en un 15.60%. Para la variable peso seco de hoja el tratamiento *A. brasilense* + *G. intraradices* presentó un valor por encima del Testigo absoluto en un 12.18% (Gráfico 2). Para la variable agronómica peso seco del tallo el tratamiento *A. brasilense* + *G. intraradices* presentó el mayor valor con respecto al Testigo absoluto superándolo en un 19.63%. La variable agronómica peso seco de la flor presentó el valor más alto con el tratamiento *G. intraradices* superando al Testigo absoluto en un 0.73%. Para la variable agronómica peso seco del fruto el mayor valor lo presentó el tratamiento *A. brasilense* + *G. intraradices* superando al Testigo absoluto en un 8.81%. Para el peso seco total se presentó el valor más alto en el tratamiento *A. brasilense* + *G. intraradices* por encima del Testigo absoluto en un 11.10%.

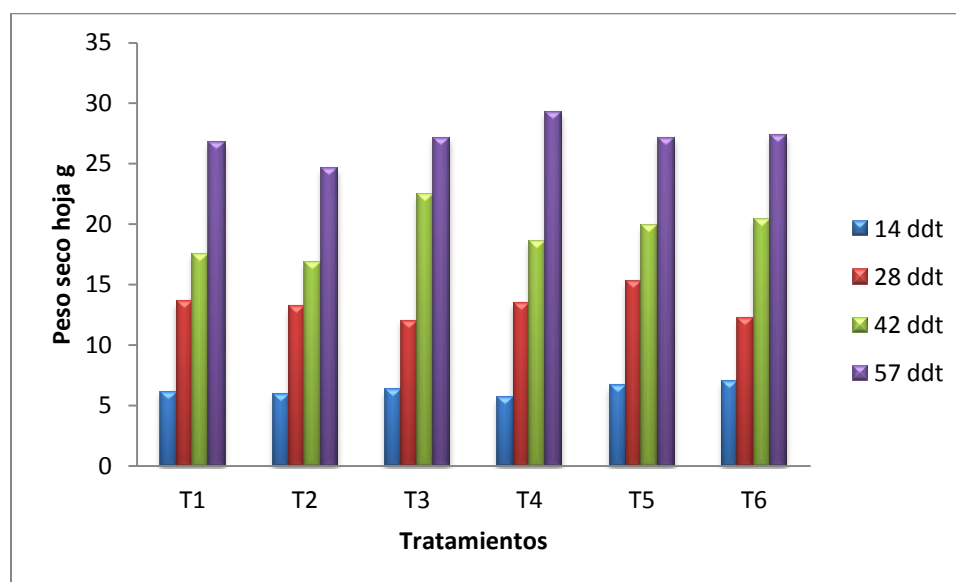


Gráfico 2. Valores medios de la variable peso seco de hoja de un cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) var. Mitla tratado con biofertilizantes a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*. T1= Testigo absoluto; T2= Testigo comercial; T3= *A. brasilense* Dosis 1; T4= *A. brasilense* Dosis 2; T5= *A. brasilense* + *G. intraradices*; T6= *G. intraradices*. ddt= Días después del tratamiento.

Para el tercer muestreo no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos únicamente diferencias numéricas. Para la variable agronómica área foliar el valor mayor lo presentó el tratamiento *A. brasilense* (Dosis 1) superando al Testigo absoluto en un 29.86%. El peso seco de la hoja reporta que el tratamiento *A. brasilense* (Dosis 1) presentó el valor más alto respecto al Testigo absoluto superándolo en un 27.93%. Para la variable agronómica peso seco del tallo el mayor valor lo presentó el tratamiento *A. brasilense* (Dosis 1) superando al Testigo absoluto en un 30.42% (Gráfico 3). La variable peso seco de la flor presentó el más alto valor con el tratamiento *A. brasilense* (Dosis 2) superior al Testigo absoluto en un 54.32% (Gráfico 4). Para la variable agronómica peso seco del fruto el tratamiento *A. brasilense* (Dosis 1) presentó el mayor valor superando al testigo absoluto en un 64.19%. El tratamiento *A. brasilense* (Dosis 1) presentó el mayor valor para la variable agronómica peso seco total superando al Testigo absoluto en un 39.59%.

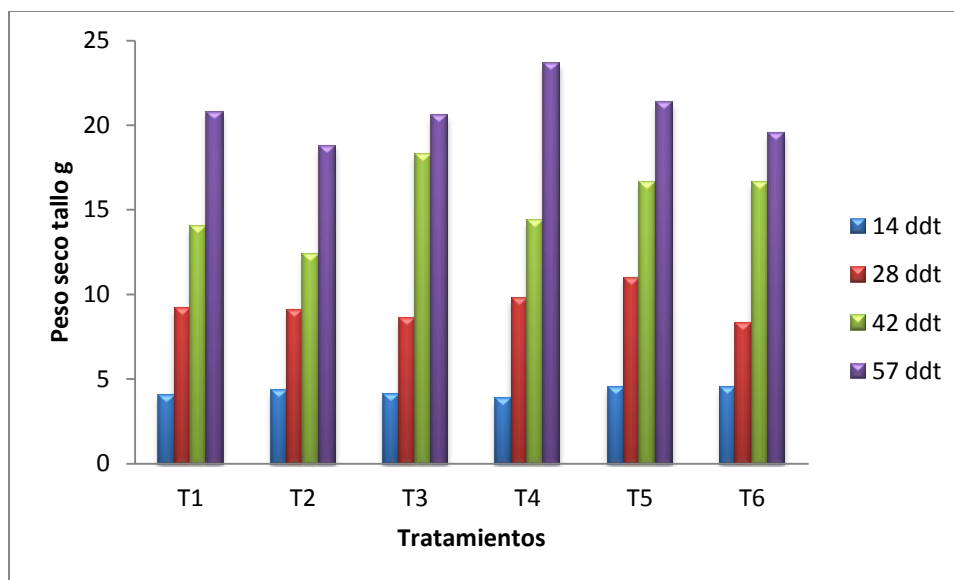


Gráfico 3. Valores medios de la variable peso seco de tallo de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratado con biofertilizantes a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*. T1= Testigo absoluto; T2= Testigo comercial; T3= *A. brasilense* Dosis 1; T4= *A. brasilense* Dosis 2; T5= *A. brasilense* + *G. intraradices*; T6= *G. intraradices*. ddt= Días después del tratamiento.

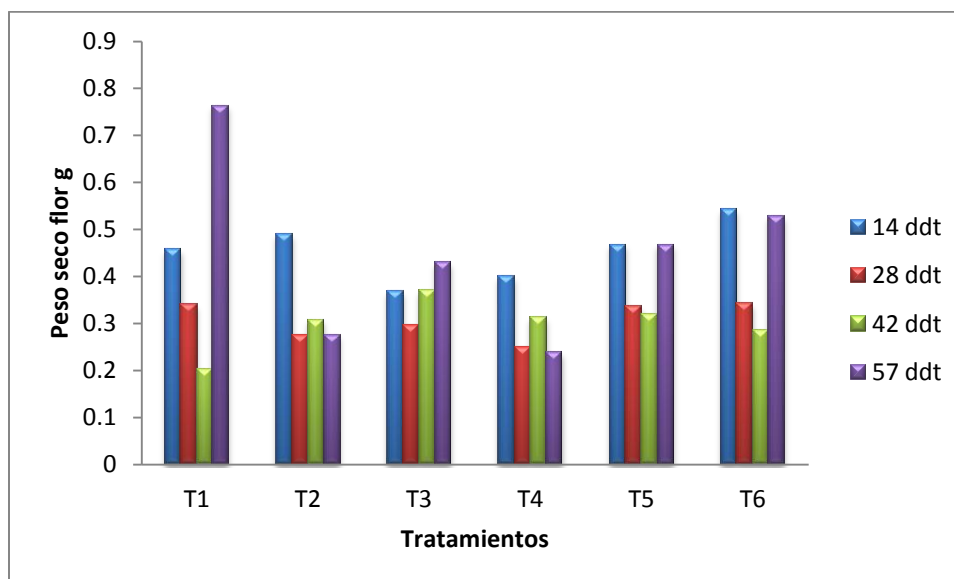


Gráfico 4. Valores medios de la variable peso seco de flor de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratado con biofertilizantes a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*. T1= Testigo absoluto; T2= Testigo comercial; T3= *A. brasilense* Dosis 1; T4= *A. brasilense* Dosis 2; T5= *A. brasilense* + *G. intraradices*; T6= *G. intraradices*. ddt= Días después del tratamiento.

Para el cuarto muestreo no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, pero sí diferencias numéricas. El tratamiento *G. intraradices* incrementó el área foliar en un 1.06% con respecto al Testigo absoluto. Para el peso seco de hoja el tratamiento *A. brasilense* (Dosis 2) presentó el valor más alto con respecto al Testigo absoluto superándolo en un 9.44%. El tratamiento *A. brasilense* (Dosis 2) incrementó el peso seco del tallo en un 13.83% con respecto al Testigo absoluto. Para la variable peso seco de la flor ningún tratamiento superó al Testigo absoluto sin embargo el tratamiento *G. intraradices* presentó el mayor valor, aunque por debajo del Testigo absoluto en un 30.82%. El tratamiento *A. brasilense* (Dosis 2) incrementó el peso seco del fruto en un 63.97% con respecto al Testigo absoluto (Gráfico 5). Para la variable agronómica peso seco total el tratamiento *A. brasilense* (Dosis 2) presentó el valor más alto, superando al Testigo absoluto en un 34.56% (Gráfico 6).

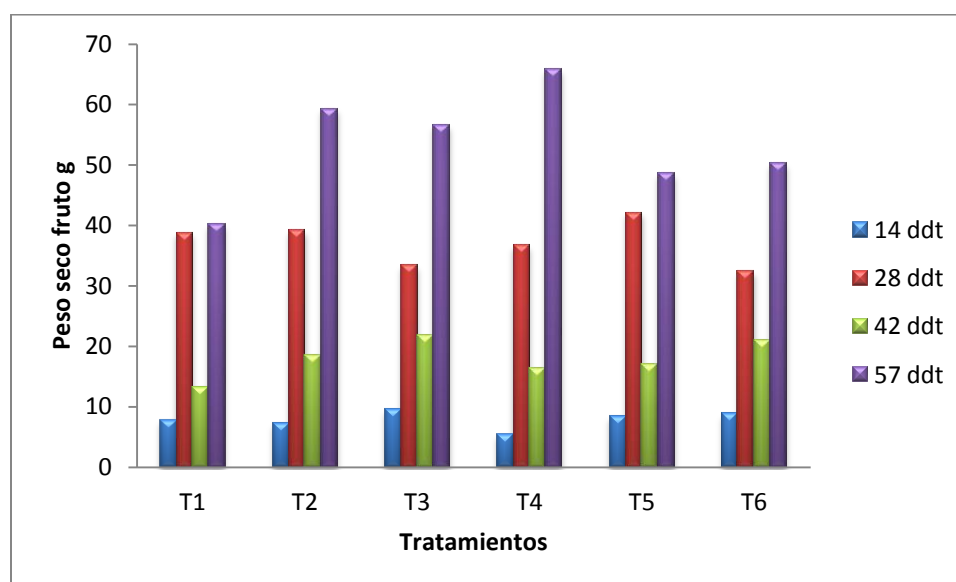


Gráfico 5. Valores medios de la variable peso seco de fruto de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratado con biofertilizantes a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*. T1= Testigo absoluto; T2= Testigo comercial; T3= *A. brasilense* Dosis 1; T4= *A. brasilense* Dosis 2; T5= *A. brasilense* + *G. intraradices*; T6= *G. intraradices*. ddt= Días después del tratamiento.

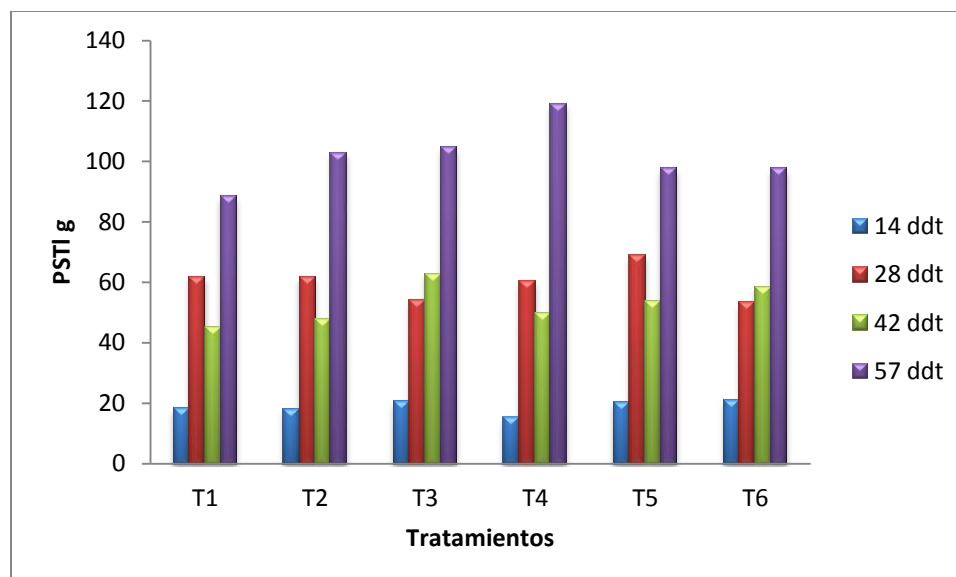


Gráfico 6. Valores medios de la variable acumulación de peso seco total de un cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) var. Mitla tratado con biofertilizantes a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*. T1= Testigo absoluto; T2= Testigo comercial; T3= *A. brasilense* Dosis 1; T4= *A. brasilense* Dosis 2; T5= *A. brasilense* + *G. intraradices*; T6= *G. intraradices*. ddt= Días después del tratamiento.

El crecimiento de la planta aumentó con los tratamientos a base de *A. brasilense* y en combinación con *G. intraradices*. Aguirre-Medina et. ál. (2016) indican que el crecimiento inicial lento en los tratamientos inoculados con dos microorganismos, es probable que se relacione a la mayor demanda de fotosintatos requerida por los mismos durante la fase de establecimiento de la simbiosis y en consecuencia, disminuye su crecimiento inicial. Shi et ál., (2011) señalan que *G. intraradices* tiene la capacidad de disolver el P inorgánico y promover la disponibilidad de nutrientes mediante la acidificación del suelo y, en consecuencia facilitan el crecimiento y desarrollo de las plantas hospederas.

Resultados similares reportan Moreno et ál. (2003); Martínez (2006); Gasga (2006); Valentín (2011) señalando que la acumulación de materia seca fue lenta hasta los 42 ddt, y se incrementa conforme se acerca la etapa reproductiva de la planta (63 ddt), el mismo comportamiento se observa en diferentes tipos de chiles.

4.2. Análisis de crecimiento

4.2.1. Coeficientes de partición de biomasa

El muestreo de materia seca de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratado con un biofertilizante a base de *Azospirillum brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *Glomus intraradices*, se realizó en cuatro fechas a los 14, 28, 42 y 57 días después del tratamiento, el Coeficiente de Partición de Biomasa nos muestra como se distribuyeron los asimilados en la planta a lo largo del ciclo del experimento, el patrón de distribución de biomasa de las plantas de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla fue variable conforme transcurrieron los días, en todo el ciclo la repartición para el fruto siempre fue mayor, excepto a los 42 después del tratamiento, seguida de la hoja, tallo y flor. Los resultados de análisis de varianza y comparación de medias para los coeficientes de partición de biomasa no mostraron diferencias estadísticas significativas para el primero, segundo y tercer muestreo, a excepción del CPB de tallo que en el tercer muestreo mostró diferencia significativa, y en el cuarto muestreo todas las variables mostraron diferencia significativa (Tabla 7).

Para el primer muestreo realizado el 20 de junio de 2016, no presentaron diferencia estadística entre los tratamientos, pero si diferencias numéricas. Para el CPBFruto la mayoría de los tratamientos no superaron al Testigo absoluto excepto el tratamiento *A. brasilense* (Dosis 1) el cual superó al Testigo absoluto en un 8.18%. Para el CPBHoja la mayoría de los tratamientos superaron al Testigo absoluto a excepción del tratamiento *A. brasilense* (Dosis 1) (Gráfico 7). Para el CPBTallo tres tratamientos superaron al Testigo absoluto, *A. brasilense* (Dosis 2) con un 19.82%, en tanto los tratamientos *A. brasilense* (Dosis 1) y *G. intraradices* no superaron al Testigo absoluto. En el CPBFlor la mayoría de los tratamientos no superaron al Testigo absoluto, excepto el tratamiento *A. brasilense* (Dosis 1) que lo superó en un 16.97%.

Tabla 6. Análisis de varianza y comparación de medias de Coeficientes de Partición de Biomasa en un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratado con un biofertilizante a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*.

Tratamientos	Variable	Fechas de muestreos			
		20-jun-16	04-jul-16	18-jul-16	02-ago-16
Testigo absoluto		0.33 a [©]	0.22 a	0.38 a	0.30 a
Testigo comercial		0.34 a	0.21 a	0.35 a	0.24 b
<i>A. brasilense</i> (Dosis 1)	C.P.B. Hoja	0.31 a	0.22 a	0.36 a	0.25 ab
<i>A. brasilense</i> (Dosis 2)		0.39 a	0.22 a	0.37 a	0.24 b
<i>A. brasilense</i> + <i>G. intraradices</i>		0.34 a	0.22 a	0.37 a	0.27 ab
<i>G. intraradices</i>		0.33 a	0.22 a	0.35 a	0.28 ab
C.V. (%)		16.27	11.47	8.87	13.20
S.E.		NS	NS	NS	*
Testigo absoluto		0.21 a	0.15 a	0.31 a	0.23 a
Testigo comercial		0.24 a	0.14 a	0.25 b	0.18 b
<i>A. brasilense</i> (Dosis 1)	C.P.B. Tallo	0.20 a	0.16 a	0.29 ab	0.19 b
<i>A. brasilense</i> (Dosis 2)		0.26 a	0.16 a	0.28 ab	0.19 ab
<i>A. brasilense</i> + <i>G. intraradices</i>		0.23 a	0.15 a	0.30 ab	0.21 ab
<i>G. intraradices</i>		0.21 a	0.15 a	0.28 ab	0.19 ab
C.V. (%)		18.14	12.32	11.16	12.37
S.E.		NS	NS	*	*
Testigo absoluto		0.02 a	0.005 a	0.004 a	0.009 a
Testigo comercial		0.02 a	0.005 a	0.006 a	0.003 ab
<i>A. brasilense</i> (Dosis 1)	C.P.B. Flor	0.01 a	0.006 a	0.006 a	0.003 ab
<i>A. brasilense</i> (Dosis 2)		0.02 a	0.004 a	0.006 a	0.001 b
<i>A. brasilense</i> + <i>G. intraradices</i>		0.02 a	0.004 a	0.005 a	0.004 ab
<i>G. intraradices</i>		0.02 a	0.006 a	0.005 a	0.005 ab
C.V. (%)		39.53	46.23	44.93	96.33
S.E.		NS	NS	NS	*
Testigo absoluto		0.42 a	0.62 a	0.29 a	0.44 b
Testigo comercial		0.38 a	0.62 a	0.38 a	0.56 a
<i>A. brasilense</i> (Dosis 1)	C.P.B. Fruto	0.46 a	0.60 a	0.33 a	0.54 ab
<i>A. brasilense</i> (Dosis 2)		0.31 a	0.60 a	0.32 a	0.55 a
<i>A. brasilense</i> + <i>G. intraradices</i>		0.39 a	0.61 a	0.31 a	0.49 ab
<i>G. intraradices</i>		0.42 a	0.60 a	0.35 a	0.51 ab
C.V. (%)		25.17	7.48	18.13	11.88
S.E.		NS	NS	NS	*

C.P.B.= Coeficiente de Partición de Biomasa. C.V.=Coeficiente de Variación.

©=Valores medios seguidos de la misma letra, estadísticamente son iguales.

*=Diferencia significativa, NS= Diferencia No Significativa, S.E.=Significancia Estadística.

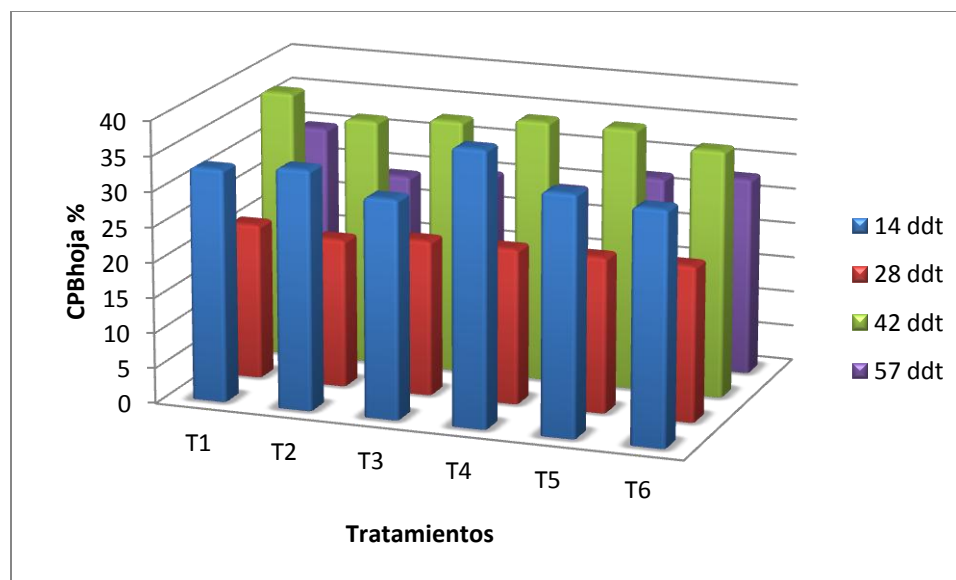


Gráfico 7. Distribución de la biomasa para la variable CPBhoja de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratado con biofertilizantes a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*. T1= Testigo absoluto; T2= Testigo comercial; T3= *A. brasilense* Dosis 1; T4= *A. brasilense* Dosis 2; T5= *A. brasilense* + *G. intraradices*; T6= *G. intraradices*. ddt= Días después del tratamiento.

Para el segundo muestreo realizado el 04 de julio de 2016, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, únicamente diferencias numéricas, en este muestreo también el fruto fue el que recibió una mayor cantidad de asimilados. El tratamiento Testigo comercial superó al Testigo absoluto en un 1.46%, los otros tratamientos no superaron al Testigo absoluto, el tratamiento *A. brasilense* + *G. intraradices* resultó con 1% con respecto al Testigo absoluto. En el CPBHoja los tratamientos Testigo comercial y *A. brasilense* + *G. intraradices* no superaron al Testigo absoluto, el tratamiento *G. intraradices* lo superó en un 2.37%. Para el CPBTallo el tratamiento Testigo comercial no superó al Testigo absoluto, todos los demás si lo superaron, el tratamiento *A. brasilense* (Dosis 2) lo superó con un 9.43% (Gráfico 8). En el CPBFlor El tratamiento *G. intraradices* superó al Testigo absoluto en un 10.38%, seguido por *A. brasilense* (Dosis 1), los tratamientos restantes no superaron al Testigo absoluto (Gráfico 9).

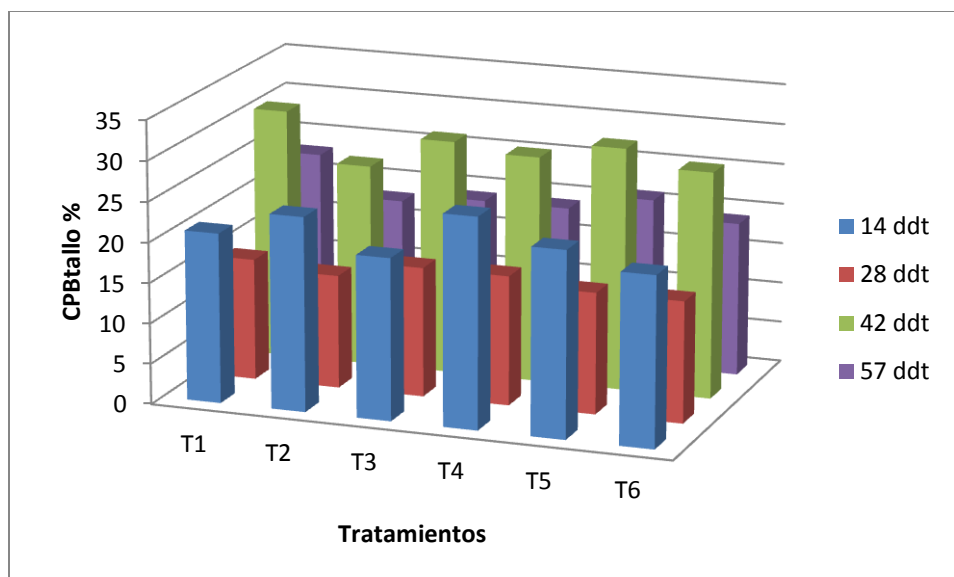


Gráfico 8. Distribución de la biomasa para la variable CPBtallo de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratado con biofertilizantes a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*. T1= Testigo absoluto; T2= Testigo comercial; T3= *A. brasilense* Dosis 1; T4= *A. brasilense* Dosis 2; T5= *A. brasilense* + *G. intraradices*; T6= *G. intraradices*. ddt= Días después del tratamiento.

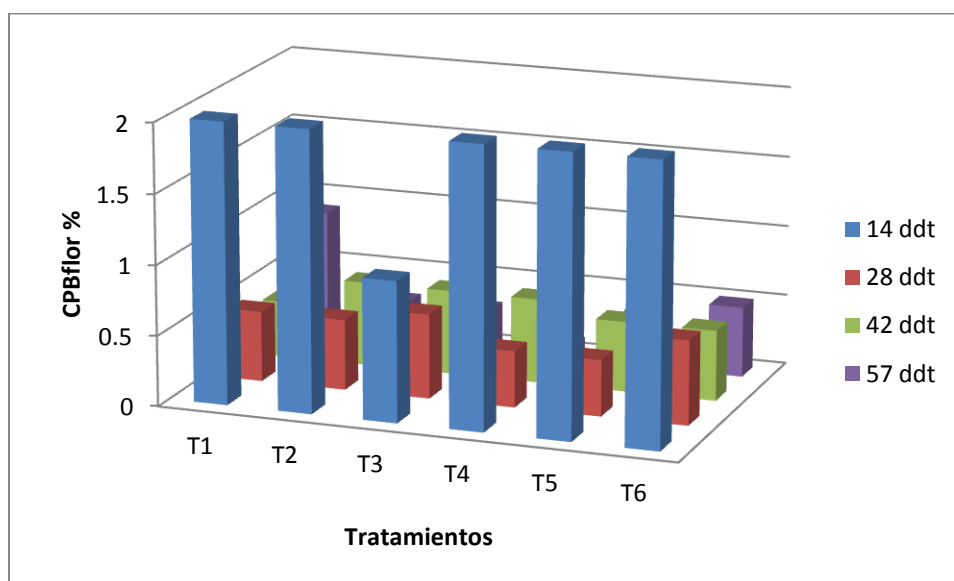


Gráfico 9. Distribución de la biomasa para la variable CPBflor de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratado con biofertilizantes a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*. T1= Testigo absoluto; T2= Testigo comercial; T3= *A. brasilense* Dosis 1; T4= *A. brasilense* Dosis 2; T5= *A. brasilense* + *G. intraradices*; T6= *G. intraradices*. ddt= Días después del tratamiento.

En el tercer muestreo realizado el 18 de julio de 2016 se observa que la mayor cantidad de asimilados se encontró en la hoja, al Testigo absoluto, el tratamiento *A. brasilense* (Dosis 2) quedó un 2.82% por debajo del Testigo absoluto. Para el CPBTallo ningún tratamiento superó al Testigo absoluto, el tratamiento *A. brasilense* + *G. intraradices* quedó por debajo del Testigo absoluto en 1.12%. En el CPBFlor el todos los tratamientos superaron al Testigo absoluto, el Testigo comercial lo superó en un 33.24%. Para el CPBFruto todos los tratamientos superaron al Testigo absoluto, superándolo en un 29.97% el Testigo comercial.

Para el cuarto muestreo que se realizó el 02 de agosto de 2016, la mayor parte de los asimilados se distribuyó nuevamente en el fruto, existen diferencias significativas entre tratamientos (Gráfico 10).

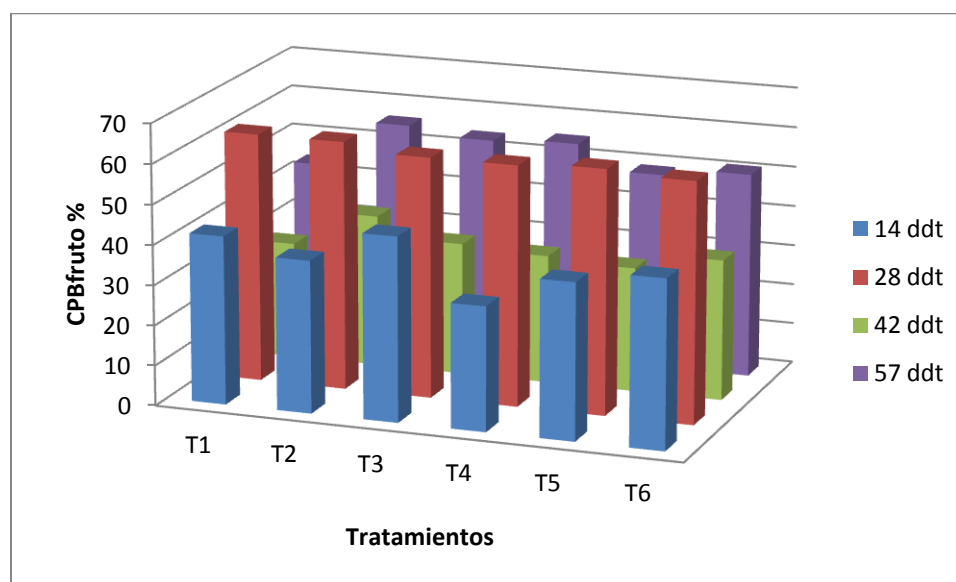


Gráfico 10. Distribución de la biomasa para la variable CPBfruto de un cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) var. Mitla tratado con biofertilizantes a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*. T1= Testigo absoluto; T2= Testigo comercial; T3= *A. brasilense* Dosis 1; T4= *A. brasilense* Dosis 2; T5= *A. brasilense* + *G. intraradices*; T6= *G. intraradices*. ddt= Días después del tratamiento.

En el CPBFruto todos los tratamientos superaron a Testigo absoluto, el tratamiento Testigo comercial lo superó en un 25.94%, mientras que el tratamiento *A. brasilense* (Dosis 2) superó al

Testigo absoluto en un 23.72%. En el CPBHoja ningún tratamiento superó al Testigo absoluto, el tratamiento *G. intraradices* quedó 9.23% por debajo del Testigo absoluto. Para el CPBTallo la mayoría de los tratamientos superaron al Testigo absoluto, excepto el tratamiento Testigo comercial, el tratamiento *A. brasilense* (Dosis 2) superó al Testigo absoluto en un 9.43%. En el CPBFlor los tratamientos *A. brasilense* (Dosis 1) y *G. intraradices* superaron al Testigo absoluto, el tratamiento *G. intraradices* en un 10.38%, los demás tratamientos no superaron al Testigo absoluto.

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación se puede decir que la incorporación de los microorganismos benéficos, fue positivo para el crecimiento y desarrollo de la planta. Hajiboland et ál., (2010); Sabir et ál., (2012) mencionan que el aumento en la biomasa total podría atribuirse al efecto estimulante de *A. brasilense* y *G. intraradices*, ya que las bacterias promotoras del crecimiento de las plantas y los hongos micorrízicos arbusculares pueden impactar positivamente el crecimiento de las plantas.

Las variaciones demuestran que, al momento de distribuir más asimilados hacia un órgano en específico, el reparto hacia las diferentes estructuras disminuye. Con los diferentes tratamientos las plantas generan mayor cantidad de asimilados y en consecuencia aumenta su productividad. Milthorpe y Moorby (1982), mencionaron que el patrón de distribución de sustancias en la planta está cambiando permanentemente, a medida que las hojas crecen y pasan de ser importadoras netas a ser exportadoras netas; también cambia a medida que surgen otros órganos de recepción o de utilización, como los frutos.

4.2.2. Índices de crecimiento

4.4.4.1. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)

Los resultados de análisis de varianza y comparación de medias para la variable TCR en un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratado con un biofertilizante a base de *Azospirillum brasilense* a diferentes dosis y en combinación con *Glomus intraradices*, mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Tabla 11).

En el primer muestreo se observa que los tratamientos *A. brasilense* (Dosis 2) y *A. brasilense* + *G. intraradices* indujeron una mayor velocidad de crecimiento con respecto al Testigo absoluto, no así los tratamientos Testigo comercial, *A. brasilense* (Dosis 1) y *G. intraradices* que presentaron una TCR menor al Testigo absoluto. Las plantas tratadas con *A. brasilense* (Dosis 2) mostraron un valor mayor de $\text{g g}^{-1}\text{día}^{-1}$.

En el segundo muestreo se presenta un tendencia disminuir la TCR en las plantas de todos los tratamientos incluyendo al Testigo absoluto, aunque en algunos valores de esta variable se observa también un decrecimiento, en este muestreo todos los tratamientos muestran una mayor velocidad de acumulación de biomasa por cada gramo de materia ya existente por día, superando al Testigo absoluto, el tratamiento *A. brasilense* (Dosis1) indujo en las plantas el valor mayor de TCR en este muestreo.

Para el tercer muestreo, permanece la misma tendencia a disminuir los valores de esta variable en las plantas de todos los tratamientos, los tratamientos *A. brasilense* (Dosis 2) y Testigo comercial incrementaron su valor con respecto al muestreo anterior. El tratamiento *A. brasilense* (Dosis 2) presentó el valor más alto con respecto al Testigo absoluto. En el Gráfico 11 se muestra el comportamiento de la TCR.

La tendencia de las TCR de la planta fue de disminuir progresivamente, las tasas son altas al principio del ciclo del cultivo, posteriormente hubo una disminución paulatina de dicha velocidad de crecimiento hasta terminar con valores bajos. Tabla 7. Análisis de varianza y comparación de medias de Índices de crecimiento en un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratado con un biofertilizante a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*.

Tratamientos	Variables	Fechas de los muestreos		
		04-jul-16	18-jul-16	02-ago-16
Testigo absoluto		0.087 ab [©]	-0.022 c	0.043 a
Testigo comercial		0.086 ab	-0.015 cb	0.049 a
<i>A. brasilense</i> (Dosis 1)	TCR	0.067 ab	0.012 a	0.034 a
<i>A. brasilense</i> (Dosis 2)	$g\ g^{-1}\ día^{-1}$	0.100 a	-0.013 cb	0.058 a
<i>A. brasilense</i> + <i>G. intraradices</i>		0.090 ab	-0.017 c	0.040 a
<i>G. intraradices</i>		0.066 b	0.006 ab	0.034 a
C.V. %		27.1	-180.6	38.7
S.E.		NS	*	NS
Testigo absoluto		0.0021 a	-0.0006 c	0.0010 a
Testigo comercial		0.0020 a	-0.0004 cb	0.0013 a
<i>A. brasilense</i> (Dosis 1)	TAN	0.0015 a	0.0003 a	0.0009 a
<i>A. brasilense</i> (Dosis 2)	$g\ cm^{-2}\ día^{-1}$	0.0023 a	-0.0003 cb	0.0015 a
<i>A. brasilense</i> + <i>G. intraradices</i>		0.0021 a	-0.0004 c	0.0011 a
<i>G. intraradices</i>		0.0015 a	0.0001 ab	0.0009 a
C.V. %		27.1	-179.7	41.1
S.E.		NS	*	NS
Testigo absoluto		6.53 a	5.77 a	5.72 a
Testigo comercial		6.48 a	5.66 a	5.19 ab
<i>A. brasilense</i> (Dosis 1)	RAF	6.57 a	5.70 a	5.11 ab
<i>A. brasilense</i> (Dosis 2)	$cm^2\ g^{-1}$	7.05 a	5.90 a	5.30 ab
<i>A. brasilense</i> + <i>G. intraradices</i>		6.73 a	5.61 a	4.94 b
<i>G. intraradices</i>		6.40 a	5.24 a	5.09 ab
C.V. %		17.0	12.4	8.6
S.E.		NS	NS	NS
Testigo absoluto		0.03 a	0.04 a	0.04 a
Testigo comercial		0.03 a	0.04 a	0.03 b
<i>A. brasilense</i> (Dosis 1)	RPF	0.03 a	0.04 a	0.04 ab
<i>A. brasilense</i> (Dosis 2)	$g\ g^{-1}$	0.04 a	0.04 a	0.04 ab
<i>A. brasilense</i> + <i>G. intraradices</i>		0.04 a	0.04 a	0.04 ab
<i>G. intraradices</i>		0.04 a	0.04 a	0.04 ab
C.V. %		11.7	8.6	9.2
S.E.		NS	NS	NS
Testigo absoluto		23.15 a	19.40 a	16.40 ab
Testigo comercial		23.22 a	20.27 a	17.36 a
<i>A. brasilense</i> (Dosis 1)	AFE	23.80 a	19.85 a	16.47 ab
<i>A. brasilense</i> (Dosis 2)	$cm^2\ g^{-1}$	21.81 a	19.69 a	16.87 a
<i>A. brasilense</i> + <i>G. intraradices</i>		23.20 a	19.67 a	15.30 b
<i>G. intraradices</i>		22.38 a	18.52 a	16.18 ab
C.V. %		6.1	7.0	6.3
S.E.		NS	NS	NS
Testigo absoluto		0.0015 a	-0.0009 b	0.0006 a
Testigo comercial		0.0015 a	-0.0006 ab	0.0010 a
<i>A. brasilense</i> (Dosis 1)	IECFr	0.0010 a	-0.0003 a	0.0007 a
<i>A. brasilense</i> (Dosis 2)	$g\ cm^{-2}\ día^{-1}$	0.0016 a	-0.0006 ab	0.0011 a
<i>A. brasilense</i> + <i>G. intraradices</i>		0.0014 a	-0.0007 ab	0.0008 a
<i>G. intraradices</i>		0.0011 a	-0.0004 a	0.0006 a
C.V. %		28.3	-44.4	36.8
S.E.		NS	NS	NS

C.V.=Coeficiente de Variación.

©Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P>0.05$).

*=Diferencia significativa, NS= Diferencia No Significativa .S.E.=Significancia Estadística.

Esta tendencia observada es debido a que al inicio la planta empieza a ganar biomasa vegetativa

rápida para poder satisfacer la demanda de asimilados cuando se presenten las estructuras

reproductoras y la formación de frutos. Se observa una tendencia muy clara a disminuir los valores de esta variable a medida que transcurre el tiempo de cultivo, además de mostrar gráficamente la superioridad de algunos tratamientos a base de *A. brasilense* (Dosis 2) en dos fechas de muestreo.

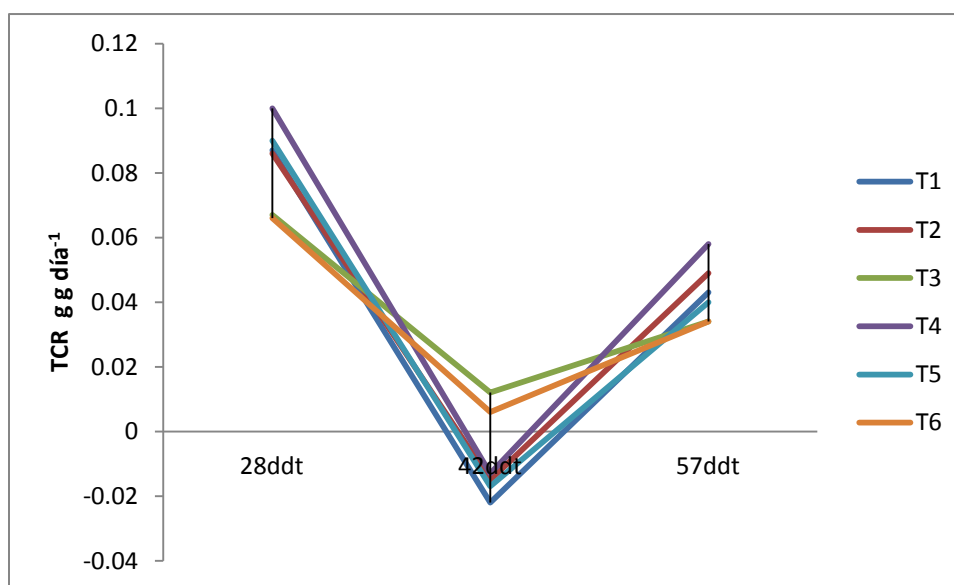


Gráfico 11. Comparación de la variable Tasa de Crecimiento Relativo en un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratados con un biofertilizante a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*. T1= Testigo absoluto; T2= Testigo comercial; T3= *A. brasilense* Dosis 1; T4= *A. brasilense* Dosis 2; T5= *A. brasilense* + *G. intraradices*; T6= *G. intraradices*. ddt= Días después del tratamiento.

El comportamiento típico de la TCR presenta valores altos al principio debido al crecimiento acelerado y a la división celular que se presenta en esta etapa, a medida que transcurre el tiempo y el cultivo se acerca a final del ciclo, la TCR decrece llegando a cero. Los valores más altos se encuentran en el primer muestreo, después de esto van decreciendo los valores para todos los tratamientos. Barraza (2000); Gasga, (2006); Valentín (2011) mencionan que se ha encontrado el mismo comportamiento en diferentes tipos de chiles.

4.2.2.2. Tasa de Asimilación Neta (TAN)

Esta variable representa la ganancia de biomasa con respecto a la superficie asimilatoria por unidad de tiempo. Los resultados de análisis de varianza y comparación de medias para la variable TAN de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annum* L.) var. Mitla tratado con un biofertilizante a base de *A. brasilense* a diferentes concentraciones y en combinación con *G. intraradices*, mostraron diferencias estadísticas significativas, entre los tratamientos.

En el primer muestreo se observa que las plantas inoculadas con los tratamientos *A. brasilense* (Dosis 2), Testigo comercial, y *A. brasilense* + *G. intraradices* indujeron una mayor ganancia de materia seca por unidad de tejido asimilado por unidad de tiempo superando al Testigo absoluto (Gráfico 12).

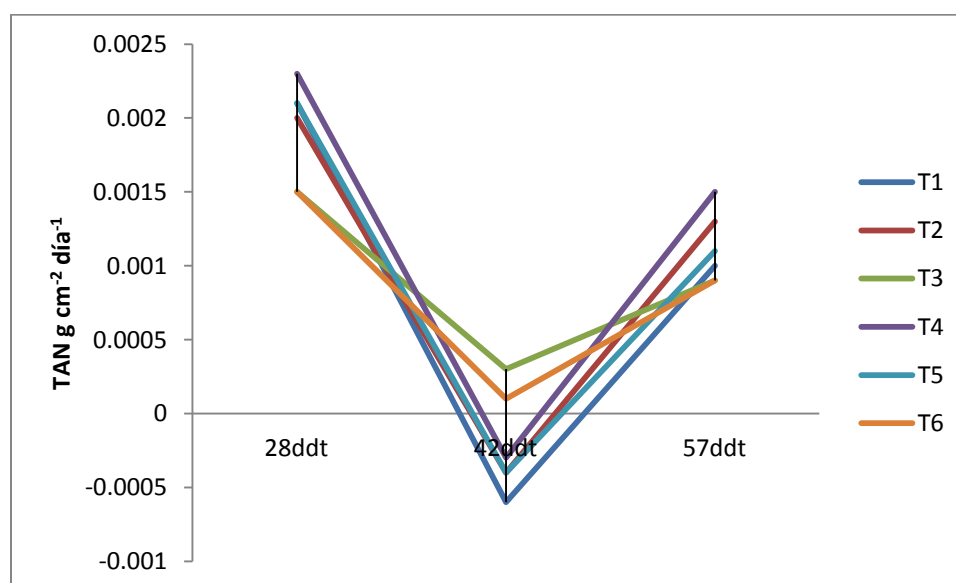


Gráfico 12. Comparación de la variable Tasa de Asimilación Neta en un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annum* L.) var. Mitla tratado con un biofertilizante a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*. T1= Testigo absoluto; T2= Testigo comercial; T3= *A. brasilense* Dosis 1; T4= *A. brasilense* Dosis 2; T5= *A. brasilense* + *G. intraradices*; T6= *G. intraradices*. ddt= Días después del tratamiento.

Para el segundo muestreo, se observa una disminución de la TAN en todos los tratamientos comparado con el muestreo anterior. Sin embargo las plantas inoculadas con *A. brasilense* (Dosis

1), mostraron el mayor valor en esta variable con respecto al Testigo absoluto. Para el tercer muestreo se observa la misma tendencia que en el muestreo anterior en una disminución de la TAN, los tratamientos *A. brasilense* (Dosis2), Testigo comercial, *A. brasilense* + *G. intraradices* superaron al Testigo absoluto, el mayor valor lo mostró el tratamiento *A. brasilense* (Dosis2) con respecto al Testigo absoluto.

De los tratamientos evaluados, el mejor comportamiento lo registra *A. brasilense* (Dosis 2) con los valores más altos de TAN, producto de una mayor área foliar lo que provee a un mayor sistema asimilatoria. La TAN exhibe su máximo valor entre los 28 y 42 ddt., estos resultados son similares a los encontrados por Páez et. al. (2000) en una solanácea como el tomate Var. Río Grande, una TAN mayor en los primeros estados de desarrollo de las plantas. La TAN disminuyó en todos los tratamientos, esto puede deberse a que la luz interceptada no era la misma debido al aumento en el follaje, por lo que su capacidad fotosintética fue afectada.

Se puede observar que los valores más altos se encuentran al principio, debido a que la planta empieza a ganar más biomasa y al ir transcurriendo el tiempo el cultivo disminuye la cantidad de biomasa por cm^2 por día. La mayor TAN se encontró a los 42 ddt, etapa donde inicia la cosecha comercial, debido a que los frutos son sitios de alta demanda de fotoasimilados.

4.2.2.3. Razón de Área Foliar (RAF)

Esta variable nos dice que por cada gramo de peso seco de la planta cuantos centímetros cuadrados tengo de área foliar. En los resultados de análisis de varianza y comparación de medias se puede observar que no existen diferencias estadísticas significativas, pero si diferencias numéricas entre tratamientos para la variable RAF. Para el primer muestreo se

observa que las plantas inoculadas con el tratamiento *A. brasilense* (Dosis2) logró una mayor RAF en comparación con el tratamiento Testigo absoluto (Gráfico 13).

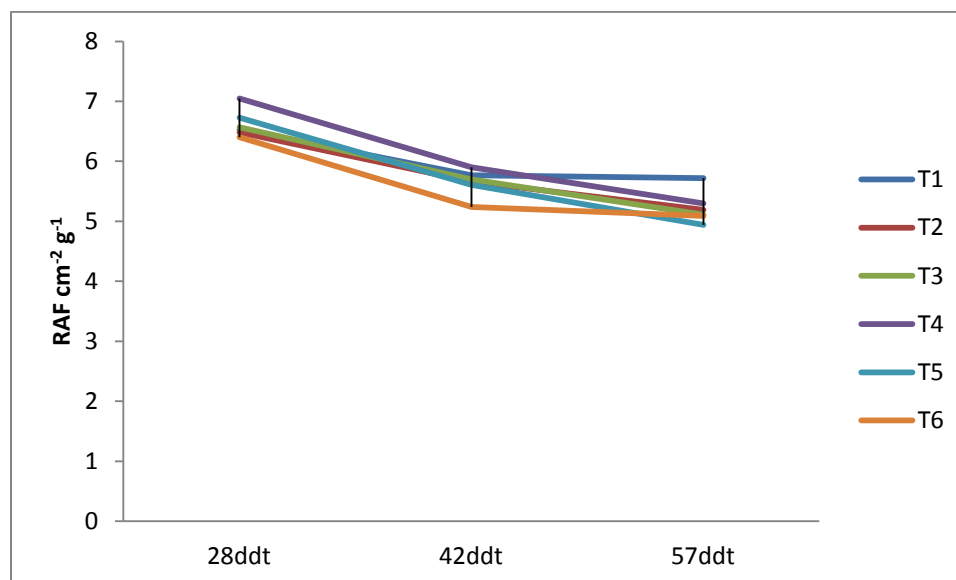


Gráfico 13. Comparación de la variable Razón de Área Foliar en un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla inoculadas con un biofertilizante a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*. T1= Testigo absoluto; T2= Testigo comercial; T3= *A. brasilense* Dosis 1; T4= *A. brasilense* Dosis 2; T5= *A. brasilense* + *G. intraradices*; T6= *G. intraradices*. ddt= Días después del tratamiento.

En el segundo muestreo, se presenta una tendencia a disminuir los valores de esta variable en las plantas de todos los tratamientos, La mayor RAF en este muestreo continuó siendo del tratamiento *A. brasilense* (Dosis 2).

Para el tercer muestreo, se sigue con la tendencia a la disminución de la RAF del muestreo anterior, siendo las plantas Testigo absoluto las que producen mayor RAF, ubicándose por encima de las plantas inoculadas con *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*.

Se puede observar una tendencia clara al principio del cultivo mostró valores más altos para *A. brasilense* (Dosis 2), pero a medida que transcurre el tiempo tiende a disminuir y presenta los valores más bajos al final del último muestreo.

Esto se puede atribuir que al principio del cultivo las plantas dedican la mayor parte de sus fotosíntatos a la formación de nuevas hojas y con el paso del tiempo tienden a disminuir gradualmente en la medida de que la planta envía más carbohidratos a otros órganos reproductivos de la planta.

La RAF disminuye paulatinamente en función del tiempo hasta mantenerse más o menos constante, esto ocurre porque la planta acumula biomasa en el fruto y gasta energía para la floración. Resultados similares mencionan Azofeifa y Moreira (2004) en plantas de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L. cv. Hot) indicando que el máximo índice de crecimiento relativo fue a los 40dds, el mayor índice de asimilación neta fue durante el crecimiento vegetativo y de fruto, la razón de área foliar fue mayor al inicio del desarrollo de la planta.

4.2.2.4. Razón de Peso Foliar (RPF)

Es la relación que existe entre la biomasa de la hoja con respecto a la biomasa de toda la planta. Los resultados de análisis de varianza y comparación de medias para la variable RPF de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla inoculadas con un biofertilizante a base de *A. brasilense* y en combinación con *G. intraradices*, no mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, pero sí diferencias numéricas.

En el primer muestreo los tratamientos *A. brasilense* (Dosis 2), *A. brasilense* + *G. intraradices* y *G. intraradices* presentaron mayor RPF con respecto al Testigo absoluto.

Para el segundo muestreo ningún tratamiento superó al Testigo absoluto, sin embargo la mayoría de los tratamientos presentaron una tendencia a aumentar la RPF, excepto el tratamiento *A. brasilense* (Dosis 2) que disminuyó su RPF con respecto al muestreo anterior.

En el tercer muestreo, ningún tratamiento superó al testigo absoluto el cual presentó una tendencia a aumentar la RPF al igual que los tratamientos *A. brasilense* + *G. intraradices* y *G. intraradices*, no así los tratamientos *A. brasilense* (Dosis 2), *A. brasilense* (Dosis 1) y Testigo comercial que presentaron una tendencia a disminuir la RPF (Gráfico 14).

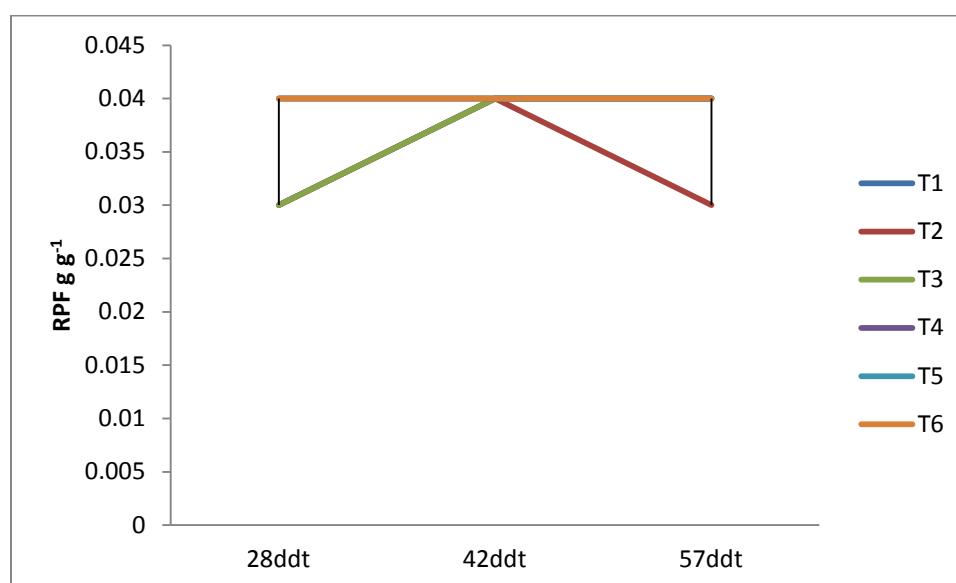


Gráfico 14. Comparación de la variable Razón de Peso Foliar en un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla inoculadas con un biofertilizante a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*. T1= Testigo absoluto; T2= Testigo comercial; T3= *A. brasilense* Dosis 1; T4= *A. brasilense* Dosis 2; T5= *A. brasilense* + *G. intraradices*; T6= *G. intraradices*. ddt= Días después del tratamiento.

Se puede apreciar la tendencia a disminuir la RPF. El efecto del sombreado sobre el aumento de la materia seca total distribuida hacia las hojas (RPF) es menor.

4.2.2.5. Área Foliar Específica (AFE)

El área foliar específica hace mención a la dispersión de la masa en el espacio, conforme esta relación disminuya, también disminuyen los espacios aéreos. Los resultados de análisis de varianza y comparación de medias para la variable AFE en un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annum* L.) var. Mitla inoculadas con un biofertilizante a base de *A. brasilense* y en combinación con *G. intraradices*, no mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, sin embargo sí mostraron diferencias numéricas.

En el primer muestreo se observa que las plantas inoculadas con *A. brasilense* (Dosis 1), *A. brasilense* + *G. intraradices*, Testigo comercial, fueron las plantas que mostraron el valor más alto de AFE, superando al Testigo absoluto. Siendo las plantas inoculadas con *G. intraradices* y *A. brasilense* (Dosis 2) las que presentaron menor AFE en el cual mostraron las hojas más gruesas (Gráfico 15).

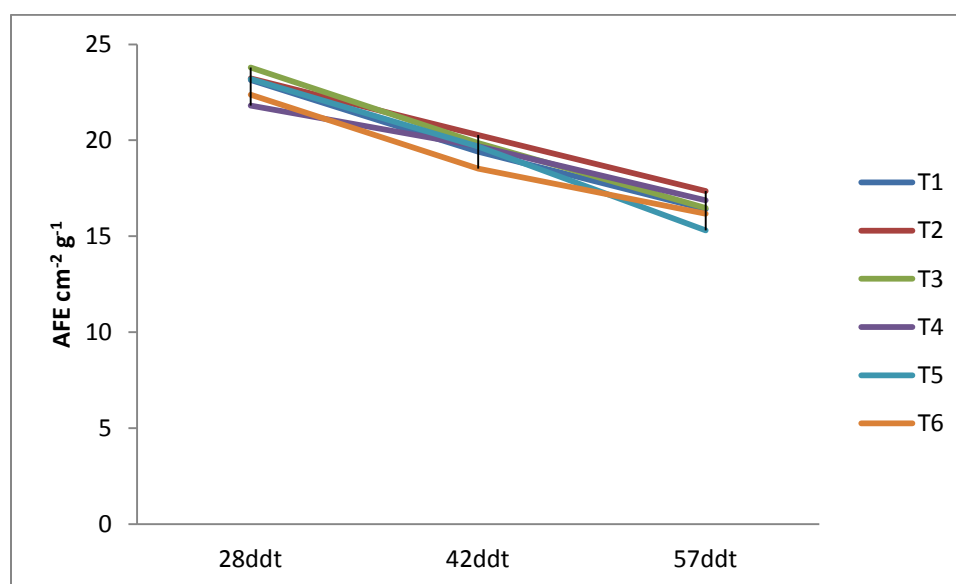


Gráfico 15. Comparación de la variable Área Foliar Específica en un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annum* L.) var. Mitla inoculadas con un biofertilizante a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*. T1= Testigo absoluto; T2= Testigo comercial; T3= *A. brasilense* Dosis 1; T4= *A. brasilense* Dosis 2; T5= *A. brasilense* + *G. intraradices*; T6= *G. intraradices*. ddt= Días después del tratamiento.

Para el segundo muestreo, se puede observar que la mayoría de los tratamientos superaron al Testigo absoluto, el tratamiento Testigo comercial mostró el valor más alto de AFE seguido por los tratamientos *A. brasilense* (Dosis 1) y *A. brasilense* (Dosis 2).

En el tercer muestreo, se presenta una tendencia a disminuir los valores de esta variable en todos los tratamientos incluyendo al Testigo absoluto, los tratamientos Testigo comercial, *A. brasilense* (Dosis 2) y *A. brasilense* (Dosis 1) superaron al Testigo absoluto, mostrando el valor más alto de AFE el tratamiento Testigo comercial.

Se puede observar que los valores del AFE durante el desarrollo del cultivo, la mayoría de la plantas tratadas con *A. brasilense* (Dosis1), o *A. brasilense* + *G. intraradices* mostraron hojas más delgadas y conforme avanzó el tiempo del cultivo las hojas tendieron a engrosarse debido a una maduración natural de la estructura.

4.2.2.6. Índice de Eficiencia de Crecimiento del Fruto (IECFr)

Para el caso del Índice de Eficiencia de Crecimiento del Fruto, no se observaron diferencias estadísticas significativas, únicamente diferencias numéricas entre tratamientos en los resultados de análisis de varianza y comparación de medias para la variable IECFr en un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla inoculadas con un biofertilizante a base de *A. brasilense* y en combinación con *G. intraradices*. En el primer muestreo, las plantas con valores altos en esta variable fueron las de los tratamientos *A. brasilense* (Dosis 2), y las del tratamiento Testigo comercial, mientras que los otros tratamientos mostraron un IECFr menor al Testigo absoluto (Gráfico 16). Existe una relación muy estrecha entre la TAN y el IECFr, sin embargo no siempre valores altos en la TAN se traducen en valores altos en el IECFr, va a depender mucho de la floración y del CPBFr, es decir la biomasa que envíe la planta hacia el fruto.

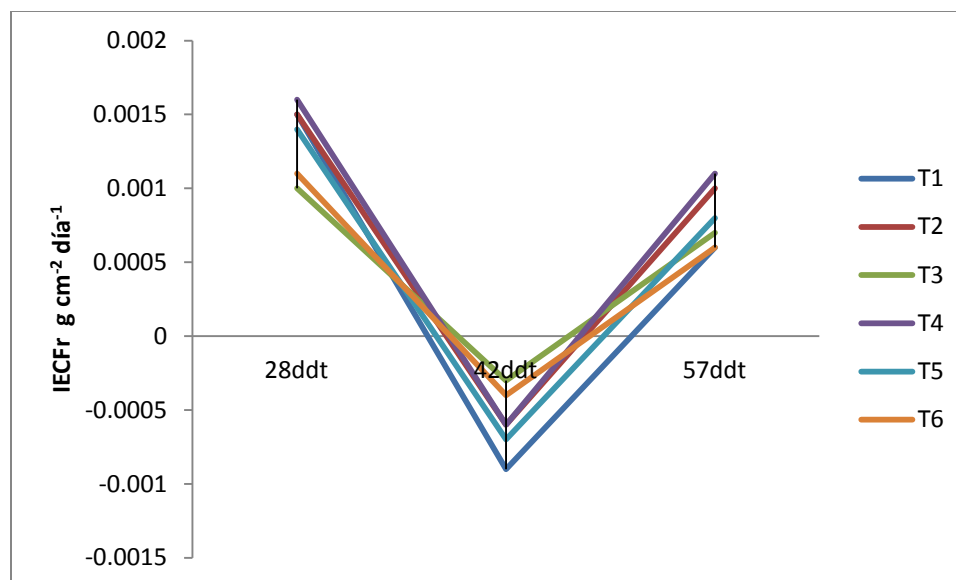


Gráfico 16. Comparación de la variable Índice de Eficiencia de Crecimiento de Fruto en un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratados con un biofertilizante a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*. T1= Testigo absoluto; T2= Testigo comercial; T3= *A. brasilense* Dosis 1; T4= *A. brasilense* Dosis 2; T5= *A. brasilense* + *G. intraradices*; T6= *G. intraradices*. ddt= Días después del tratamiento.

La tasa asimilación neta y el índice de eficiencia de crecimiento de fruto mostraron una correlación lineal en el análisis de datos (Gráfico 17).

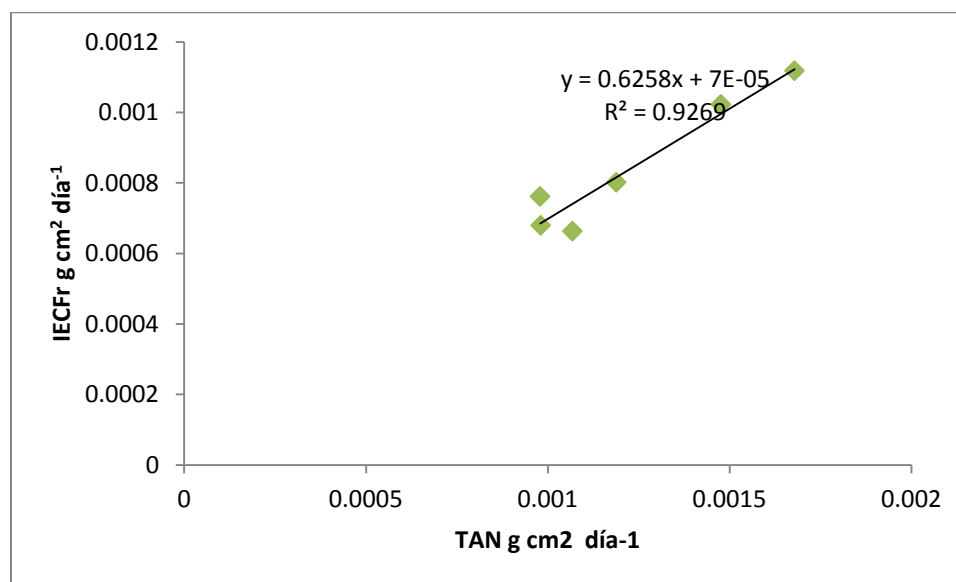


Gráfico 17. Índice de Eficiencia de Crecimiento del Fruto en función de la Tasa de Asimilación Neta para el último periodo de evaluación (42-57 ddt).

El mayor crecimiento del fruto esta dado por la tasa de asimilación neta. Por lo que el rendimiento se ve incrementado cuando aumenta el índice de eficiencia de crecimiento del fruto.

El rendimiento estuvo mayormente determinado por el IECFr por la estrecha relación que guardan entre si estas dos variables.

4.3. Análisis del rendimiento

El rendimiento de un cultivo está dado por su capacidad de acumular biomasa en los frutos, un aumento en la proporción de materia seca destinada a estos órganos garantizará un aumento en la producción, por tanto se debe proporcionar las condiciones ambientales, nutritivas y de manejo agronómico para evitar el aborto de flores y así favorecer el amarre de fruto.

4.3.1. Componentes del rendimiento

Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias de los componentes del rendimiento, no mostraron diferencias estadísticas significativas, pero si diferencias numéricas entre los tratamientos (Tabla 13).

4.3.1.1. Número de frutos por planta

Para esta variable los resultados mostraron que en los tres muestreos realizados la mayoría de los tratamientos superaron al Testigo absoluto, excepto el tratamiento *A. brasilense* que en el primero y segundo muestreo obtuvo resultados similares al Testigo absoluto.

En el tercer muestreo obtuvo un valor inferior en un 2.43% con respecto al Testigo absoluto, en tanto los tratamientos que mostraron los valores más altos en el primero y segundo muestreo fueron *A. brasilense* (Dosis 1) superior en un 22% y *A. brasilense* + *G. intraradices* superior en un 25% con respecto al Testigo absoluto, en el tercer muestreo y el tratamiento Testigo comercial y *A. brasilense* + *G. intraradices* mostraron valores similares y por encima del Testigo absoluto en un 15.44% (Gráfico 18).

Tabla 8. Análisis de varianza y comparación de medias de componentes del rendimiento de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratados con un biofertilizante a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*.

Tratamientos	Variable	42ddt	58ddt	70ddt
Testigo absoluto		697.6	348.8 a [©]	349.9 a
Testigo comercial		433.2	216.6 a	382.2 a
<i>A. brasilense</i> (Dosis 1)		561.8	280.9 a	362.1 a
<i>A. brasilense</i> (Dosis 2)	Peso fresco fruto (g)	501.2	250.6 a	317.5 a
<i>A. brasilense</i> + <i>G. intraradices</i>		636.8	318.4 a	384.6 a
<i>G. intraradices</i>		533.2	266.6 a	377.7 a
C.V. %			41.4	32.1
S.E.			NS	NS
Testigo absoluto		20.0	10.0 a	8.2 a
Testigo comercial		22.4	11.2 a	10.5 a
<i>A. brasilense</i> (Dosis 1)		24.4	12.2 a	8.5 a
<i>A. brasilense</i> (Dosis 2)	No. de frutos/ planta	20.0	10.0 a	8.0 a
<i>A. brasilense</i> + <i>G. intraradices</i>		24.0	12.0 a	10.5 a
<i>G. intraradices</i>		23.0	11.5 a	10.2 a
C.V. %			27.5	24.54
S.E.			NS	NS
Testigo absoluto		38.8	34.9	42.8 a
Testigo comercial		35.8	34.5	37.2 a
<i>A. brasilense</i> (Dosis 1)		35.7	29.6	41.8 a
<i>A. brasilense</i> (Dosis 2)	Peso fresco/fruto (g)	35.6	31.7	39.6 a
<i>A. brasilense</i> + <i>G. intraradices</i>		34.8	32.0	37.7 a
<i>G. intraradices</i>		34.3	32.8	35.8 a
C.V. %				21.4
S.E.				NS

C.V.=Coeficiente de Variación

©Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P>0.05$).

NS= Diferencia No Significativa. S.E.=Significancia Estadística. ddt= Días después del tratamiento.

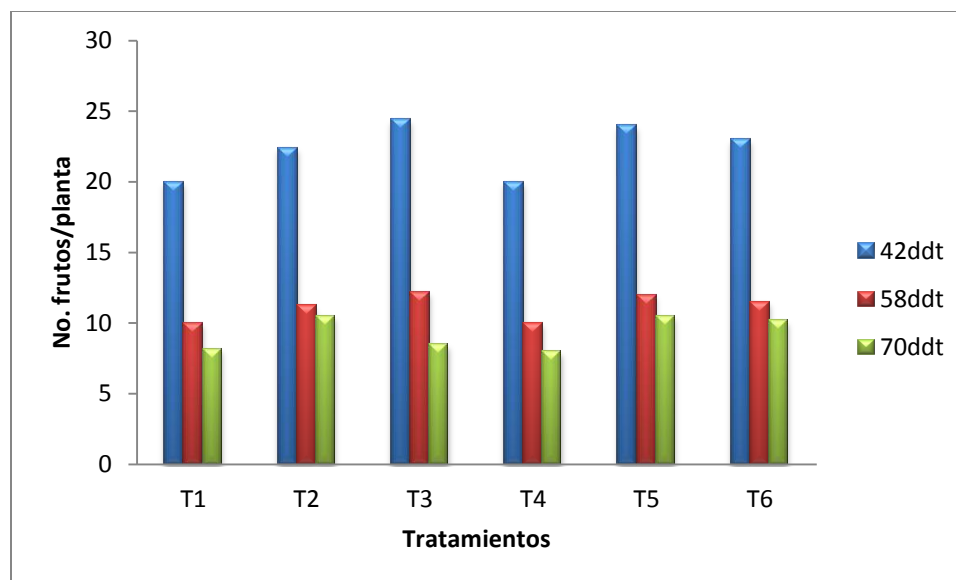


Gráfico 18. Comparación de la variable número de frutos por planta de un cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) var. Mitla tratadas con un biofertilizante a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*. T1= Testigo absoluto; T2= Testigo comercial; T3= *A. brasilense* Dosis 1; T4= *A. brasilense* Dosis 2; T5= *A. brasilense* + *G. intraradices*; T6= *G. intraradices*. ddt= Días después del tratamiento.

4.3.1.2. Peso fresco de cada fruto

Para esta variable se puede apreciar que en el primer muestreo ninguno de los tratamientos superó al Testigo absoluto, en tanto que los tratamientos con valores más altos fueron Testigo comercial aunque un 7.73% inferior con respecto al Testigo absoluto, y *A. brasilense* (Dosis 1) inferior en un 7.98% al Testigo absoluto. El tratamiento con valor más bajo fue *G. intraradices* inferior en un 11.59% con respecto al Testigo absoluto.

En el segundo muestreo ningún tratamiento superó al Testigo absoluto, siendo los tratamientos con valores más altos el Testigo comercial y *G. intraradices* aunque 2.29% y 6.01% por debajo del Testigo absoluto.

El tratamiento con el menor valor fue *A. brasilense* (Dosis 2) inferior un 15.18% con respecto al Testigo absoluto. Para el tercer muestreo ningún tratamiento superó al Testigo absoluto, sin

embargo los tratamientos con valores más altos fueron *A. brasilense* (Dosis 1) y *A. brasilense* (Dosis 2) aunque un 2.33% y 7.47% inferiores respecto al Testigo absoluto. El tratamiento con el valor más bajo fue *G. intraradices* un 16.35% menor al Testigo absoluto (Gráfico 19).

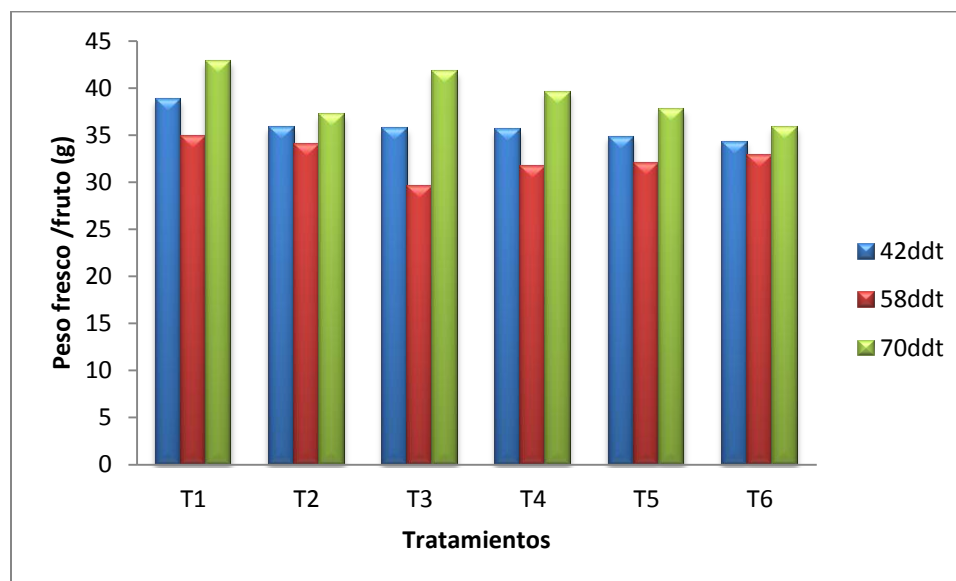


Gráfico 19. Comparación de la variable Peso fresco de cada fruto por planta de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratadas con un biofertilizante a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*. T1= Testigo absoluto; T2= Testigo comercial; T3= *A. brasilense* Dosis 1; T4= *A. brasilense* Dosis 2; T5= *A. brasilense* + *G. intraradices*; T6= *G. intraradices*. ddt= Días después del tratamiento.

4.3.1.3. Peso fresco del fruto por planta

Para la variable peso fresco de frutos, los resultados del análisis de varianza y comparación de medias de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratado con un biofertilizante a base de *A. brasilense* y en combinación con *G. intraradices*, no mostraron diferencias estadísticas significativas pero si diferencias numéricas. En el primer muestreo realizado a los 42 ddt ningún tratamiento superó al Testigo absoluto, sin embargo entre los demás tratamientos la mayor expresión de la variable fue de los tratamientos *A. brasilense* + *G. intraradices* aunque menor un 8.71% con respecto al Testigo absoluto, y *A. brasilense* (Dosis 1) menor un 19.46% con respecto al Testigo absoluto. El tratamiento Testigo comercial fue el de

menor expresión de la variable inferior un 37.90% con respecto al Testigo absoluto. Para el segundo muestreo realizado a los 58 ddt, los resultados muestran que ningún tratamiento superó al Testigo absoluto. Los tratamientos que mostraron los valores más altos, aunque inferiores al Testigo absoluto, fueron *A. brasilense* + *G. intraradices* menor en un 8.71% con respecto al Testigo absoluto, y *A. brasilense* (Dosis 1) menor en un 19.46% con respecto al Testigo absoluto, y el tratamiento que mostró el valor más bajo de la variable fue *A. brasilense* (Dosis 2) inferior en un 37.90% con respecto al Testigo absoluto. Para el tercer muestreo realizado a los 70 ddt, los resultados mostraron que la mayoría de los tratamientos superaron al Testigo absoluto, excepto el tratamiento *A. brasilense* (Dosis 2) que fue inferior en un 9.25% con respecto al Testigo absoluto. Los tratamientos que mayores valores mostraron fueron *A. brasilense* + *G. intraradices* superior en un 9.91% con respecto al Testigo absoluto, además del tratamiento Testigo comercial un 9.23% mayor con respecto al Testigo absoluto (Gráfico 20).

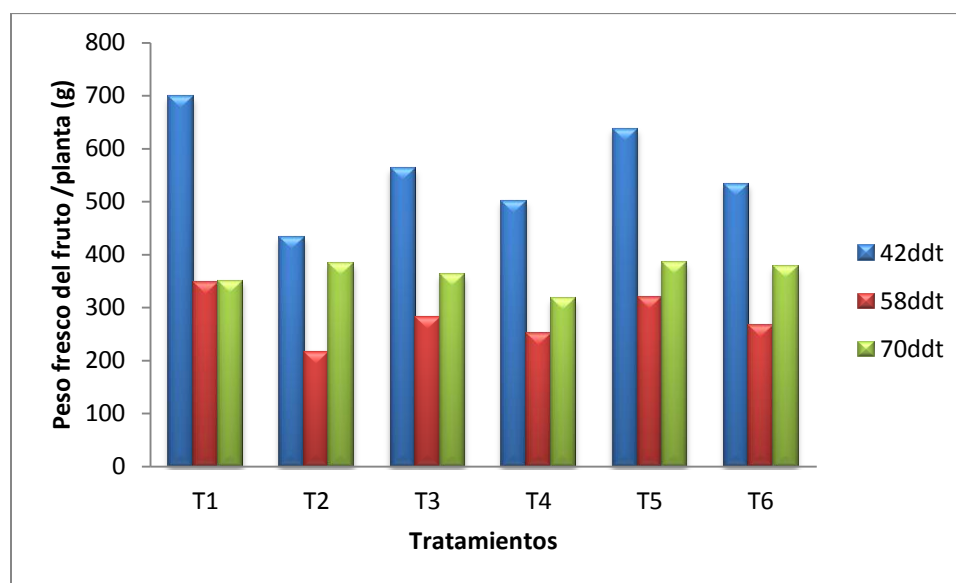


Gráfico 20. Comparación de la variable peso fresco del fruto por planta de un cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. Var. Mitla) tratadas con un biofertilizante a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices*. T1= Testigo absoluto; T2= Testigo comercial; T3= *A. brasilense* Dosis 1; T4= *A. brasilense* Dosis 2; T5= *A. brasilense* + *G. intraradices*; T6= *G. intraradices*. ddt= Días después del tratamiento.

4.4. Rendimientos promedio

Con los datos del peso de fruto por planta y el número de frutos por m² se realizaron los cálculos para obtener el rendimiento en ton/ha.

En la Tabla 14 se presentan los rendimientos promedio obtenidos de la producción de fruto fresco de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var Mitla donde se observa que todos los tratamientos superaron al Testigo absoluto a excepción del tratamiento *A. brasilense* (Dosis 2), el cual resultó menor.

Tabla 9. Rendimiento de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla tratado con un biofertilizante a base de *A. brasilense* en diferentes dosis y en combinación con *G. intraradices* en el ciclo primavera-verano 2016.

Tratamientos	No. Frutos/Planta	No. Frutos/ m ²	Peso fresco del fruto / Planta (g)	Rendimiento (ton ha ⁻¹)
Testigo absoluto	38.2	152.8	38.8	59.2
Testigo comercial	44.1	176.4	35.8	63.1
<i>A. brasilense</i> (Dosis 1)	45.1	180.4	35.7	64.4
<i>A. brasilense</i> (Dosis 2)	38.0	152.0	35.6	54.1
<i>A. brasilense</i> + <i>G. intraradices</i>	46.5	186.0	34.8	64.7
<i>G. intraradices</i>	44.7	178.8	34.3	61.3

No.= número. m²= metros cuadrados. g= gramos. ton= tonelada. ha⁻¹= hectárea

Los tratamientos que mostraron los valores más altos en esta variable fueron *A. brasilense* + *G. intraradices* con 64.7ton ha⁻¹ superior en un 9.17% con respecto al Testigo absoluto, y el tratamiento *A. brasilense* (Dosis 1) con un rendimiento de 64.4ton ha⁻¹ siendo un 8.63% mayor con respecto al Testigo absoluto. El tratamiento que menor rendimiento mostró fue *A. brasilense* (Dosis 2) con 54.1ton ha⁻¹ un 8.72% por debajo del Testigo absoluto.

En cuanto al número de frutos por planta, la respuesta del cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum* L.) var. Mitla al tratamiento con un biofertilizante a base de *A. brasilense* y en combinación con *G. intraradices*, se puede apreciar que la mayoría de los tratamientos indujeron mayor producción de frutos superando al Testigo absoluto, los tratamientos que mostraron la mayor producción fueron *A. brasilense* + *G. intraradices* superando al Testigo absoluto en un 21.72%, y el tratamiento *A. brasilense* que superó al Testigo absoluto en un 18.06%. Solamente el tratamiento *A. brasilense* (Dosis 2) no superó al Testigo absoluto siendo menor en un 0.52%. El número de frutos por planta aumentó con el tratamiento *A. brasilense* + *G. intraradices* y *A. brasilense* (Dosis 1).

El rendimiento estuvo determinado por el IECFr ya que entre mayor sean los gramos de biomasa acumulados en el fruto por metro cuadrado de hoja por día, mayor será el rendimiento.

Los resultados no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos pero si diferencias numéricas, se encontró que el rendimiento incrementó de entre un 8.63 a 9.17 % en los tratamientos a base de *A. brasilense* (Dosis 1) y *A. brasilense* + *G. intraradices* respectivamente superando al Testigo absoluto. Albores et ál. (2002) señalan que la inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno (*Azospirillum* sp.) estimulaba la formación de material vegetativo, debido a la asimilación de nutrimentos en plantas de banano que recibieron los inoculantes microbianos.

El tratamiento *A. brasilense* + *G. intraradices* mostró el rendimiento más alto, con 64.7ton ha⁻¹, resultados similares menciona Aguirre-Medina *et. al.* (2016), efecto de la aplicación de microorganismos benéficos los cuales indujeron a una mayor producción de frutos. Así mismo Rueda-Puntea et ál. (2010) reportaron resultados similares al estudiar el efecto de la inoculación de chile piquín (*Capiscum annuum*) var. Aviculare con Hongos Micorrízicos Arbusculares;

Rueda-Puntea et ál. (2010) además de usar los hongos micorrízicos arbusculares usaron bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV), el germoplasma usado lo obtuvieron de los indios tarahumaras y pápagos (Mazocahui, Baviácora, Arizpe, La Tortuga), ambas etnias dedicadas a la agricultura en el desierto de Sonora, zona caracterizada por tener suelos con alta salinidad, con la investigación concluyeron que el chile piquín Mazocahui inoculado con Hongos Micorrízicos Arbusculares y Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal fue el que toleró las condiciones de salinidad además de mostrar mayores rendimientos.

El tratamiento *A. brasilense* (Dosis 1) mostró también un valor alto en rendimiento con 64.4ton ha⁻¹. De acuerdo con Sylvia, (2005), en algunos cultivos la respuesta a la inoculación es más alta con un solo microorganismo y puede estar relacionada con el incremento de la demanda de carbono por la colonización de más simbioses.

Resultados decrecientes en rendimiento de fruto fresco de chile jalapeño, probablemente se debieron al ataque de la plaga *Heliothis spp.*

5. CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos y bajo las condiciones en que se desarrolló la presente investigación, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. La inoculación con un biofertilizante a base de la bacteria promotora de crecimiento vegetal *Azospirillum brasilense* y en combinación con la micorriza arbuscular *Glomus intraradices* inducen resultados positivos al incrementar el crecimiento y desarrollo de un cultivo de chile jalapeño (*Capiscum annuum L.*).
2. El uso de biofertilizantes a base de *A. brasilense* y en combinación con *G. intraradices* resulta ser una buena alternativa para mejorar la explotación agrícola del cultivos de chile jalapeño (*Capiscum annuum L.*) en nuestro país ya que significa un beneficio económico

para los productores hortícolas por disminuir el costo de producción con respecto a los fertilizantes químicos sintéticos, además de reducir el impacto negativo al medio ambiente provocado por la contaminación con residuos de la fertilización química sintética, tanto en los suelos como en los mantos freáticos.

6. REFERENCIAS

- Abbott, L. K., & Robson, A. D. (1984). The effect of VA mycorrhizae on plant growth. *VA mycorrhiza*, 2, 113-130. Recuperado de www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf
- Aguado, S. (2012). *Introducción al Uso y Manejo de los Biofertilizantes en la Agricultura*. México. Recuperado de www.inifap.gob.mx. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/311424135_Introduccion_al_Uso_y_Manejo_de_e_los_Biofertilizantes_en_la_Agricultura
- Aguado-Santacruz, G.A. (2011). Biofertilización de maíz: práctica redituable, factible y necesaria para la agricultura de nuestro país. *Claridades Agropecuarias* 214:42-47. Recuperado de www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf
- Aguilera-Gomez, L., Davies, F. J., Olalde-Portugal, V., Duray, S. A., & Phavaphutanon, L. (1999). Influence of phosphorus and endomycorrhiza (*Glomus intraradices*) on gas exchange and plant growth of chile ancho pepper (*Capsicum annuum* L. cv. San Luis). *Photosynthetica*, 36(3), 441-449. Recuperado de <http://www.ejournal.unam.mx/rxm/vol06-01/RXM006000107.pdf>

- Aguirre-Medina, J. F. (2004). Biofertilizantes microbianos: Antecedentes del programa y resultados de validación en México. In Memoria del Simposio de Biofertilización. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Río Bravo. Río Bravo, Tamaulipas, México (pp. 71-87). Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263123222015>
- Aguirre Medina, J. F. (2006). Biofertilizantes microbianos: Experiencias agronómicas del programa nacional del INIFAP en México. Recuperado de www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf
- Aguirre-Medina, J. F., & Espinosa Moreno, J. A. (2016). Crecimiento y rendimiento de *Capsicum annuum* L. inoculado con endomicorriza y rizobacterias. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 7(7). Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/2631/263149504004/>
- Aguirre-Medina, J. F. (2004). Biofertilizantes microbianos: Antecedentes del programa y resultados de validación en México. In Memoria del Simposio de Biofertilización. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Río Bravo. Río Bravo, Tamaulipas, México (pp. 71-87). Recuperado de www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf
- Medina, J. F. A., & Shibata, J. K. (2002). Dinámica de la colonización micorrízica y su efecto sobre los componentes del rendimiento y contenido de fósforo en frijol común. Agricultura técnica en México, 28(1), 23-33. Recuperado de www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf

- Aguirre-Medina, J. F., & Velasco-Zebadúa, E. (1994). Componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento de *Leucaena leucocephala* al inocularse con micorriza VA y/o *Rhizobium loti*. *Agricultura técnica en México*, 20(1), 43-54. Recuperado de www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf
- Aguirre-Medina, J. F., Mendoza-López, A., Cadena-Iñiguez, J., & Avendaño-Arrazate, C. H. (2007). Efecto de la biofertilización en vivero del cacao (*Theobroma cacao* L) con *Azospirillum brasilense* Tarrand, Krieg et Döbereiner y *Glomus intraradices* Schenk et Smith. *Interciencia*, 32(8), 541-546. Recuperado de www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf
- Aguirre Medina, J. F. (2006). Biofertilizantes microbianos: Experiencias agronómicas del programa nacional del INIFAP en México. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/437/43721202009.pdf>
- Alarcón, A., Ferrera Cerrato, R., González Chávez, M. C., & Villegas Monter, A. (2000). Hongos micorrízicos arbusculares en la dinámica de aparición de estolones y nutrición de plantas de fresa CV. Fern obtenidas por cultivo in vitro. *Terra Latinoamericana*, 18(3). Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v28n1/v28n1a8.pdf>
- Albores-F., V. J; Salvador-Figueroa, M.; Adriano-Anaya, Ma. L. (2002). Potencial de *Azospirillum* como biofertilizante de banano. Facultad de Ciencias Químicas Campus IV, Tapachula, Chiapas, México. Recuperado de https://smbb.mx/congresos%20smbb/veracruz01/TRABAJOS/AREA_IV/CI42.pdf
- Allen, M. F., & Allen, M. F. (1991). *The ecology of mycorrhizae*. Cambridge University Press. Recuperado de

<https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=XYHFZOepKXgC&oi=fnd&pg=PA9&dq=hongos+micorrizicos+arbusculares+en+pedregal+de+san+angel+unam&ots=GK8eLAnh7X&sig=xHo3klHZVZUWsJmaTtiHEuTlr4#v=onepage&q=hongos%20micorrizicos%20arbusculares%20en%20pedregal%20de%20san%20angel%20unam&f=false>

Alloush, G. A., Zeto, S. K., & Clark, R. B. (2000). Phosphorus source, organic matter, and arbuscular mycorrhiza effects on growth and mineral acquisition of chickpea grown in acidic soil. *Journal of plant nutrition*, 23(9), 1351-1369. Recuperado de

<http://ojs.unam.mx/index.php/rxm/article/view/17885/17060>

Al-Taweil, H. I., Osman, M. B., Hamid, A. A., & Wan Yusoff, W. M. (2009). Development of microbial inoculants and the impact of soil application on rice seedlings growth. *Am J Agric Biol Sci*, 4(1), 79-82. Recuperado de

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263123222015>

Armenta Bojórquez, A. D., Ferrera-Cerrato, R., Trinidad, S. A., y Volke, H.V. (1986). Fertilización e Inoculación con *Rhizobium* y Endomicorrizas (V-A) en Garbanzo Blanco (*Cicer arietinum* L.) en Suelos del Noroeste de México. *Agrociencia*. (65):141-160.

Recuperado de

<http://www.ejournal.unam.mx/rxm/vol06-01/RXM006000107.pdf>

Armenta-Bojórquez, A. D. (1990). Fijación simbiótica de nitrógeno *Rhizobium*-leguminosa. *Inter. CGIP-UAS*, 1(1), 6-10. Recuperado de

<http://www.ejournal.unam.mx/rxm/vol06-01/RXM006000107.pdf>

Arredondo, V.C., Luévanos, A. y Aguirre-Medina, J.F. (2003). *Azospirillum* y micorriza, complementos a la fertilización del maíz en los Valles Centrales de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigaciones

- Regionales del Pacífico Sur. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Folleto Técnico Núm. 3. Oaxaca, México. Recuperado de www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf
- Augé, R. M., Sylvia, D. M., Park, S., BATTERY, B. R., Saxton, A. M., Moore, J. L., & Cho, K. (2004). Partitioning mycorrhizal influence on water relations of *Phaseolus vulgaris* into soil and plant components. *Canadian Journal of Botany*, 82(4), 503-514. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Luis_VillarrealRuiz/publication/262414032_37_3_SIMBIOSIS_MICORRICICA_UN_ANALISIS/links/00b49537a3f8c79da3000000.pdf
- Azofeifa, Á., & Moreira, M. A. (2004). Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. hot), en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 28(1). Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/436/43628106.pdf>
- Bagyaraj, D. J. (1990). Ecology of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae, in D. K. Arora, B. Rai, K. G. Mukerjii and G. R. Knudsen (eds) *Handbook of Applied Mycology: Soil and Plants*, Marcel Dekker Inc., New York. Recuperado de <http://www.publicaciones.inecc.gob.mx/libros/667/cap7.pdf>
- Bagyaraj, D. J., & Varma, A. (1995). Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and plants. In *Advances in microbial ecology* (pp. 119-142). Springer, Boston, MA. Recuperado de <http://www.publicaciones.inecc.gob.mx/libros/667/cap7.pdf>
- Bagyaraj, D. J., & Sreeramulu, K. R. (1982). Preinoculation with VA mycorrhiza improves growth and yield of chilli transplanted in the field and saves phosphatic fertilizer. *Plant and soil*, 69(3), 375-381. Recuperado de

<http://www.redalyc.org/html/573/57317102/>

Barea, J. M. Azcón-Aguilar, C., & Azcón, R. 1997. Interactions between mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms within the context of sustainable soil-plant systems. Gange A. c., Brown VK, eds.: *Multitrophic Interactions in Terrestrial Systems*, Cambridge, Blackwell Science, 65-77. Recuperado de

<http://revista.corpoica.org.co/index.php/revista/article/view/383/294>

Barea, J. M., Gryndler, M., Lemanceau, P., Schüepp, H., & Azcón, R. (2002). The rhizosphere of mycorrhizal plants. In *Mycorrhizal technology in agriculture* (pp. 1-18). Birkhäuser, Basel. Recuperado de

<http://revista.corpoica.org.co/index.php/revista/article/view/383/294>

Barraza, F. V. (2000). Crecimiento del Chile Manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.) en cuatro soluciones nutritivas bajo invernadero (Doctoral dissertation, Tesis de Maestro en Ciencias en Horticultura. Universidad Autónoma de Chapingo, México). Recuperado de

<https://chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISMCH2013050810128161.pdf>

Bashan, Y. (1986). Migration of the rhizosphere bacteria *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens* towards wheat roots in the soil. *Microbiology*, 132(12), 3407-3414. Recuperado de

www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf

Bashan, Y. (1998). Inoculants of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture. *Biotechnology advances*, 16(4), 729-770. Recuperado de

www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf

- Bashan, Y. (2008). El uso de inoculantes microbianos como una importante contribución al futuro de la agricultura mexicana. La biofertilización como tecnología sostenible. Plaza y Valdéz. México, 17-24. Recuperado de www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf
- Bashan, Y., & González, L. E. (1999). Long-term survival of the plant-growth-promoting bacteria *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens* in dry alginate inoculant. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 51(2), 262-266. Recuperado de www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf
- Bashan, Y., & Holguin, G. (1997). *Azospirillum*-plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). *Canadian Journal of Microbiology*, 43(2), 103-121. Recuperado de www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf
- Bashan, Y. and Holguin, G. (1997b). Short- and Medium Term Avenues for *Azospirillum* Inoculation In: Plant Growth-Promoting Rhizobacteria-Present Status and Future Prospects. Ogoshi, A., Kobayashi, K., Homma, Y., Kodama, F., Kondo, N. and Akino, S. (eds.). Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan. Recuperado de: www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf
- Bashan, Y., & Holguin, G. (1998). Proposal for the division of plant growth-promoting rhizobacteria into two classifications: biocontrol-PGPB (plant growth-promoting bacteria) and PGPB. *Soil Biology and Biochemistry*, 30(8-9), 1225-1228. Recuperado de: <http://www.ejournal.unam.mx/rxm/vol06-01/RXM006000107.pdf>
- Bashan, Y., & Levanony, H. (1989). Effect of root environment on proton efflux in wheat roots. *Plant and Soil*, 119(2), 191-197. Recuperado de

- www.bashanfoundation.org/gmaweb/pdfs/ronaldpgpb8.pdf
- Bashan, Y., & Levanony, H. (1990). Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. *Canadian Journal of Microbiology*, 36(9), 591-608. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/939/93940104.pdf>
- Bashan, Y., Holguin, G., & De-Bashan, L. E. (2004). *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). *Canadian journal of microbiology*, 50(8), 521-577. Recuperado de www.bashanfoundation.org/gmaweb/pdfs/ronaldpgpb8.pdf
- Bashan, Y., Hernandez, J. P., Leyva, L. A., & Bacilio, M. (2002). Alginate microbeads as inoculant carriers for plant growth-promoting bacteria. *Biology and Fertility of Soils*, 35(5), 359-368. Recuperado de www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf
- Bashan, Y., Levanony, H., & Mitiku, G. (1989). Changes in proton efflux of intact wheat roots induced by *Azospirillum brasilense* Cd. *Canadian journal of microbiology*, 35(7), 691-697. Recuperado de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/44993748/ronaldpgpb8.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1525638053&Signature=vmd6QR5PuRL7PSQZtPI51y%2FpLjc%3D&responsecontentdisposition=inline%3B%20filename%3DBacterias_promotoras_de_crecimiento_en_p.pdf
- Belimov, A. A., Kojemiakov, A. P., & Chuvarliyeva, C. N. (1995). Interaction between barley and mixed cultures of nitrogen fixing and phosphate-solubilizing bacteria. *Plant and Soil*, 173(1), 29-37. Recuperado de

www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf

Bidwell, R. G. (1993). Fisiología vegetal. Segunda edición. A.G.T. Editores, México D. F.

Recuperado de

<http://biblio.uabcs.mx/tesis/te3267.pdf>

Bojórquez, A. D. A., Gutiérrez, C. G., Báez, J. R. C., Sánchez, M. Á. A., Montoya, L. G., &

Pérez, E. N. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai*:

revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible, 6(1), 51-56. Recuperado de

<http://ojs.unam.mx/index.php/rxm/article/view/17885/17060>

Bonfante, P., & Anca, I. A. (2009). Plants, mycorrhizal fungi, and bacteria: a network of interactions. *Annual review of microbiology*, 63, 363-383. Recuperado de

<http://revista.corpoica.org.co/index.php/revista/article/view/383/294>

Bottini, R., Cassán, F., & Piccoli, P. (2004). Gibberellin production by bacteria and its involvement in plant growth promotion and yield increase. *Applied microbiology and biotechnology*, 65(5), 497-503. Recuperado de

<http://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/viewFile/172/pdf>

Bowen, G. D., & Rovira, A. D. (1999). The rhizosphere and its management to improve plant growth. In *Advances in agronomy* (Vol. 66, pp. 1-102). Academic Press. Recuperado de

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61003013>

Brundrett, M. (1991). Mycorrhizas in natural ecosystems. In *Advances in ecological research* (Vol. 21, pp. 171-313). Academic Press. Recuperado de

<http://www.publicaciones.inecc.gob.mx/libros/667/cap7.pdf>

- Burdman, S., Kigel, J., & Okon, Y. (1997). Effects of *Azospirillum brasilense* on nodulation and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Soil Biology and Biochemistry*, 29(5-6), 923-929. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61003013>
- Caballero-Mellado, J., Carcano-Montiel, M. G., & Mascarua-Esparza, M. A. (1992). Field inoculation of wheat (*Triticum aestivum*) with *Azospirillum brasilense* under temperate climate. *Symbiosis* 13: 243-253. Recuperado de www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf
- Caballero-Mellado, J., Onofre-Lemus, J., Estrada-De Los Santos, P., & Martínez-Aguilar, L. (2007). The tomato rhizosphere, an environment rich in nitrogen-fixing *Burkholderia* species with capabilities of interest for agriculture and bioremediation. *Applied and environmental microbiology*, 73(16), 5308-5319. Recuperado de www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf
- Canto Martín, J. C., Medina Peralta, S., & Morales Avelino, D. (2004). Efecto de la inoculación con *Azospirillum* sp. en plantas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacquin). *Tropical and subtropical Agroecosystems*, 4(1). Recuperado de <http://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/viewFile/172/pdf>
- Cardona, G., Peña-Venegas, C. P., & Arcos, A. (2008). Ocurrencia de hongos formadores de micorriza arbuscular asociados a ají (*Capsicum* sp.) en la Amazonia colombiana. *Agronomía colombiana*, 26(3), 459. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/1803/180314731011.pdf>
- Carta edafológica. Recuperado de

http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/tematicas/Edafologia_hist/1_50_000/702825664237.pdf

Cassan, F., Maiale, S., Masciarelli, O., Vidal, A., Luna, V., & Ruiz, O. (2009). Cadaverine production by *Azospirillum brasilense* and its possible role in plant growth promotion and osmotic stress mitigation. *European Journal of Soil Biology*, 45(1), 12-19. Recuperado de <http://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/viewFile/172/pdf>

Castellanos, J. Z., Peña Cabrales, J. J., & Rojas Martínez, I. (1995). Análisis retrospectivo del uso de inoculantes con cepas elite en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México. Retrospective analysis of use of inoculants of elite strains on beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Mexico. *Turrialba (IICA)* v. 45 (1-2) p. 89-99. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263123222015>

Castellanos, T., Ascencio, F., & Bashan, Y. (1998). Cell-surface lectins of *Azospirillum* spp. *Current Microbiology*, 36(4), 241-244. Recuperado de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/44993748/ronaldpgpb8.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1525638053&Signature=vmd6QR5PuRL7PSQZtPI51y%2FpLjc%3D&responsecontentdisposition=inline%3B%20filename%3DBacterias_promotoras_de_crecimiento_en_p.pdf

Clasificación climatológica: Recuperado de

http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/geo_siglo21/serie_lib/modific_al_sis.pdf

<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/layouts/clima1mgw.png>

- Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario. (2000). Norma Oficial Mexicana NOM-182-SSA1-1998, Etiquetado de Nutrientes Vegetales. www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/182ssa18.html Recuperado de www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf
- Creus, C. M., Sueldo, R. J., & Barassi, C. A. (2004). Water relations and yield in *Azospirillum*-inoculated wheat exposed to drought in the field. *Canadian Journal of Botany*, 82(2), 273-281. Recuperado de <http://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/viewFile/172/pdf>
- De Alba, R. (2000). Programa de Validación de Biofertilizantes en el CIRSE. Informe Anual de Labores PV 1999, OI 1999-2000. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Sureste. Campo Experimental Edzná. Campeche, Campeche. Recuperado de www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf
- De la Rosa, I. M. (2015) Índices de crecimiento y coeficientes de partición de biomasa. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Recuperado de <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/49/1/TESIS%20ELVA%20ILIANA%20ROJAS%20SANCHEZ%20final.pdf>
- De-Bashan, L. E., Holguin, G., Glick, B. R., & Bashan, Y. (2007). Bacterias promotoras de crecimiento en plantas para propósitos agrícolas y ambientales. *Microbiología agrícola. Hongos, bacterias, micro y macrofauna, control biológico, planta-microorganismo*. México: Editorial Trillas, 170-224. Recuperado de www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf

- Díaz F., A. (2003). Inoculación de sorgo con *Glomus intraradices* y *Azospirillum brasilense* en riego restringido y temporal. Memoria de Resúmenes VII Simposio Internacional y II Congreso Nacional de Agricultura Sostenible. P. 35. Recuperado de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/30501407/memorias.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1525620076&Signature=hMEfORnRyvZv7KNX0QKI9zbN8Lk%3D&responsecontentdisposition=inline%3B%20filename%3DAISLAMIENTO_SELECCION_PRODUCCION_Y_EVALU.pdf
- Díaz M., (2002). Influencia de la biofertilización en las características de planta, de grano e infección micorrízica del sorgo (*Sorghum bicolor*), en dos condiciones edáficas. Tesis Lic. UAMRA, UAT. Recuperado de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/30501407/memorias.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1525620076&Signature=hMEfORnRyvZv7KNX0QKI9zbN8Lk%3D&responsecontentdisposition=inline%3B%20filename%3DAISLAMIENTO_SELECCION_PRODUCCION_Y_EVALU.pdf
- Díaz, F.A., Alvarado, C.M., Cantú, A.M.A., Garza, C.I., (2005). Fertilización biológica y producción de maíz en la región semiárida del norte de Tamaulipas, México. Agricultura Técnica en México 31: 153-163. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Gabriel_RinconEnriquez/publication/297758503_Evaluacion_de_consortios_micorrizicos_arbusculares_en_el_crecimiento_vegetal_de plantas_de_maiz_chile_y_frijol/links/56e2e15908ae539fbfc06ae4.pdf
- Dobbelaere, S., Croonenborghs, A., Thys, A., Ptacek, D., Okon, Y., & Vanderleyden, J. (2002). Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on

- development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. *Biology and Fertility of Soils*, 36(4), 284-297. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61003013>
- Dobbelaere, S., Vanderleyden, J., & Okon, Y. (2003). Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Critical reviews in plant sciences*, 22(2), 107-149. Recuperado de www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf
- Dobereiner, J. (1977). Present and future opportunities to improve the nitrogen nutrition of crops through biological fixation. Ayanaba, A. & Dart. PJ (eds.), *Biological Nitrogen Fixation in Farming Systems of the Tropics*, 3-12. Recuperado de: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/.../3131%20los%20biofertilizantes%20microbianos.pdf>.
- Döbereiner, J. (1992). The genera *Azospirillum* and *Herbaspirillum*. *The Prokaryotes*, 2, 2236-2253. Recuperado de <http://www.biblioweb.tic.unam.mx/libros/microbios/Cap10/>
- Döbereiner, J., Urquiaga, S., Boddey, R. M., and Ahmad, N. (1995). Alternatives for Nitrogen of Crops in Tropical Agriculture. *Nitrogen Economy in Tropical Soil.Fertilizar Research*. 42:339-346. Recuperado de <http://www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej16articulosPDF/07%20Biofertilizantes.pdf>
- El-Komy, H. M., Hamdia, M. A., & El-Baki, G. A. (2003). Nitrate reductase in wheat plants grown under water stress and inoculated with *Azospirillum* spp. *Biologia Plantarum*, 46(2), 281-287. Recuperado de <http://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/viewFile/172/pdf>

- Espinosa-Victoria, D., González-Mendoza, D., Placencia-de la Parra, J., & García-Espinosa, R. (2004). Reducción de la incidencia de *Phytophthora capsici* Leo en el sistema radical de plántulas de chile pre-micorrizadas con *Glomus intraradices*. *Terra latinoamericana*, 22(3), 317-326. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S185156572015000200012
- Fages, J. A. C. Q. U. E. S. (1992). An industrial view of *Azospirillum* inoculants: formulation and application technology. *SYMBIOSIS-REHOVOT-*, 12, 15-15. Recuperado de www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf
- Fallik, E., Y. Okon (1996). Inoculations of *Azospirillum brasilense*: Biomass Production, Survival and Growth Promotion of *Setaria italica* and *Zea mays* Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61003013>
- Galvez, J. (2005). Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Current Agricultural Science and Technology*, 11(1). Recuperado de <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/1171>
- García de Salamone, I.E., N. Laballos, y M.A. Monzón de Asconegui. (1990). Respuesta a la Inoculación con *Azospirillum brasilense* de *Triticum aestivum* L. cv. Buck Pucara en condiciones de campo. II Cong.Nac.Trigo I (111-117). Pergamino, BA,17-19/10. AIANBA. Recuperado de [http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/0/DB343D7F7A80B13C852579BA0074663C/\\$FILE/12.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/0/DB343D7F7A80B13C852579BA0074663C/$FILE/12.pdf)

- García-Olivares, J. G., Moreno-Medina, V. R., Rodríguez-Luna, I. C., Mendoza-Herrera, A., & Mayek-Pérez, N. (2006). Biofertilización con *Azospirillum brasilense* en sorgo, en el norte de México. *Agricultura técnica en México*, 32(2), 135-141. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v32n2/v32n2a1.pdf>
- Garza C., I, A. Díaz F., A. Ramírez L.e I. Machuca O. (2003). Validación de *Glomus intrardices* y brassinoesteroides en la productividad de sorgo. Memoria de Resúmenes VII Simposio Internacional y II Congreso Nacional de Agricultura Sostenible. P. 120. Recuperado de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/30501407/memorias.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1526704451&Signature=Ipu%2FzyHoo1gtv7Hgtc%2BoOxbKlg8%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DAISLAMIENTO_SELECCION_PRODUCCION_Y_EVALU.pdf#page=17
- Gasga P., R. (2006). Análisis de crecimiento y dinámica nutrimental del chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.) Tesis de Maestría. Instituto de Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo, México. 62 p. Recuperado de <https://chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISMCH2013050810128161.pdf>
- Hadas, R., & Okon, Y. (1987). Effect of *Azospirillum brasilense* inoculation on root morphology and respiration in tomato seedlings. *Biology and fertility of soils*, 5(3), 241-247. Recuperado de <https://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/viewFile/172/pdf>
- Hajiboland, R., N. Aliasgharzadeh, SF Laiegh & C. Poschenrieder (2010). La colonización con hongos micorrízicos arbusculares mejora tolerancia a la salinidad de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Plant and Soil* 331:313-327 Recuperado de

<http://www.scielo.org.ar/pdf/phyton/v83n1/v83n1a17.pdf>

Hamaoui, B., Abbadi, J., Burdman, S., Rashid, A., Sarig, S., & Okon, Y. (2001). Effects of inoculation with *Azospirillum brasilense* on chickpeas (*Cicer arietinum*) and faba beans (*Vicia faba*) under different growth conditions. *Agronomie*, 21(6-7), 553-560. Recuperado de

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61003013>

Hartmann, A., & Baldani, J. I. (2006). The genus *Azospirillum*. In *The prokaryotes* (pp. 115-140). Springer, New York, NY. Recuperado de

<https://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/viewFile/172/pdf>

Helman, Y., Burdman, S., & Okon, Y. (2012). Plant growth promotion by rhizosphere bacteria through direct effects. In *Beneficial Microorganisms in Multicellular Life Forms* (pp. 89-103). Springer, Berlin, Heidelberg. Recuperado de

<https://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/viewFile/172/pdf>

Holguín Zehfuss, G. (2008). La comunicación entre bacterias y plantas. *Ciencia. Revista de la Academia Mexicana de Ciencias*, 59, 72-78. Recuperado de

<http://www.redalyc.org/html/2631/263149504004/>

Hunt, R. (1982). Plant growth curves. *The Functional Approach*. Recuperado de

<http://biblio.uabcs.mx/tesis/te3267.pdf>

Hunt, R. (1990). Basic growth analysis. *Plant growth analysis for beginners*. Acad. Div. Recuperado de

<http://biblio.uabcs.mx/tesis/te3267.pdf>

INEGI. (2005). *Guía para la interpretación de cartografía climatológica*. México. Recuperado de:

http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/publicaciones/guiascarto/clima/CLIMATIII.pdf

INEGI. (2004). Guía para la interpretación de cartografía edafología. México. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/INTERNET/EdafIII.pdf>

Irizar-Garza, M. B., P. Vargas-Vázquez, D. Garza-García, C. Tut y Couoh, I. Rojas-Martínez, A. Trujillo-Campos, R. García-Silva, D. Aguirre-Montoya, J. C. Martínez-González, S. Alvarado-Mendoza, O. Grageda-Cabrera, J. Valero-Garza y J. F. Aguirre-Medina. (2003). Respuesta de cultivos agrícolas a los biofertilizantes en la región central de México. *Agric. Téc. Méx.* 29: 213-225. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/573/57349581007.pdf>

Kalra, A., & Khanuja, s. p. s. (2007). 3. research and development priorities for biopesticide and biofertilizer products for sustainable agriculture in india. business potential, 3. Recuperado de www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf

Kapoor, R., Sharma, D., & Bhatnagar, A. K. (2008). Arbuscular mycorrhizae in micropropagation systems and their potential applications. *Scientia Horticulturae*, 116(3), 227-239. Recuperado de <http://revista.corpoica.org.co/index.php/revista/article/view/383/294>

Kapulnik, Y., Okon, Y., & Henis, Y. (1985). Changes in root morphology of wheat caused by *Azospirillum* inoculation. *Canadian Journal of Microbiology*, 31(10), 881-887. Recuperado de <https://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/viewFile/172/pdf>

- Kloepper, J. W. (1996). Host specificity in microbe-microbe interactions. *Bioscience*, 46(6), 406-409. Recuperado de <http://revista.corpoica.org.co/index.php/revista/article/view/383/294>
- Kozdrój, J., Trevors, J. T., & Van Elsas, J. D. (2004). Influence of introduced potential biocontrol agents on maize seedling growth and bacterial community structure in the rhizosphere. *Soil Biology and Biochemistry*, 36(11), 1775-1784. Recuperado de <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v24n1/v24n1a02.pdf>
- Lara, G. C. A., Lechuga, N. D. O., Lara, H. A., Luna, F. M., Bravo, L. A. B., Avelar, M. J. J. y Llamas, L. J. (2010). Evaluación de biofertilizantes en cultivos de chile (*Capsicum annuum* L.) en el estado de Zacatecas. In: Memorias. Primer foro para productores de chile. Comité Sistema Producto Chile Zacatecas. Consejo Estatal de Productores de Chile Zacatecas. México. p. 167-177. Recuperado de https://www.webconestilo.com/web/chilezac/logros/Memorias_1er_Foro_Chile_2010.pdf#page=204
- Lucy, M., Reed, E., & Glick, B. R. (2004). Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. *Antonie van leeuwenhoek*, 86(1), 1-25. Recuperado de <http://www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej16articulosPDF/07%20Biofertilizantes.pdf>
- Magallanes E., A. y A. Díaz F. (2002). Eficiencia de micorriza arbuscular y hormona esteroidal en la producción de sorgo. Memoria XXXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Recuperado de <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/30501407/memorias.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1526704451&Signature=Ipu%2FzyHoo1gtv7Hgtc%2BoOxbKlg8%3D&response->

[contentdisposition=inline%3B%20filename%3DAISLAMIENTO_SELECCION_PROD
UCCION_Y_EVALU.pdf#page=17](#)

Maroto, B. J. V. (1989). Horticultura. Herbácea Especial. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 566 p.

Recuperado de

<http://www.redalyc.org/html/573/57317102/>

Marschner, H., & Dell, B. (1994). Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and soil*, 159(1), 89-102. Recuperado de

<http://www.redalyc.org/html/573/57317102/>

Martin, C. A., & Stutz, J. C. (2004). Interactive effects of temperature and arbuscular mycorrhizal fungi on growth, P uptake and root respiration of *Capsicum annuum* L. *Mycorrhiza*, 14(4), 241-244. Recuperado de

http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S185156572015000200012

Martínez, N. (2006). Análisis de crecimiento y dinámica nutrimental del chile poblano (*Capsicum annuum* L. var. GrossumSendt) en cuatro soluciones nutritivas bajo invernadero (Doctoral dissertation, Tesis Maestría en Ciencias Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo. México). Recuperado de

<https://chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISMCH2013050810128161.pdf>

Martínez-Morales, L. J., Soto-Urzúa, L., Baca, B. E., & Sánchez-Ahédo, J. A. (2003). Indole-3-butyric acid (IBA) production in culture medium by wild strain *Azospirillum brasilense*. *FEMS Microbiology Letters*, 228(2), 167-173. Recuperado de

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61003013>

Matías-Crisóstomo, J. S., & Ferrera-Cerrato, R. (1993). Efecto de microorganismos y adición de materia orgánica en la colonización micorrízica en la recuperación de tepetates. *Avances*

- de investigación del área de Microbiología de Suelos. PROEDAF-IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México, 53-61. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/573/57317102/>
- Matiru, V. N., & Dakora, F. D. (2004). Potential use of rhizobial bacteria as promoters of plant growth for increased yield in landraces of African cereal crops. *African Journal of Biotechnology*, 3(1), 1-7. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61003013>
- McAllister, C. B., Garcia-Romera, I., & Martin, J. Godeas. A and Ocampo. JA (1995) Interactions between *Aspergillus niger* van Tiegh. and *Glomus mosseae*.(Nicol. and Gerd.) Gerd. and Trappe. *New Phytol*, 129, 309-316. Recuperado de http://digital.bl.fcen.uba.ar/download/tesis/tesis_n3430_Fracchia.pdf
- Mena-Violante, H. G., Ocampo-Jiménez, O., Dendooven, L., Martínez-Soto, G., González-Castañeda, J., Davies, F. T., & Olalde-Portugal, V. (2006). Arbuscular mycorrhizal fungi enhance fruit growth and quality of chile ancho (*Capsicum annuum* L. cv San Luis) plants exposed to drought. *Mycorrhiza*, 16(4), 261. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S185156572015000200012
- Milthorpe, F. L., & Moorby, J. (1982). Introducción a la fisiología de los cultivos. Hemisferio Sur. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/436/43628106.pdf>
- Mohr, L. B. (1995). Impact analysis for program evaluation. Sage. Recuperado de <http://biblio.uabcs.mx/tesis/te3181.pdf>
- Molina-Favero, C., Creus, C. M., Simontacchi, M., Puntarulo, S., & Lamattina, L. (2008). Aerobic nitric oxide production by *Azospirillum brasilense* Sp245 and its influence on

root architecture in tomato. *Molecular plant-microbe interactions*, 21(7), 1001-1009.

Recuperado de

<http://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/viewFile/172/pdf>

Montero, L., Duarte, C., Cun, R., & Cabrera, J. A. (2010). Efectividad de biofertilizantes micorrízicos en el rendimiento del pimiento (*Capsicum annuum* L. var. Verano 1) cultivado en diferentes condiciones de humedad del sustrato. *Cultivos Tropicales*, 31(3), 00-00. Recuperado de

https://www.researchgate.net/profile/Gabriel_RinconEnriquez/publication/297758503_Evaluacion_de_consortios_micorrizicos_arbusculares_en_el_crecimiento_vegetal_de plantas_de_maiz_chile_y_frijol/links/56e2e15908ae539fbfc06ae4.pdf

Moreno, M. M., Ribas, F., Moreno, A., & Cabello, M. J. (2003). Physiological response of a pepper (*Capsicum annuum* L.) crop to different trickle irrigation rates. *Spanish journal of agricultural research*, 1(2), 65-74. Recuperado de

<https://chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISMCH2013050810128161.pdf>

Morton, B.J. (2002). *Glomus intraradices* (Reference Accession UT126).

<http://invam.caf.wvu.edu>. Recuperado de

https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/30501407/memorias.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1525620076&Signature=hMEfORnRyvZv7KNX0QKI9zbN8Lk%3D&responsecontentdisposition=inline%3B%20filename%3DAISLAMIENTO_SELECCION_PRODUCCION_Y_EVALU.pdf

Mosse, B., Stribley, D. P., & LeTacon, F. (1981). Ecology of mycorrhizae and mycorrhizal fungi. In *Advances in microbial ecology* (pp. 137-210). Springer US. Recuperado de

<http://www.publicaciones.inecc.gob.mx/libros/667/cap7.pdf>

- Okon, Y., & Labandera-Gonzalez, C. A. (1994). Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biology and Biochemistry*, 26(12), 1591-1601. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61003013>
- Okon, Y. A. A. C. O. V., Albrecht, S. L., & Burris, R. H. (1976). Factors affecting growth and nitrogen fixation of *Spirillum lipoferum*. *Journal of bacteriology*, 127(3), 1248-1254. Recuperado de <http://www.biblioweb.tic.unam.mx/libros/microbios/Cap10/>
- Olalde, P. V., & Serratos, R. (2004). Biofertilizantes: Micorrizas y bacterias promotoras del crecimiento vegetal. In Simposio de Biofertilización. INIFAP/Centro de Biotecnología Genómica-IPN. Campo Experimental Río Bravo-INIFAP. Río Bravo, Tamaulipas. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263123222015>
- Olivares S, E. (2015). Paquete de Diseños Experimentales con Aplicación a la Experimentación Agrícola y Pecuaria. Facultad de Agronomía, UANL. Marín, N.L. México.
- Overvoorde, P., Fukaki, H., & Beeckman, T. (2010). Auxin control of root development. *Cold Spring Harbor perspectives in biology*, 2(6), a001537. Recuperado de <https://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/viewFile/172/pdf>
- Páez, A., Paz, V., & López, J. (2000). Crecimiento y respuestas fisiológicas de plantas de tomate cv. Río Grande en la época mayo-julio. Efecto del sombreado. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 17(2). Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025859362012000100004

- Pedraza, R. O., Bellone, C. H., de Bellone, S. C., Sorte, P. M. F. B., & dos Santos Teixeira, K. R. (2009). *Azospirillum* inoculation and nitrogen fertilization effect on grain yield and on the diversity of endophytic bacteria in the phyllosphere of rice rainfed crop. *European Journal of Soil Biology*, 45(1), 36-43. Recuperado de www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf
- Pereyra, M. A., Zalazar, C. A., & Barassi, C. A. (2006). Root phospholipids in *Azospirillum*-inoculated wheat seedlings exposed to water stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 44(11-12), 873-879. Recuperado de <http://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/viewFile/172/pdf>
- Piccoli, P., Lucangeli, C. D., Bottini, R., & Schneider, G. (1997). Hydrolysis of [17, 17-2H₂] gibberellin A₂₀-glucoside and [17, 17-2H₂] gibberellin A₂₀-glucosyl ester by *Azospirillum lipoferum* cultured in a nitrogen-free biotin-based chemically-defined medium. *Plant Growth Regulation*, 23(3), 179-182. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Fabricio_Cassan/publication/275153153_Promocion_del_crecimiento_vegetal_por_Azospirillum_sp_a_traves_de_la_produccion_de_giberelinas_Un_modelo_alternativo_para_incrementar_la_produccion_agricola/links/55a64eb608aed6b0255b42d1.pdf
- Prinsen, E., Costacurta, A., Michiels, K., Vanderleyden, J., & Van Onckelen, H. (1993). *Azospirillum brasilense* indole-3-acetic acid biosynthesis: evidence for a non-tryptophan dependent pathway. *Molecular Plant Microbe Interactions*, 6, 609-609. Recuperado de <http://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/viewFile/172/pdf>
- Rabie, G. H., & Al-Humiany, A. (2004). Role of VA mycorrhiza on the growth of cowpea plant and their associative effect with N₂-fixing and P-solubilizing bacteria as biofertilizers in

- calcareous soil. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 2(3&4), 186-192.
Recuperado de
<http://www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej16articulosPDF/07%20Biofertilizantes.pdf>
- Rabie, G. H., & Almadini, A. M. (2005). Role of bioinoculants in development of salt-tolerance of *Vicia faba* plants under salinity stress. *African Journal of Biotechnology*, 4(3), 210.
Recuperado de
www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf
- Radford, P. J. (1967). Growth Analysis Formulae-Their Use and Abuse 1. *Crop science*, 7(3), 171-175. Recuperado de
<http://www.redalyc.org/pdf/436/43628106.pdf>
- Reis Junior, F. B., Silva, M. F., Teixeira, K. R. S., Urquiaga, S., & Reis, V. M. (2004). Identification of *Azospirillum amazonense* isolates associated to *Brachiaria* spp. at different stages and growth conditions, and bacterial plant hormone production. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28(1), 103-113. Recuperado de
<http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v24n1/v24n1a02.pdf>
- Remy, W., Taylor, T. N., Hass, H., & Kerp, H. (1994). Four hundred-million-year-old vesicular arbuscular mycorrhizae. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91(25), 11841-11843. Recuperado de
www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf
- Roldos, J., Casas, M., & Pérez, J. (1994). Uso de los biofertilizantes en suelos Ferralíticos cultivados con caña de azúcar. *Resúmenes RELAR* (17: 1994: La Habana), 109.
Recuperado de
http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V40Numero_1/cag051131894.pdf

- Rueda-Puente, E. O., Murillo-Amador, B., Castellanos-Cervantes, T., García-Hernández, J. L., Tarazòn-Herrera, M. A., Medina, S. M., & Barrera, L. E. G. (2010). Effects of plant growth promoting bacteria and mycorrhizal on *Capsicum annuum* L. var. aviculare ([Dierbach] D'Arcy and Eshbaugh) germination under stressing abiotic conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48(8), 724-730. Doi: 10.1016/J.Plaphy.2010.04.002. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S098194281000080X>
- Ruíz-Sánchez M, Armada E, Muñoz Y, García De Salamone IE, Aroca R, Ruíz-Lozano JM, Azcón R. (2011). *Azospirillum* and Arbuscular Mycorrhizal Colonization Enhance Rice Growth and Physiological Traits under Well-Watered and Drought Conditions. *Journal of Plant Physiology*.168: 1031–1037 Recuperado de <http://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/viewFile/172/pdf>
- Sabaratnam, S., & Traquair, J. A. (2002). Formulation of a *Streptomyces* biocontrol agent for the suppression of *Rhizoctonia* damping-off in tomato transplants. *Biological Control*, 23(3), 245-253. Recuperado de <http://www.inifap.gob.mx/circe/documents/publigto/librobio.pdf>
- Sabir, A., Yazici, M. A., Kara, Z., & Sahin, F. (2012). Growth and mineral acquisition response of grapevine rootstocks (*Vitis* spp.) to inoculation with different strains of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(10), 2148-2153. Recuperado de <http://www.scielo.org.ar/pdf/phyton/v83n1/v83n1a17.pdf>
- SAS (Statistical Analysis System). (2002). *The SAS System For Windows 9.0. User's Electronic Guide: Statistics*. SAS Institute, Inc. Cary, N. C. USA.

- Saubidet, M. I., Fatta, N., & Barneix, A. J. (2002). The effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* on growth and nitrogen utilization by wheat plants. *Plant and soil*, 245(2), 215-222. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027152X2013000300002
- Schwab, S. M., Menge, J. A., & Leonard, R. T. (1983). Quantitative and qualitative effects of phosphorus on extracts and exudates of sudangrass roots in relation to vesicular-arbuscular mycorrhiza formation. *Plant physiology*, 73(3), 761-765. Recuperado de http://digital.bl.fcen.uba.ar/download/tesis/tesis_n3430_Fracchia.pdf
- Sinaloa, F. P. (2006). Memoria Agricultura orgánica. Memorias del Curso Eco Agro de de Agricultura Orgánica. Fundación produce Sinaloa. Guamúchil, Sinaloa, México, 7-9. Recuperado de <http://www.ejournal.unam.mx/rxm/vol06-01/RXM006000107.pdf>
- Shaheen, A. M., Fatma, A., & Rizk, O. (2007). The integrated use of bio-inoculants and chemical nitrogen fertilizer on growth, yield and nutritive value of two okra (*Abelmoschus esculentus*, L.). cultivars. Recuperado de www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf
- Shi, Z., Wang, F., Zhang, C., & Yang, Z. (2011). Exploitation of phosphorus patches with different phosphorus enrichment by three arbuscular mycorrhizal fungi. *Journal of plant nutrition*, 34(8), 1096-1106. Recuperado de <http://www.scielo.org.ar/pdf/phyton/v83n1/v83n1a17.pdf>
- Shibles R. (1987). *Crop Physiology*. Iowa, USA, Iowa State University. 214 p. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/436/43628106.pdf>

- Sivori, M. E.; Montaldi, R. E.; Caso H.,O. (1980). Fisiología vegetal. Ed. Hemisferio sur S.A. Buenos Aires, Argentina. 681 p. Recuperado de <http://biblio.uabcs.mx/tesis/te3267.pdf>
- Spaepen, S., Vanderleyden, J., & Okon, Y. (2009). Plant growth-promoting actions of rhizobacteria. *Advances in botanical research*, 51, 283-320. Recuperado de <https://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/viewFile/172/pdf>
- Spaepen, S., Vanderleyden, J., & Remans, R. (2007). Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. *FEMS microbiology reviews*, 31(4), 425-448. Recuperado de <http://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/viewFile/172/pdf>
- Steward, F. C. (Ed.). (1969). *Plant Physiology: Analysis of growth. A. Behavior of plants and their organs. B. The responses of cells and tissues in culture. 2. v (Vol. 5)*. Academic Press. Recuperado de <http://biblio.uabcs.mx/tesis/te3181.pdf>
- Suneja, P., Dudeja, S. S., & Narula, N. (2007). Development of multiple co-inoculants of different biofertilizers and their interaction with plants. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 53(2), 221-230. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263123222015>
- Sylvia, M. D. Mycorrhizal Symbioses. (2005). In: Sylvia, M.D., 2uhrmann, J. J.; Harte, G. P. and Zuberer, A. D. (Ed.). *Principles and Applications of Soil Microbiology. Second Edition*, New Jersey, USA. Pearson Prentice Hall. 263-282 p. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/2631/263149504004/>

- Taiz L, Zeiger E, (2002) Auxin: the Growth Hormone. In Plant Physiology, pp. 423–460, Sinauer Associates, Sunderland, Mass, USA. Recuperado de <https://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/viewFile/172/pdf>
- Taiz L., Zeiger E. (1991). Plant Physiology. California. Benjamin Cummings. USA. 565 p. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/436/43628106.pdf>
- Tien, T. M., Gaskins, M. H., & Hubbell, D. H. (1979). Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). Applied and Environmental Microbiology, 37(5), 1016-1024. Recuperado de <http://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/viewFile/172/pdf>
- Torres Barragán, A., Zavaleta Mejía, E., Ch, G., del Carmeaseso, M., Ferrera Cerrato, R., & García Espinosa, R. (1993). Interacción hongos micorrízicos-cebolla y su relación con la pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum* Berk.) (No. TESIS.). Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Centro de Fitopatología. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/573/57317102/>
- Uribe, V.G., Petit, J. y Dzib, E.R. (2007). Respuesta del cultivo de maíz a la aplicación de biofertilizantes en el sistema roza, tumba y quema en suelo alfisol (chac-lu'um, nomenclatura maya), en Yucatán, México. Agricultura Andina 13:3-18. Recuperado de: www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf
- Valentín M. M. C. (2011). Crecimiento y extracción de nutrimentos en chile de agua (*Capsicum annuum* L.) Tesis de Maestría. Instituto de Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo, México. 104 p. Recuperado de:

- <https://chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISMCH2013050810128161.pdf>
- Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and soil*, 255(2), 571-586. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263123222015>
- Villalobos, S. R. I. (1993). Potencial de la micorriza vesiculoarbuscular en la producción de chile (*Capsicum annum* L.) y cebolla (*Allium cepa* L.) (Doctoral dissertation, MSc thesis, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Mexico). Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/573/57317102/>
- Waterer, D., & Coltman, R. (1989). Mycorrhizal infection level of bell pepper transplants influences subsequent responses to soil solution phosphorus. *Journal of plant nutrition*, 12(3), 327-340. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/573/57317102/>
- Wisniewski-Dyé, F., Borziak, K., Khalsa-Moyers, G., Alexandre, G., Sukharnikov, L. O., Wuichet, K., ... & Calteau, A. (2011). *Azospirillum* genomes reveal transition of bacteria from aquatic to terrestrial environments. *PLoS genetics*, 7(12), e1002430. Recuperado de <https://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/viewFile/172/pdf>
- Wright, S. F., & Upadhyaya, A. (1998). A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and soil*, 198(1), 97-107. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Luis_VillarrealRuiz/publication/262414032_37_3_SIMBIOSIS_MICORRICICA_UN_ANALISIS/links/00b49537a3f8c79da3000000.pdf
- Wright, S. F. (2000). A fluorescent antibody assay for hyphae and glomalin from arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and Soil*, 226(2), 171. Recuperado de

<http://www.redalyc.org/pdf/573/57311096014.pdf>

Young, J. P. W. (1992). Phylogenetic classification of nitrogen-fixing organisms. *Biological nitrogen fixation*, 1544, 43-86. En G. Stacey, R. H. Burris, and H. J. Evans (ed.), *Biological Nitrogen Fixation*, Chapman and Hall, New York, N. Y. Recuperado de <http://www.biblioweb.tic.unam.mx/libros/microbios/Cap10/>