

No Reg EMT779
Procedencia Donación
Proveeduría
Factura No
Precio
Fondo
Catalogado JHGRA
Fecha 9.07.2010



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ



FACULTAD DE AGRONOMÍA
COORDINACIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

LA BIOFERTILIZACIÓN EN EL DESARROLLO
CONTENIDO DE NUTRIMENTOS Y RENDIMIENTO
DE CHILE MIRASOL (*Capsicum annuum*)

Por

Leonor Martínez Kemp

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el
Grado de Maestra en Ciencias



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA
COORDINACIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS



**LA BIOFERTILIZACIÓN EN EL DESARROLLO,
CONTENIDO DE NUTRIMENTOS Y RENDIMIENTO DE
CHILE MIRASOL (*Capsicum annuum* L)**

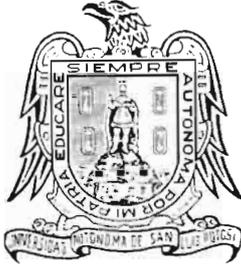
Por

Leonor Martínez Kemp

**Tesis presentada como requisito parcial para obtener el
grado de Maestra en Ciencias**

Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P

Marzo 2009



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA
COORDINACIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS



**LA BIOFERTILIZACIÓN EN EL DESARROLLO,
CONTENIDO DE NUTRIMENTOS Y RENDIMIENTO DE
CHILE MIRASOL (*Capsicum annum L*)**

Por

LEONOR MARTÍNEZ KEMP

Asesores

Dra. Catarina Loredo Osti

Dr. José Luis Lara Mireles

M. C. Andrés Ramiro Córdova

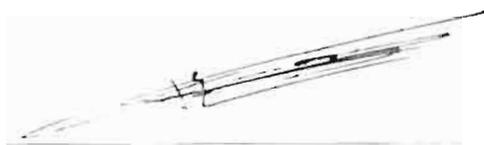
**Tesis presentada como requisito parcial para obtener el
grado de Maestra en Ciencias**

La presente tesis titulada: **La biofertilización en el desarrollo, contenido de nutrimentos y rendimiento de chile mirasol (*Capsicum annuum* L.)**, fue realizada por la C. Ing Leonor Martínez Kemp, como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Ciencias Agropecuarias, el cual fue revisado y aprobado por el suscrito Comité de Tesis.

Dra. Catarina Loredo Osti
Asesor



Dr. José Luis Lara Mireles
Asesor



M. C. Andrés Ramiro Córdova
Asesor



DEDICATORIA

A mi familia con todo mi cariño para ellos en especial a mi Amado quien me motiva e incentiva a lograr todos mis proyectos con su ayuda, tolerancia y comprensión. A mis hijos Olmo y Akbal que me motivan con su ejemplo de tenacidad a seguir en este camino de preparación. Y sobre todo a nuestra nueva familia Yumi, Yeraldin y Yoitzin que logran nuevos bríos en mi vida.

A mis amigos, todos, que de alguna manera estuvieron cerca de mí durante toda esta aventura y que me brindaron confianza para lograr llegar a buen término.

Este plan de vuelo que inicié llegó a su destino, la clave fue, las instrucciones de mis maestros, la confianza de mi familia y la motivación de mis amigos.

Por ello, este trabajo se los dedico a todos ustedes con todo mi corazón y con la alegría y felicidad que me brindó este proyecto.

Leonor

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a todos quienes contribuyeron de diversas maneras para lograr este trabajo de tesis, como resultado de dos años de estudios en la maestría.

Gracias. Dra. Catarina Loredo Osti por tu liderazgo e iniciativa. Sin duda alguna fuiste clave para llevar a fin el trabajo de tesis con tus excelentes observaciones, aportaciones y tu ayuda profesional y proactiva. Y sobre todo por ser una gran amiga, que me motivo positivamente durante todo el desarrollo del trabajo, con tu actitud, al decirme continuamente, “tu puedes”.

Gracias. Dr. José Luis Lara Mireles. Por tus consejos durante el desarrollo del trabajo de tesis, en especial con la aplicación de la solución nutritiva, así como tu esfuerzo en la revisión del trabajo con el objeto de resaltar los resultados.

Gracias. M. C. Andrés Ramiro Córdova. Por tu dedicación a la revisión del trabajo y tus proactivos comentarios a éste. Y por permitir ocupar un espacio en el invernadero a tu cargo, donde se desarrollo el trabajo, además de proporcionar la semilla de chile utilizada en este experimento.

Gracias. Dr. Armando Aguado Santacruz quien facilito la cepa bacteriana INI270901 como uno de los inóculos aplicados en los diferentes tratamientos del experimento.

Gracias. Dra. Angeles Peña del Río que nos proporciono el hongo micorrízico utilizado en el trabajo de tesis.

Gracias. Al INIFAP, Campo Experimental Bajío, Campo experimental General Terán y Campo Experimental San Luis por las facilidades brindadas a este trabajo con sus instalaciones así como la aportación de las cepas bacterianas.

Gracias. A la facultad de Agronomía de la UASLP por su confianza al facilitar sus instalaciones donde realice algunas de las mediciones para la evaluación del experimento.

CONTENIDO	Pag
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	ix
SUMMARY	x
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	2
Hipótesis	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Los Microorganismos en la Nutrición de las Plantas	4
Función de las Micorrizas en el Desarrollo de las Plantas	4
Las Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (PGPR) en el Desarrollo de las Plantas	7
La Asociación Micorrizas-PGPR en la Nutrición Vegetal	9
MATERIALES Y MÉTODOS	11
Descripción del Área de Estudio	11
Tratamientos	11
Desarrollo Experimental	12
Aplicación de Inóculo y Solución Nutritiva	12
Muestreos y Diseño Experimental	12
Variables Evaluadas	13
Efecto de la bioinoculación bacteriana y micorrizica en la dinámica del nitrógeno y la nutrición mineral del chile mirasol (<i>Capsicum annuum</i> L.)	13
Medición indirecta del contenido de nitrógeno en la planta (Unidades SPAD)	13
Contenido de nitrógeno foliar	13
Relación del contenido de N hoja apical/hoja basal	14
Contenido de macro y microelementos	14
Efecto de la bioinoculación bacteriana y micorrizica en el desarrollo del chile mirasol (<i>Capsicum annuum</i> L.)	14
Altura de planta	14
Diámetro de tallo	14
Peso de fruto	14
Biomasa aérea total	15
Volumen, longitud y biomasa de raíz	15
Análisis Estadístico	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
Efecto de la Bioinoculación Bacteriana y Micorrizica en la Dinámica del Nitrógeno y la Nutrición Mineral del Chile Mirasol (<i>C. annuum</i> L.)	17
Medición indirecta del contenido de nitrógeno en la planta (Unidades SPAD)	17
Contenido de nitrógeno en la primera fecha de muestreo (30 días DDT)	18
Contenido de nitrógeno en la segunda fecha de muestreo (60 DDT)	21
Contenido de nitrógeno en la tercera fecha de muestreo (90 DDT)	22
Contenido de nitrógeno en la cuarta fecha de muestreo (130 DDT)	24
Contenido de nitrógeno en la quinta fecha de muestreo (160 DDT)	25
Contenido de nitrógeno foliar	28
Relación del contenido de N hoja apical y basal	30
Relación del N de la hoja apical/hoja basal en el primer muestreo (30 DDT)	34
Relación del N de la hoja apical/hoja basal en el segundo muestreo (60	34

DDT)	
Relación del N de la hoja apical/hoja basal en el tercer muestreo (90 DDT)	34
Relación del N de la hoja apical/hoja basal en el cuarto muestreo (130 DDT)	36
Relación del N de la hoja apical/hoja basal en el quinto muestreo (160 DDT)	37
Contenido de macro y microelementos	38
Contenido de macroelementos	39
Contenido de P	41
Contenido de K	42
Contenido de Ca	43
Contenido de Mg	44
Contenido de S	45
Contenido de micronutrientes	46
Contenido de Fe	47
Contenido de Mn	49
Contenido de Cu	50
Contenido de Zn	51
Efecto de la Bioinoculación Bacteriana y Micorrizica en el Desarrollo del Cultivo del Chile Mirasol (<i>Capsicum annuum</i> L.)	52
Altura de planta	52
Diámetro del tallo	54
Rendimiento de fruto	55
Rendimiento de fruto en el primer corte (90 DDT), fertilización sin N	57
Rendimiento de fruto en el segundo corte (130 DDT), fertilización sin N	57
Rendimiento de fruto en el tercer corte (160 DDT), fertilización sin N	58
Rendimiento de fruto en el primer corte (60 DDT), fertilización con N	60
Rendimiento de fruto en el segundo corte (90 DDT), fertilización con N	60
Rendimiento de fruto en el tercer corte (130 DDT), fertilización con N	61
Rendimiento de fruto en el cuarto corte (160 DDT), fertilización con N	61
Biomasa aérea total	62
Volumen, biomasa y longitud de raíz	66
Volumen radical	66
Biomasa radical	67
Longitud de raíz	68
CONCLUSIONES	70
LITERATURA CITADA	71

INDICE DE CUADROS

No.		Pág.
1	Factores de prueba considerados en el estudio sobre el uso de bioinoculantes en chile mirasol.	11
2	Concentración de nitrógeno (%) en la planta de chile mirasol inoculada con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización nitrogenada	19
3	Análisis de varianza de la concentración de nitrógeno estimada con el medidor de Unidades SPAD, durante el desarrollo del chile mirasol, biofertilizado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización nitrogenada	20
4	Resultado del ANVA por fecha de muestreo, en la concentración de nitrógeno en la planta de chile mirasol, inoculada con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización nitrogenada	27
5	Análisis de varianza del contenido de nitrógeno total extraído por la planta de chile mirasol a los 90 DDT, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización nitrogenada	28
6	Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) respecto al contenido de nitrógeno total extraído por la planta de chile mirasol a los 90 DDT bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización nitrogenada	29
7	Relación del N hoja apical/hoja basal en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización.	31
8	Resultado del ANVA de la relación del contenido de N hoja apical/hoja basal en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización	33
9	Niveles de referencia de macro y microelementos en tejido foliar de la planta.	38
10	Resultados de las características del ANVA respecto al contenido de macroelementos de chile mirasol bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y un hongo micorrizico <i>Glomus intraradices</i> .	39
11	Contenido de macronutrientes en chile mirasol biofertilizado con cepas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización.	40
12	Resultados de las características del ANVA respecto al contenido de microelementos de chile mirasol bioinoculado con dos cepas diazotróficas y un hongo micorrizico <i>Glomus intraradices</i>	47

13	Resultado referente al contenido de micronutrientes del chile mirasol biofertilizado con cepas diazotróficas y un hongo micorrízico bajo dos niveles de fertilización.	48
14	Análisis de varianza de la altura de planta de chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización	53
15	Efecto de la bioinoculación del diámetro de tallo de planta de chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización	54
16	ANVA del rendimiento de fruto de chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización	56
17	Resultados del ANVA del rendimiento de fruto de chile mirasol bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> , fertilizado con solución nutritiva sin N.	56
18	Efecto de la bioinoculación con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo una fertilización sin nitrógeno en el rendimiento de fruto del chile mirasol.	59
19	Resultado del ANVA del rendimiento de fruto de chile mirasol bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> , fertilizado con solución nutritiva con N.	59
20	Efecto de la bioinoculación con dos cepas bacterianas y <i>Glomus intraradices</i> bajo una fertilización con solución nutritiva con N en el rendimiento de fruto del chile mirasol.	62
21	Análisis de varianza de biomasa aérea ¹ de planta de chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización	63
22	Prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) al rendimiento de biomasa aérea ¹ de chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> con fertilización nitrogenada	65
23	Resultado del ANVA del volumen, biomasa y longitud radical, de chile mirasol bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> y dos niveles de fertilización.	65
24	Efecto de la bioinoculación en la longitud de raíz de chile mirasol con dos cepas bacterianas diazotróficas, un hongo micorrízico <i>Glomus intraradices</i> y bajo dos niveles de fertilización.	69

ÍNDICE DE FIGURAS

No.		Pág.
1	Relación entre las Unidades SPAD y el contenido de nitrógeno total determinado en hojas de chile mirasol (<i>Capsicum annum</i> L.).	17
2	Contenido de nitrógeno en la primer muestreo (30 DDT) en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización nitrogenada.	21
3	Contenido de nitrógeno en el segundo muestreo (60 DDT) en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización nitrogenada	22
4	Contenido de nitrógeno en el tercer muestreo (90 DDT) en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización nitrogenada	24
5	Contenido de nitrógeno en el cuarto muestreo (130 DDT) en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización nitrogenada	25
6	Contenido de nitrógeno en el quinto muestreo (160 DDT) en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización nitrogenada	26
7	Efecto de la relación del contenido de N hoja apical/hoja basal en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización.	32
8	Relación del N hoja apical/hoja basal en el tercer muestreo (60 DDT), en chile mirasol bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización.	35
9	Relación del N hoja apical/hoja basal en el cuarto muestreo (90 DDT), en chile mirasol bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización.	36
10	Relación del N hoja apical/hoja basal en el quinto muestreo (160 DDT), en chile mirasol bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización.	37
11	Contenido de P (%) resultado del análisis foliar de chile mirasol con diferente fertilización y tratamientos de bioinoculación	42
12	Contenido de K (%) resultado del análisis foliar en chile mirasol con diferente fertilización y tratamientos de bioinoculación	43
13	Contenido de Ca (%) resultado del análisis foliar en chile mirasol con	44

	diferente fertilización y tratamientos de bioinoculación	
14	Contenido de Mg (%) resultado del análisis foliar en chile mirasol con diferente fertilización y tratamientos de bioinoculación	45
15	Contenido de Fe (ppm) resultado del análisis foliar en chile mirasol con diferentes tratamientos de bioinoculación y fertilización	48
16	Contenido de Mn (ppm) resultado del análisis foliar en chile mirasol con diferentes tratamientos de bioinoculación y fertilización sin N	49
17	Contenido de Cu (ppm) resultado del análisis foliar en chile mirasol con diferentes tratamientos de bioinoculación y fertilización	50
18	Contenido de Zn (ppm) resultado del análisis foliar en chile mirasol con diferentes tratamientos de bioinoculación y fertilización	52
19	Prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) de altura de planta del chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización	54
20	Prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) al rendimiento en su segundo corte de fruto de chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> con fertilización sin N	58
21	Prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) al rendimiento en su tercer corte de fruto de chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> con fertilización nitrogenada	61
22	Prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) de la biomasa aérea de chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> con fertilización nitrogenada	64
23	Prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) del volumen de raíz de chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo una fertilización nitrogenada	67
24	Prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) al biomasa radical de chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo una fertilización nitrogenada	68

INDICE DE ANEXOS

No.		Pag.
A1	Preparación de las soluciones madre de macronutrientos y hierro (Sánchez <i>et al</i> , 2001).	74
A2	Preparación de la mezcla de micronutrientos (Sánchez <i>et al</i> , 2001)	75
A3	Guía para la preparación de las soluciones nutritivas (Sánchez <i>et al</i> , 2001)	75
A4	Análisis de varianza en la primera fecha de muestreo (30 DDT) del contenido de nitrógeno en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización nitrogenada	76
A5	Análisis de varianza en la segunda fecha de muestreo (60 DDT) del contenido de nitrógeno en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización nitrogenada	76
A6	Análisis de varianza en la tercera fecha de muestreo (90 DDT) del contenido de nitrógeno en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización nitrogenada	77
A7	Análisis de varianza en la cuarta fecha (130 DDT) de muestreo del contenido de nitrógeno en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización nitrogenada	77
A8	Análisis de varianza en la quinta fecha (160 DDT) de muestreo del contenido de nitrógeno en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización nitrogenada	78
A9	Análisis de varianza de la relación de nitrógeno hoja apical/hoja basal en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización.	78
A10	Análisis de varianza de la concentración de nitrógeno a los 30 DDT de la relación hoja apical/hoja basal en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización	79
A11	Análisis de varianza de la relación nitrógeno hoja apical/hoja basal en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización a los 60 DDT	79
A12	Análisis de varianza de la relación nitrógeno hoja apical/hoja basal en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización a los 90 DDT	80
A13	Análisis de varianza de la relación nitrógeno hoja apical/hoja basal en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización a los 130 DDT	80
A14	Análisis de varianza de la relación nitrógeno hoja apical/hoja basal en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y <i>Glomus intraradices</i> bajo dos niveles de fertilización a los 160 DDT	81

A15	Análisis nutrimental de las plantas chile guajillo "Don Ramón"	81
A16	Análisis de varianza del rendimiento de fruto de chile mirasol en el primer corte, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y Glomus intraradices con fertilización sin N	82
A17	Análisis de varianza del rendimiento de fruto de chile mirasol en el segundo corte, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y Glomus intraradices con fertilización sin N	82
A18	Análisis de varianza del rendimiento de fruto de chile mirasol en el tercer corte, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y Glomus intraradices con fertilización sin N	82
A19	Análisis de varianza del rendimiento de fruto de chile mirasol en el primer corte, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y Glomus intraradices bajo fertilización con N	83
A20	Análisis de varianza del rendimiento de fruto de chile mirasol en el segundo corte, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y Glomus intraradices con fertilización con N	83
A21	Análisis de varianza del rendimiento de fruto de chile mirasol en el tercer corte, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y Glomus intraradices con fertilización con N	83
A22	Análisis de varianza del rendimiento de fruto de chile mirasol en el cuarto corte, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y Glomus intraradices con fertilización con N	84
A23	Análisis de varianza del volumen radical de chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y Glomus intraradices bajo dos niveles de fertilización	84
A24	Análisis de varianza de la biomasa radical de chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y Glomus intraradices bajo dos niveles de fertilización	85
A25	Análisis de varianza de la longitud de Raíz de chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y Glomus intraradices bajo dos niveles de fertilización.	85

RESUMEN

El cultivo de chile seco (*Capsicum annuum* L.) es un sistema importante en la región central de México. Uno de los principales costos de producción es la fertilización química, implicando además riesgos de contaminación. Existen investigaciones recientes que indican del uso de bioinoculantes a base de hongos micorrízicos y bacterias promotoras del crecimiento vegetal, como una opción para favorecer la nutrición mineral de los cultivos hortícolas. El objetivo de esta investigación fue: evaluar el efecto de la bioinoculación con hongo micorrízicos y bacterias promotoras del crecimiento vegetal en la variedad Don Ramón de chile mirasol. Los factores de prueba fueron tres: Factor M: inoculación con micorriza (*Glomus intraradices*) (dos niveles de prueba: con y sin); Factor C: dos cepas diazotróficas (INI1R2, INI-270901) y testigo sin inocular; Factor N: dos niveles de N (solución nutritiva completa y solución sin N). La evaluación se realizó en diferentes fechas de muestreo. Las variables respuesta fueron: contenido de nitrógeno medido en forma indirecta con Unidades SPAD, relación del N de hojas jóvenes con N de hojas maduras (Napical/Nbasal), altura de planta, diámetro de tallo, peso de fruto, producción de biomasa aérea, desarrollo radical (volumen, longitud y biomasa). Los resultados se analizaron bajo un diseño factorial completamente al azar, en arreglo 3x2x2x5, utilizando el análisis ANVA del Sistema SAS (Statistical Analysis System). Se encontraron diferencias estadísticas significativas en todas las variables respuesta, debidas al Factor N; la biofertilización bacteriana y los hongos micorrízicos favorecieron el movimiento del N en la planta, bajo condiciones de deficiencia de nitrógeno. La biofertilización favoreció la producción de biomasa y volumen de raíz; el mejor tratamiento fue la cepa INI270901 con micorriza con nitrógeno. La inoculación con *Glomus intraradices* en ausencia de N favoreció la producción de fruto; La cepa INI1R2 favoreció la producción de fruto.

SUMMARY

The pepper (*Capsicum annum* L.) production is an important system in the central region of Mexico. The chemical fertilization has high production cost and risks of contamination. However, recent investigations indicate that there are microorganisms with capacity for promote the growth plant (PGPR). They improve mineral nutrition of the horticultural cultivations. The aim of this research was to evaluate the effect of bioinoculation with PGPR and mycorrhizal fungi (AMF) on pepper, under greenhouse conditions. *Glomus intraradices* and Strains INI1R2 and INI-270901, and two levels of nitrogen fertilization (mineral solution complete and mineral solution without N) were tested on Don Ramón cultivar. Leaf nitrogen content was estimated to 30, 60, 90, 130 and 160 days after the transplant. The ANOVA analysis was carried out with the SAS System. The N concentration (%) and the Na/Nb relation were affected by the presence or absence of N in the nutritious solution. The strain INI270901 increased plant nitrogen content only when the nutritius solution was complete. The bioinoculation with PGPR and AMF increased the yield fruit under nitrogen starving conditions. The bioinoculation can be used on pepper establishment and yield, specially now, when the chemical fertilization has high production cost and risks of contamination.

INTRODUCCIÓN

En México las hortalizas de mayor consumo son el chile (*Capsicum annuum* L) y el jitomate (*Lycopersicon esculentum* M). México es considerado el centro de origen de la especie *annuum*, la cual presenta una amplia variabilidad en la forma, tamaño, color y vigor del fruto, por lo cual tiene un potencial estratégico para la conservación y aprovechamiento de este cultivo. Existe un gran número de chiles de importancia regional en diferentes estados de la República, los cuales se caracterizan por presentar una amplia diversidad genética.

El cultivo de chile genera beneficios económicos y empleos para la gente del campo; la tecnificación que requiere el cultivo varía de acuerdo al sistema de producción. En nuestro país se establecen cada año más de 30,000 hectáreas de chile Mirasol Guajillo siendo este el más importante después del chile jalapeño (Ramiro 2001; Garza, 2002).

En el Altiplano Potosino el cultivo de chile guajillo es importante por la superficie sembrada que asciende a 5,000 ha y por el número de jornales (80 a 90 ha⁻¹) que se utilizan para realizar las actividades que van desde el trasplante, labores de cultivo y aplicación de agroquímicos, hasta la cosecha. Su rendimiento varía de 1.5 a 2.0 ton ha⁻¹ (SIACON, 2002), aunque existen variedades generadas por el Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias en San Luis Potosí donde se pueden obtener rendimientos que varían de 2.9 a 4.5 ton ha⁻¹ de acuerdo al sistema de riego que se utilice (Ramiro, 2001).

De acuerdo al INIFAP (Martínez, 2002) el cultivo de chile requiere ser fertilizado con 180 kg nitrógeno y 90 kg de fósforo ha⁻¹ lo cual implica altos costos de producción por la inversión en fertilizantes y problemas de contaminación de mantos acuíferos, cuando los fertilizantes son aplicados en exceso. Sin embargo, actualmente existe investigación del uso de microorganismos (bacterias promotoras del crecimiento vegetal y hongos micorrízicos) que pueden favorecer la nutrición mineral, estimulando a las plantas en sus procesos de absorción y traslocación de elementos importantes que favorecen el rendimiento y la calidad de las hortalizas y que puede representar un

potencial alto para mejorar las condiciones de cultivo del chile mirasol (*C. annuum* L.) y reducir los costos de producción.

Existe información diversa relativa a los mecanismos de las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR por sus siglas en inglés "plant growth promoting rizhobacteria), como la fijación biológica de nitrógeno, producción de sustancias reguladoras de crecimiento, incremento de volumen de raíz e inducción de resistencia sistémica a patógenos como *Rhizoctonia solani* que causa grandes pérdidas en el cultivo de chile, a tal grado que hay productores que han dejado de sembrar en áreas infestadas por enfermedades fungosas.

Los hongos micorrízicos son microorganismos que aumentan la actividad biológica en la raíz y favorecen la absorción de agua y nutrientes del suelo, principalmente fósforo y nitrógeno (Melgares *et al.*, 2004).

Dentro de los hongos micorrízicos, se encuentran las endomicorrizas que penetran en las células radicales y que están asociadas a la mayoría de las especies hortícolas y herbáceas silvestres (Brown *et al.*, 2000).

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto de la bioinoculación con hongos micorrízicos y rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, en el establecimiento y producción del chile mirasol (*Capsicum annuum* L.).

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de la bioinoculación con *Glomus intraradices* y bacterias promotoras del crecimiento vegetal en el crecimiento de chile mirasol (*Capsicum annuum* L.).

2. Evaluar el efecto de la bioinoculación con *Glomus intraradices* y bacterias promotoras del crecimiento vegetal en la nutrición mineral del chile mirasol (*Capsicum annuum* L.).
3. Evaluar el efecto de la bioinoculación con *Glomus intraradices* y bacterias promotoras del crecimiento vegetal en el rendimiento de fruto de chile mirasol (*Capsicum annuum* L.).

Hipótesis

La bioinoculación del chile mirasol (*Capsicum annuum* L.) con micorrizas y bacterias promotoras del crecimiento vegetal favorece su establecimiento, nutrición mineral y producción.

REVISIÓN DE LITERATURA

Los Microorganismos en la Nutrición de las Plantas

En todas las plantas desarrolladas en ambientes naturales, las raíces no solo son simplemente raíces, sino que son asociaciones complejas, resultado de infestaciones por algunos hongos del suelo formadores de micorriza y bacterias benéficas (Ochoa *et al.*, 1992). Estos microorganismos constituyen la parte viva del suelo y son los responsables de la dinámica de transformación de los nutrientes y de los fertilizantes. En un gramo de suelo pueden existir millones de estos microorganismos (Ferrera-Cerrato *et al.*, 1996).

Los microorganismos benéficos viven en la rizosfera de manera simbiótica o asociativa, los más importantes son los hongos que forman micorrizas y las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR). La planta les proporciona alimento como carbohidratos y condiciones favorables de humedad, pH y O₂. Los microorganismos a su vez tienen varios mecanismos para beneficiar a la planta, las micorrizas favorecen a la nutrición vegetal, principalmente del fósforo e inducen tolerancia a enfermedades radicales tales como *Phytophthora* spp, *Phythium*, spp., *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia*; las bacterias pueden fijar el nitrógeno atmosférico, producir sustancias promotoras del crecimiento vegetal, solubilizar fósforo, producir sideróforos, incrementar el crecimiento radical logrando una mayor área de exploración para la búsqueda de nutrientes y además son agentes de control de patógenos (Bowen y Rovira, 1999).

El desarrollo de las raíces laterales está fuertemente influenciado por factores ambientales como suministro de nutrientes, microorganismos rizosféricos, resistencia del suelo y un notable control hormonal, particularmente por ácido indol 3-acético (IAA) y citocininas (Marschner, 1997).

Función de las Micorrizas en el Desarrollo de las Plantas

Azcón (2000) señala que el uso de la micorriza arbuscular (MA) está siendo enfocado hacia el desarrollo y definición de tecnologías necesarias para la producción de hortalizas de calidad; la inoculación con estos endófitos resulta

ventajosa para mejorar el balance nutrimental y la uniformidad en el tamaño, vigor y tolerancia al estrés.

Siqueira y Franco (1988) definen a las micorrizas como una simbiosis endófitas, biotrófica y mutualista, prevaleciente en la mayoría de las plantas vasculares, nativas y cultivadas que se caracteriza por el contacto íntimo y la perfecta integración morfológica entre el hongo y la planta, a través de la regulación funcional y el intercambio de metabolitos con beneficios mutuos.

La asociación simbiótica con hongos del suelo (micorrizas) favorece la captación de agua y nutrientes, especialmente P, Cu y Zn; el desarrollo de estructura del suelo y estabilidad y control biológico de patógenos de la planta (Marschner y Dell 1994). Las hifas son prácticamente una extensión del sistema de raíz que aumenta el volumen de suelo explorado (Brady y Weil 1999). Las hifas micorrízicas liberan compuestos carbónicos en el suelo circundante a la raíz dentro de la micorrizosfera (Linderman, 1988).

Algunas bacterias y hongos que habitan en la rizosfera solubilizan fosfatos insolubles; éstas pertenecen a los géneros *Pseudomonas*, *Enterobacter* y *Bacillus*, así como algunos hongos del suelo como *Penicillium* y *Aspergillus* (Whitelaw, 2000).

La inoculación de las plantas con hongos micorrízicos (MA) provoca de manera general un marcado incremento en los procesos de absorción y traslocación de nutrientes, tales como: P, N, K, Mg, Zn, Cu, Mo, B (Koide, 1991; Marschner y Dell, 1994).

Fixen (1997), señaló que la longitud total y la distribución relativa de la parte aérea y radical de la planta, es uno de los factores más importantes en la determinación de la concentración necesaria de fósforo en el suelo, para un rendimiento óptimo, así como de la respuesta a la aplicación de los fertilizantes fosfatados. Una planta con mayor cantidad de raíces en relación a la parte aérea requiere de una concentración de P en el suelo considerablemente menor para un óptimo crecimiento, que cuando el crecimiento de las raíces es limitado.

Miller *et al.* (1995) señalan que aunque se acepta que el nivel de colonización de las raíces por MA decrece con el aumento del fósforo asimilable; esta disminución no es tan marcada como se pensaba. A pesar de que la banda de aplicación del fertilizante puede reducir marcadamente la colonización en esta zona, el resto del sistema radical pudiera ser colonizado y tener un incremento en la habilidad de adquirirlo.

Según González y Ferrera-Cerrato (1994) los hongos (MA) contribuyen a un mejor y más rápido crecimiento de las plantas, debido principalmente a una mejor nutrición de las mismas; siendo capaces de incrementar la absorción de nutrimentos y traslocarlos en la planta, debido a que las raíces tienen una mayor área de exploración a través de la extensión de las hifas del hongo en el suelo.

El efecto benéfico de las endomicorrizas en la producción hortícola ha sido estudiado por diversos autores en distintas especies, tal como el chile pimienta (Brown *et al.*, 2000; Aguilera *et al.*, 1999) en el que se produjeron plantas más desarrolladas, con mayor número de hojas, tallos y producción. En tomate, no solo aumentó el crecimiento vegetal sino la absorción de agua en condiciones de estrés hídrico (Dell'Amico *et al.*, 2002). La mayor resistencia al estrés hídrico de las plantas micorrizadas de lechuga ha sido demostrado por Ruiz *et al.* (2000).

La aplicación del hongo micorrízico *Glomus intraradices* tiene un efecto positivo en la producción de lechuga iceberg, ya que aumenta el peso fresco bruto y neto de las piezas de lechuga además de su calibre. Entre los métodos de micorrización se recomienda por sencillez y economía, solo una inoculación en semillero ya que no se ha presentado significancia con micorrización durante el desarrollo del cultivo (Melgares *et al.*, 2004).

Las Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (PGPR) en el Desarrollo de las Plantas

En las últimas décadas las investigaciones concernientes las PGPR destacan la importancia de las bacterias de la rizosfera. Sus mecanismos de acción son variados e incluyen la fijación biológica de nitrógeno atmosférico, producción de sustancias de crecimiento, solubilización de minerales y nutrimentos, incremento en el volumen de la raíz, inducción de resistencia sistémica a patógenos, inhibición del crecimiento de organismos antagónicos e interacción sinérgica con otros microorganismos (Loredo *et al.*, 2004).

El éxito de las PGPR depende de su capacidad de colonizar y persistir en la raíz, durante el desarrollo radical. Si la estación de desarrollo es larga, se dificulta la distribución uniforme de las bacterias a través del suelo, por la disponibilidad de la fuente carbono orgánico liberado por la raíz. Además las bacterias libres aeróbicas requieren de oxígeno y las microaerobias lo requieren en baja concentración. Las bacterias asociativas requieren de nitrógeno combinado y las no asociativas, nitrógeno amoniacal (NH_4). Algunas bacterias como *Clostridium* y *Azotobacter* requieren vanadio debido a que poseen nitrogenasas alternas a la nitrogenasa, que contiene el molibdeno y hierro. También requieren de un pH óptimo para su crecimiento y condiciones favorables de humedad (Loredo *et al.*, 2004). Algunas bacterias del género *Bacillus*, como *B. subtilis*, producen antibióticos y son consideradas PGPR debido a que ejercen control biológico de algunos patógenos del suelo.

El efecto estimulador de las PGPR en el desarrollo de las plantas está relacionado con la actividad de síntesis de sustancias fisiológicamente activas, conocidas como reguladores de crecimiento, dadas por las elevadas poblaciones de bacterias asociadas a plantas inoculadas en relación con las plantas testigo. Los incrementos producidos sugieren una asociación planta-microorganismo efectiva, basada en un intercambio provechoso entre exudados radicales y el conjunto de sustancias activas producidas por la bacteria (Terry, 1998).

Además de las sustancias reguladoras del crecimiento, las PGPR producen sideróforos (compuestos de bajo peso molecular que sirven como agentes quelatantes). Las PGPR más estudiadas han sido las del grupo de las *Pseudomonas fluorescentes* y *Bacillus subtilis*. Se ha encontrado que los sideróforos sintetizados por las bacterias además de favorecer la nutrición mineral, son el principal mecanismo de estas bacterias para inhibir el crecimiento de organismos fitopatógenos. La afinidad de los sideróforos por el hierro, permite inhibir el desarrollo de organismos patógenos que compiten por este elemento (Loredo *et al.*, 2004).

El Mn y el Cu, son necesarios para la síntesis de lignina, que aumenta la resistencia de los tejidos de la raíz para evitar la penetración de patógenos, por lo tanto la deficiencia de Mn en las plantas las hace más susceptibles al ataque de agentes patógenos. Algunos hongos como *Gaeumannomyces graminis*, son potentes oxidadores de Mn (Graham y Webb, 1991). La oxidación de Mn por bacterias en la rizosfera de plantas cultivadas en suelos deficientes de Mn puede reducir la disponibilidad de este elemento y así limitar la capacidad de hongos patógenos para atacar las raíces (Gilbert *et al.*, 1994).

Lo anterior es confirmado por Bashan y Holguín (1998), quienes señalan que las PGPR pueden mejorar el crecimiento y rendimiento de las plantas por el biocontrol-PGPR, estrictamente cuando las bacterias participan en el biocontrol de patógenos de la planta y como PGPR, bacterias que tienen otras funciones como nutrición, producción de hormonas que promueven el crecimiento de plantas, etc.

El nitrógeno (N) es uno de los nutrientes de las plantas más limitante para su crecimiento (Havlin *et al.*, 1999). Algunas bacterias rizosféricas tienen la capacidad para fijar de nitrógeno N_2 en la forma mineral que puede ser utilizada por las plantas o como *Azospirillum* spp que crea una simbiosis asociativa con las raíces de numerosos pastos, incluyendo los cultivos de cereales, logrando aumento en el crecimiento y en el rendimiento de 5 a 30%, lo anterior debido a la estimulación de absorción de nutrientes, producción de sustancias

reguladoras del crecimiento (auxinas, gibberalinas y citocininas), en lugar de la fijación de N_2 . En especies de cactus inoculados con *A. brasilense* mejora su establecimiento y el desarrollo en suelos desérticos (Carrillo *et al.*, 2000).

La inoculación con *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus polymyxa* y *Clostridium pasteurianum* aumentaron el vigor de plantas de maíz, trigo y tomate, promoviendo además la floración en tomate debido a efectos hormonales y no a la fijación de N_2 (Rovira, 1963).

Algunas bacterias de la rizosfera (*Bacillus*, *Pseudomonas* y *Geobacter*) pueden reducir el Mn, de Mn^4 a Mn^2 , que es la forma química asimilable y útil para las plantas (Marschner 1997).

El Fe en el suelo está presente en formas oxidadas Fe^3 como un componente de la estructura de minerales insolubles ($FeOOH$) o (Fe_2O_3) (Lindsay 1979). Las bacterias rizosféricas (*Bacillus*, *Pseudomonas*, *Geobacter*, *Alcaligenes*, *Clostridium* y *Enterobacter*) pueden reducir Fe^3 a Fe^2 , forma asimilable por las plantas (Bohn, 1985). También los mecanismos relacionados con efectos nutricionales participan en el biocontrol de patógenos de la planta. El hierro es un componente de las enzimas catalasa y peroxidasa, que se requieren en la síntesis de la lignina (Marschner, 1997). El mismo autor señala que la lignificación de las células de la pared es una respuesta común de las plantas cuando éstas son atacadas por agentes patógenos.

La Asociación Micorrizas-PGPR en la Nutrición Vegetal

Los efectos benéficos que las plantas obtienen con las PGPR se mejoran en presencia de hongos formadores de micorrizas. La parte del suelo afectada por las interacciones entre las plantas, las PGPR y las micorrizas es llamada por algunos autores como "micorrizosfera"; es ahí donde las plantas liberan carbohidratos, aminoácidos, lípidos y vitaminas, entre otros, a través de sus raíces y estimulan con ello la actividad y el número de microorganismos del suelo que las rodea (Osorio, 2007). Las bacterias rizosféricas participan en el

ciclo geoquímico de nutrientes y determinan su disponibilidad para las plantas y la comunidad microbiana del suelo.

La inoculación con rizobacterias solubilizadoras de fósforo y hongos micorrízicos arbusculares, pueden mejorar aún más los beneficios de la solubilización de P. Los mecanismos que utilizan estos microorganismos en este proceso son la producción de ácidos orgánicos y la liberación de los protones a la solución del suelo (Kim *et al.*, 1997).

Hay varias ventajas con el uso combinado de hongos endomicorrízicos y de rizobacterias PGPR. Las plantas micorrizadas pueden liberar una mayor cantidad de sustancias carbónicas en su rizosfera (Linderman, 1988). Además, la extensa red formada alrededor de las raíces por el hifas micorrízicas puede facilitar la absorción de fosfatos liberado por las PGPR, y así evitar se fije el P en el suelo, mientras que las PGPR permanecen en la rizosfera, donde tienen una gran oportunidad para satisfacer sus necesidades de C y entregar los fosfatos en la solución del suelo.

Se ha estudiado el efecto individual y la interacción de la doble inoculación con *Enterobacter agglomerans* y el hongo micorrízico *Glomus etunicatum*, en el crecimiento de tomate y la asimilación de P; se encontró un efecto sinérgico; cuando fueron inoculados ambos microorganismos simultáneamente, hubo mayor concentración de P en la rizosfera y mayor producción de ácido oxálico (Kim *et al.*, 1998a). Efectos similares se han encontrado en Chile (*Capsicum annuum* L.) con *G. fasciculatum* o *G. macrocarpum* y *Pseudomonas striata* (Sreenivasa y Krishnaraj, 1992).

En ocasiones no se pueden observar los efectos de la inoculación cuando se inocula con varios microorganismos PGPR y MA por los patrones de distribución y longitud de la raíz que pueden ser alterados por la colonización de hifas micorrízicas que provoca la competencia por exudados en la rizosfera y con la planta la disposición del P disponible (Germida y Walley, 1996), con posibilidad de observar efectos desfavorables.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del Área de Estudio

El estudio fue realizado en el Campo Experimental San Luis-CIRNE del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el municipio de Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P., en el invernadero del Campo Experimental, en el ciclo primavera-verano 2007, con coordenadas 22°13'43"N, 100°51'01"W; la temperatura promedio fue de 25°C, con una máxima de 36°C y una mínima de 17°C.

Tratamientos

Se evaluaron tres factores de prueba: el primer factor fue la aplicación de dos niveles de fertilización: nivel 1) solución nutritiva completa y 2) solución nutritiva sin nitrógeno, ambas preparadas de acuerdo al procedimiento descrito por Sánchez *et al.* (2001), presentado en los anexo 1, 2 y 3. El segundo factor fue la bioinoculación con dos niveles de micorriza: nivel 1: con micorriza *Glomus intraradices* y 2: sin micorriza. El tercer factor fueron tres tratamientos de cepas bacterianas: 1) INI-1R2, 2) INI-270901, y tratamiento sin cepa (Cuadro 1).

Cuadro 1. Factores de prueba considerados en el estudio sobre el uso de bioinoculantes en chile mirasol.

Solución nutritiva	Micorriza	Cepa bacteriana
Con nitrógeno	Con micorriza	INI-270901
		INI1R2
		Sin cepa
	Sin micorriza	INI-270901
		INI1R2
		Sin cepa
Sin nitrógeno	Con micorriza	INI-270901
		INI1R2
		Sin cepa
	Sin micorriza	INI-270901
		INI1R2
		Sin cepa

Desarrollo Experimental

El sustrato utilizado fue arena limpia y cribada libre de semillas e impurezas. Las semillas de chile se desinfectaron y se sembraron en charolas esterilizadas.

Cuando las plantas desarrollaron su tercer par de hojas fueron trasplantadas dos plantas de chile mirasol (*Capsicum annuum* L.) por cada unidad experimental, que fue una maceta de polietileno de 22x12 cm. con 1.0 kg de sustrato (arena fina). En ese momento se aplicaron los tratamientos de bioinoculante. El trasplante y la bioinoculación se realizaron bajo condiciones de asepsia en una campana de flujo laminar.

Aplicación de Inóculo y Solución Nutritiva

El inóculo fue proporcionado por el INIFAP (La cepa INI1R2 por la Dra. Catarina Loredo Osti del Campo Experimental San Luis; la cepa INI270901 por el Dr. Armando Aguado Santacruz del Campo Experimental Bajío y el hongo micorrízico por la Dra. Angeles Peña del Río del Campo Experimental Gral. Terán).

Antes de realizar la inoculación las macetas fueron regadas con agua destilada. La carga bacteriana utilizada fue $\geq 1 \times 10^7 \text{ g}^{-1}$ y en los tratamientos con micorriza se utilizó una concentración de ≥ 20 esporas g^{-1} del hongo *Glomus intraradices*. La aplicación de la micorriza y de la bacteria se realizó en la raíz de las plántulas al momento del trasplante. Se aplicaron riegos con solución nutritiva (con o sin N dependiendo del tratamiento) cada tercer día, para mantener las plantas arriba de 40% de humedad aprovechable y proporcionar los nutrientes que la planta requería.

Muestras y Diseño Experimental

Se realizaron cinco muestreos destructivos a los 30, 60, 90, 130, y 160 días después del trasplante, considerando tres repeticiones o unidades experimentales por tratamiento. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental factorial completamente al azar, en un arreglo 2x2x3x5, donde el primer factor fue la fertilización nitrogenada, el segundo factor la bioinoculación

micorrízica, el tercer factor fue la bioinoculación bacteriana y el cuarto factor (solo para separar efectos) fueron las fechas de muestreo, tal como se presenta en el (Cuadro 1).

Variables Evaluadas

A continuación se presentan las variables para cada una de las actividades consideradas.

Efecto de la bioinoculación bacteriana y micorrízica en la dinámica del nitrógeno y la nutrición mineral del chile mirasol (*Capsicum annuum* L.)

Medición indirecta del contenido de nitrógeno en la planta (Unidades SPAD)

La medición de esta variable se realizó con el medidor portátil SPAD 502 el cual mide la luz que transmiten las hojas, obteniendo las unidades SPAD, esta medición se realizó a las tres unidades seleccionadas para cada muestreo por tratamiento, midiendo las unidades SPAD en dos hojas apicales y dos hojas basales, registrando el promedio en ambos casos. Esta variable se midió partir de la segunda fecha de evaluación. Para estimar el contenido de nitrógeno en planta (%), se requirió un modelo para relacionar la lectura de las unidades SPAD con el contenido de N. Para ello se tomó la lectura de dichas unidades en 20 muestras a las cuales se les determinó también el contenido de nitrógeno en laboratorio mediante el método Kjeldahl (Bremner, 1965). Con esta información se obtuvo el modelo que relaciona ambas variables, así como el valor del coeficiente de determinación (R^2).

Contenido de nitrógeno foliar

Al final del experimento, tres repeticiones de cada tratamiento (dos plantas por cada unidad experimental), fueron cosechadas, secadas en estufa y molidas para la determinación de nitrógeno total, en base a la digestión y destilación de la muestra por el método Microkjeldal (Bremner, 1995).

Relación del contenido de N hoja apical/hoja basal

Para estimar el efecto de la inoculación y/o la fertilización nitrogenada del movimiento del nitrógeno desde las hojas basales, hacia las hojas superiores, se realizaron mediciones de las unidades SPAD tanto en las hojas basales como en las hojas nuevas apicales de cada unidad experimental. Posteriormente se aplicó el modelo obtenido para estimar contenido de N. Los resultados se relacionaron con el nitrógeno estimado en el par de hojas apical para obtener la relación N de hoja apical/N de hoja basal.

Contenido de macro y microelementos

Se realizó un análisis nutrimental completo a las hojas de las plantas para determinar además del nitrógeno el contenido de Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Azufre, Hierro, Zinc, Manganeso y Cobre, mediante espectrometría de absorción atómica. Para ello fueron seleccionadas 24 muestras (dos repeticiones por tratamiento) correspondientes a la tercera evaluación del muestreo destructivo o sea a los 90 días después del trasplante.

Efecto de la bioinoculación bacteriana y micorrízica en el desarrollo del chile mirasol (*Capsicum annuum* L.)

Altura de planta

Se utilizó una cinta métrica para medir las plantas a partir de la base del tallo hasta el inicio del meristemo apical más alto.

Diámetro de tallo

La medición del diámetro del tallo de cada planta se realizó con un vernier, considerando el diámetro del tallo principal en su base.

Peso de fruto

Al momento del muestreo destructivo se contaron, midieron y pesaron en una balanza analítica el número total frutos de cada unidad experimental; estos frutos tenían pesos, colores y tamaños diversos. Con la ayuda de una regla

graduada se midieron los diferentes tamaños de fruto. Se colocaron en bolsas de papel estraza, posteriormente se asolearon para conservar el color rojo característico de la variedad y por último se pesaron.

Biomasa aérea total

Para obtener la biomasa aérea total se consideró la biomasa de hojas y tallos, más el peso del fruto. La parte aérea de la planta al momento del muestreo fue pesada y colocada en bolsas de papel estraza para su secado y posterior pesado en seco; se utilizó una balanza analítica.

Volumen, longitud y biomasa de raíz

Para estimar el volumen radical se separó la parte aérea de la raíz y ésta se lavó con agua corriente para quitarle la arena; se utilizaron tamices para recuperar raíces desprendidas por el chorro del agua; el volumen radical se obtuvo al introducir la raíz en una probeta graduada que contenía agua, la lectura del agua desplazada se registró como el volumen. Posteriormente las raíces fueron colocadas en bolsas de papel estraza y ya secas se pesaron en una balanza analítica para obtener el peso de biomasa de raíz. La longitud de la raíz se midió con la ayuda de una cinta métrica. Para la evaluación de las variables relacionadas con desarrollo y rendimiento se realizaron muestreos destructivos, considerando tres unidades experimentales por tratamiento en cada fecha de muestreo; en total se utilizaron 180 unidades experimentales.

Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el Sistema SAS (Statistical Analysis System) (SAS, Inst., 1989) considerando un diseño factorial completamente al azar, en arreglo $3 \times 2 \times 2 \times 5$ para todas las variables, con excepción del contenido de macro y micronutrientes y la producción de fruto, donde, 3 corresponde a tres niveles de biofertilización bacteriana, 2 corresponde a dos niveles de fertilización con N, 2 corresponde a dos niveles de micorriza y 5 corresponde a 5 fechas de muestreo. El modelo que representa el análisis es el siguiente:

$$Y_{ijklm} = \mu + C_i + M_j + N_k + F_l + (C*M)_{ij} + (C*N)_{ik} + (C*F)_{il} + (M*N)_{jk} + (M*F)_{jl} + (C*M*F)_{ijl} + \text{Error}_{m(ijkl)}$$

Donde:

- Y_{ijklm} = Respuesta de la unidad experimental tratado con el i-ésimo nivel del factor C, el j-ésimo nivel del factor M, el k-ésimo nivel del factor N y el l-ésimo nivel del factor F
- μ = Efecto de la media general
- C_i = Efecto del i-ésimo nivel de C
- M_j = Efecto del j-ésimo nivel de M
- N_k = Efecto del k-ésimo nivel de N
- F_l = Efecto del l-ésimo nivel de F
- $(CM)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel de C con el j-ésimo nivel de M
- $(CN)_{ik}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel de C con el k-ésimo nivel de N
- $(CF)_{il}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel de C con el l-ésimo nivel de F
- $(MN)_{jk}$ = Efecto de la interacción del j-ésimo nivel de M con el k-ésimo nivel de N
- $(MF)_{jl}$ = Efecto de la interacción del j-ésimo nivel de M con el l-ésimo nivel de F
- $(CMF)_{ijl}$ = Efecto de la interacción $(CM)_{ij}$ con el l-ésimo nivel de F
- E_{ijklm} = Error experimental

El contenido de macro y micronutrientos se realizó en una sola fecha; para esta variable y para la producción de fruto, el modelo fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + M_j + N_k + (C*M)_{ij} + (C*N)_{ik} + (M*N)_{jk} + (C*M*N)_{ijk} + \text{Error}_{l(ijk)}$$

Donde:

- Y_{ijkl} = Respuesta de la unidad experimental tratado con el i-ésimo nivel del factor C, el j-ésimo nivel del factor M y el k-ésimo nivel del factor N
- μ = Efecto de la media general
- C_i = Efecto del i-ésimo nivel de C
- M_j = Efecto del j-ésimo nivel de M
- N_k = Efecto del k-ésimo nivel de N
- $(CM)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel de C con el j-ésimo nivel de M
- $(CN)_{ik}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel de C con el k-ésimo nivel de N
- $(MN)_{jk}$ = Efecto de la interacción del j-ésimo nivel de M con el k-ésimo nivel de N
- $(CMN)_{ijk}$ = Efecto de la interacción $(CM)_{ij}$ con el k-ésimo nivel de N
- E_{ijkl} = Error experimental

Cuando se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos se realizaron pruebas de medias Tukey ($\alpha=0.05$), utilizando el mismo procedimiento del ANVA SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de la Bioinoculación Bacteriana y Micorrízica en la Dinámica del Nitrógeno y la Nutrición Mineral del Chile Mirasol (*C. annuum* L.)

Medición indirecta del contenido de N en la planta (Unidades SPAD)

La relación observada entre las unidades SPAD y el contenido de nitrógeno se presenta en la Figura 1.

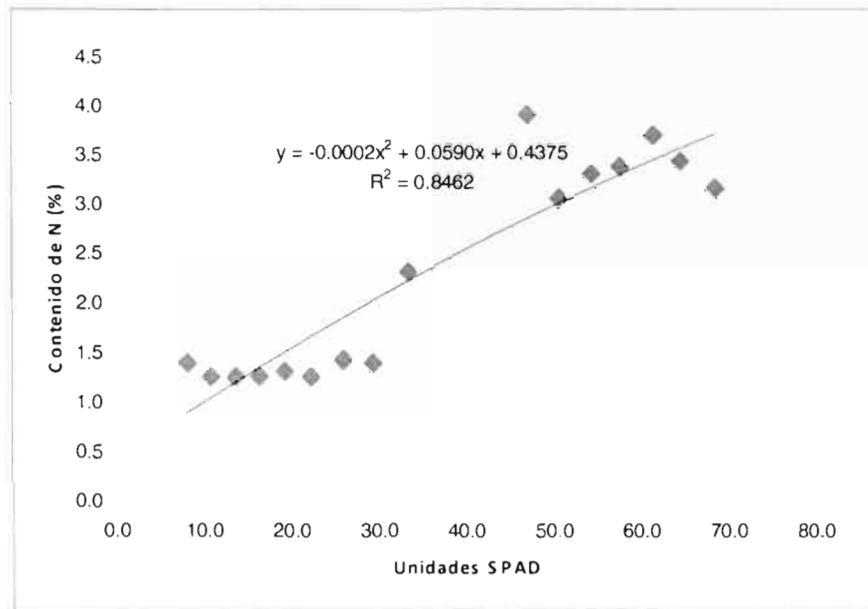


Figura 1. Relación entre las Unidades SPAD y el contenido de nitrógeno total determinado en hojas de Chile Mirasol (*Capsicum annuum* L.).

El modelo obtenido para relación fue altamente significativo y es el siguiente:

$$Y = -0.0002x^2 + 0.0591x + 0.4375; \text{ donde:}$$

Y = Contenido de N total (%)

X = Unidades SPAD

El valor del coeficiente de determinación (R^2) fue 0.8462, lo cual indica que la lectura de las unidades SPAD explica 84.62% el contenido de nitrógeno total, en función de la lectura de las unidades SPAD. El nitrógeno total estimado con

este modelo durante las diferentes fechas de muestreo del chile mirasol (*Capsicum annuum* L.), así como los resultados de la prueba de medias (Tukey: $\alpha=0.05$) se presentan en el Cuadro 2.

De acuerdo al ANVA (Cuadro 3) para la variable concentración de nitrógeno se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos debidas al efecto de la fertilización nitrogenada (Factor N) ($p=0.05$), así como a la fecha de muestreo. La inoculación con cepas diazotróficas (factor C) y con el hongo micorrízico *Glomus intraradices* (Factor M) no tuvieron efectos estadísticamente significativos; lo mismo sucedió con las interacciones entre los factores C, N y M. Esto significa que el contenido de nitrógeno en la planta solo fue afectado por la fertilización con nitrógeno y este efecto fue diferente en cada una de las fechas de muestreo.

Para analizar la dinámica del nitrógeno durante el desarrollo del cultivo, se hizo un análisis de varianza por cada muestreo (30, 60, 90, 130 y 160 días después del trasplante) con los resultados de nitrógeno estimados con las unidades SPAD.

Contenido de nitrógeno en la primera fecha de muestreo (30 días DDT)

En la primera fecha de muestreo, el contenido de nitrógeno varió de 1.42 a 1.77% en los tratamientos que no recibieron nitrógeno. En los que fueron tratados con solución nutritiva completa, el contenido de nitrógeno varió de 2.37% a 2.61%. De acuerdo al ANVA (Cuadro del anexo A4), se observaron diferencias estadísticas significativas debidas al efecto de la fertilización nitrogenada (N) Los efectos del factor C y del factor M no fueron estadísticamente significativos; las interacciones entre los factores C, M y N tampoco presentaron significancia.

Cuadro 2. Concentración de nitrógeno (%) en la planta de chile mirasol, inoculada con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización nitrogenada.

Tratamientos			Contenido de nitrógeno (%)				
Solución nutritiva	Micorriza	Cepa bacteriana	Días después del trasplante				
			30	60	90	130	160
Con nitrógeno	Con micorriza	Sin cepa	2.57 a	2.32 a	2.34 ab	2.32 abc	2.48 ab
		INI1R2	2.61 a	2.30 a	2.74 a	2.37 ab	2.69 a
		INI-270901	2.49 a	2.11 ab	2.78 a	1.79 abcde	1.98 abcd
	Sin micorriza	Sin cepa	2.38 ab	2.05 ab	2.64 ab	2.76 a	2.28 abc
		INI1R2	2.53 a	1.74 abcd	2.64 ab	2.27 abcd	2.30 abc
		INI-270901	2.37 ab	1.90 abc	2.08 b	2.80 a	2.37 ab
Sin nitrógeno	Con micorriza	Sin cepa	1.77 abc	0.97 cd	0.86 c	0.57 e	0.72 cd
		INI1R2	1.42 c	1.12 bcd	0.86 c	0.85 de	0.93 bcd
		INI-270901	1.51 bc	1.08 bcd	0.78 c	1.28 bcde	1.00 bcd
	Sin micorriza	Testigo	1.75 abc	0.80 d	0.91 c	1.14 bcde	0.69 d
		INI1R2	1.50 bc	1.10 bcd	1.10 c	0.78 e	1.19 abcd
		INI-270901	1.55 bc	1.33 abcd	1.16 c	0.92 cde	0.94 bcd

Medias con la misma literal entre filas, son estadísticamente iguales (Tukey: $\alpha=0.05$).

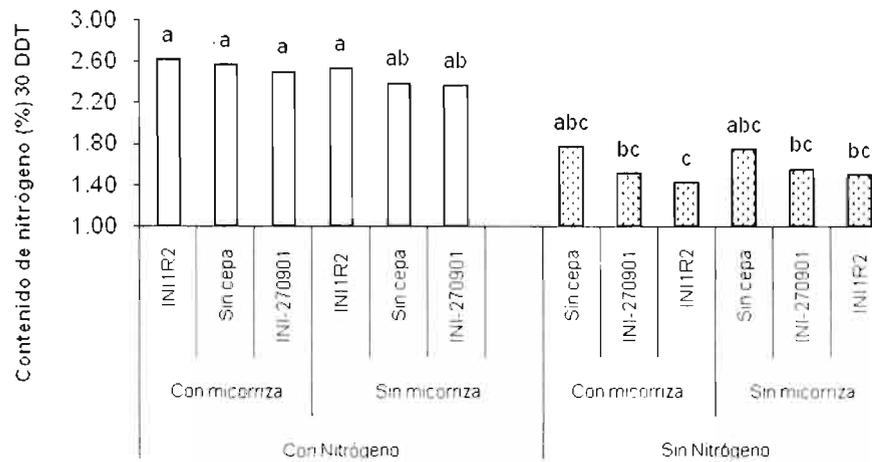
Cuadro 3. Análisis de varianza de la concentración de nitrógeno estimada con el medidor de Unidades SPAD, durante el desarrollo del chile mirasol, biofertilizado con dos cepas bacterianas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización nitrogenada.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F
Tratamientos	27	35.9246	1.3305	31.73	0.0001 **
C (Cepa)	2	0.0323	0.0162	0.39	0.6814
M (Micorriza)	1	0.0055	0.0055	0.13	0.7174
N (Nitrógeno)	1	34.1063	34.1063	813.29	0.0001 **
F (Muestreo)	4	0.5717	0.1429	3.41	0.0120 **
C*M	2	0.1591	0.0796	1.90	0.1558
C*N	2	0.0202	0.0101	0.24	0.7862
C*F	8	0.5552	0.0694	1.65	0.1203
M*N	1	0.0491	0.0491	1.17	0.2823
M*F	4	0.2923	0.0731	1.74	0.1473
C*M*F	2	0.1328	0.0664	1.58	0.2108
Error	92	3.8581	0.0419		
Total	119	39.7827			
	C.V.	9.3409			

BIOFERTILIZACION

Lo anterior indica que en el estado inicial de desarrollo del chile, el contenido de nitrógeno fue diferente entre tratamientos y que estas diferencias se debieron al efecto de la fertilización nitrogenada y que este factor fue independiente de la biofertilización con bacterias promotoras del crecimiento vegetal o con hongos micorrízicos.

Los tratamientos con mayor contenido de nitrógeno de acuerdo a la prueba de medias (Tukey: $\alpha = 0.05$) fueron los fertilización con N más micorriza tanto los inoculados con la cepas bacterianas INI1R2, e INI 270901 y sin cepa así como el inoculado con la cepa INI1R2 sin micorriza, De los tratamientos que no recibieron nitrógeno el inoculado con INI1R2+micorriza fue diferente de todos los tratamientos y con menor contenido de nitrógeno, lo cual puede indicar que la inoculación con el hongo micorrízico más la cepa bacteriana INI1R2 presenta menor concentración de nitrógeno posiblemente por una competencia con la planta por el nitrógeno (Figura 2).



Medias con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey: $\alpha=0.05$).

Figura 2. Contenido de nitrógeno en el primer muestreo (30 DDT) en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización nitrogenada.

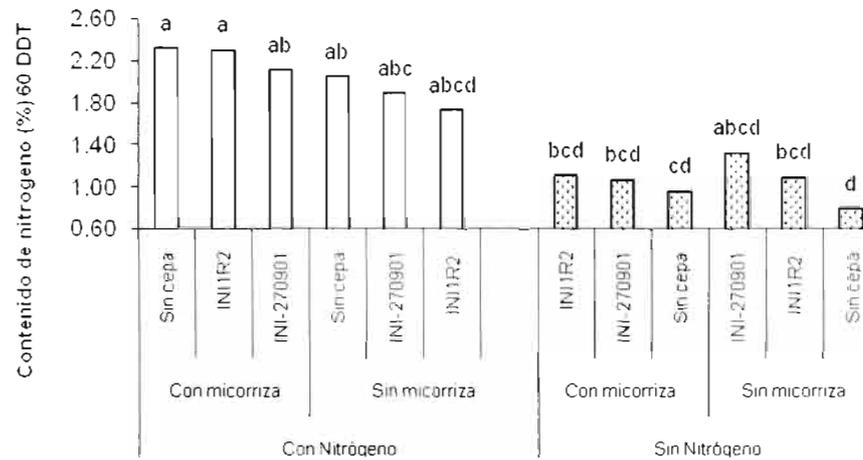
Para esta primera fecha de muestreo el tratamiento INI1R2+micorriza con N presentó el mayor contenido de nitrógeno 2.61% y este mismo tratamiento sin N fue el que presentó el menor contenido de nitrógeno 1.42%, además se observó que los tratamientos que no recibieron N disminuyeron el contenido de este elemento de 2.16% que tenían las plantas al momento del trasplante.

Contenido de nitrógeno en la segunda fecha de muestreo (60 DDT)

En la segunda fecha de muestreo el contenido de nitrógeno varió de 2.32% a 1.74% en los tratamientos que recibieron nitrógeno en la solución nutritiva. De los tratamientos que no fueron fertilizados con N su contenido de nitrógeno varió de 1.33% a 0.80%. De acuerdo al ANVA (A5), se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos debidas a la fertilización nitrogenada. Los factores de C y M no manifestaron diferencias estadísticas entre tratamientos; tampoco las interacciones entre C, M, N, para esta variable.

De acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$) los tratamientos con mayor contenido de N fueron los fertilizados con N y aplicación de micorriza, el de

mayor contenido fue el tratamiento sin cepa (2.32% de N), siendo diferentes estadísticamente a los tratamientos que no recibieron nitrógeno en la solución nutritiva, además el tratamiento sin N, sin micorriza y sin cepa fue superado por todos los tratamientos (Figura 3). En los tratamientos con solución sin N es notorio la disminución de este elemento comparado con los que si recibieron nitrógeno y no hay diferencia significativa entre si.



Medias con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey: $\alpha=0.05$).

Figura 3. Contenido de nitrógeno en el segundo muestreo (60 DDT) en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización nitrogenada.

Contenido de nitrógeno en la tercera fecha de muestreo (90 DDT)

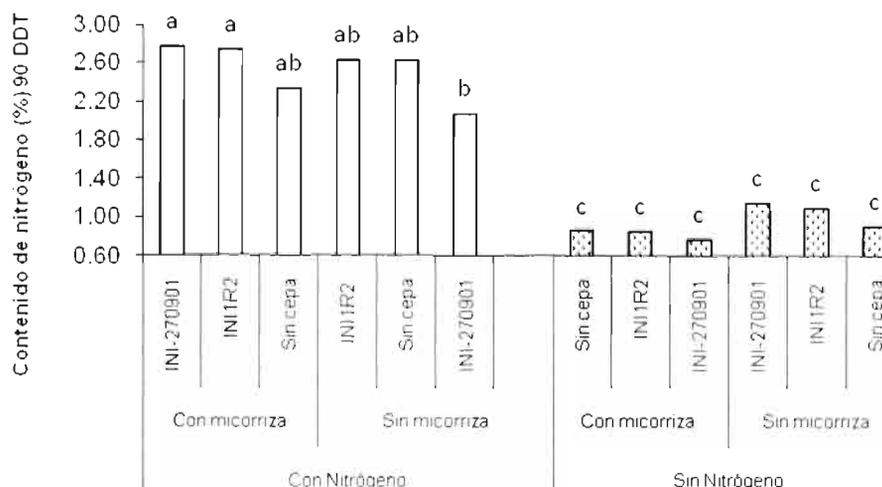
En la tercera fecha de muestreo, el ANVA (A6) detectó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos debidas al efecto de la fertilización nitrogenada (N) Los factores C y M no manifestaron diferencias estadísticas entre tratamientos; las interacciones C*M y C*N no fueron significativas para esta variable, sin embargo las interacciones M*N y C*M*N, si fueron estadísticamente significativas; lo anterior indica que la fertilización nitrogenada afecta al contenido de nitrógeno en la planta y que este efecto está relacionado con la respuesta de la planta a la bioinoculación con micorriza y con las cepas diazotróficas y las micorrizas afectan el contenido de nitrógeno en el estado de desarrollo de las plantas por competencia por el nitrógeno.

El contenido de N en la planta varió de 2.78% a 2.08% en los tratamientos que recibieron N en la solución nutritiva y de 1.16% a 0.78% en los que no recibieron nitrógeno, además que el contenido de este elemento continuo disminuyendo sobre todo en los tratamientos que no lo recibieron en la fertilización.

De acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) en esta tercera fecha de muestreo los tratamientos con aplicación de solución nutritiva con nitrógeno fueron estadísticamente diferentes a los tratamientos que no lo recibieron. En los tratamientos con N se observó que los inoculados con las cepas bacterianas INI1R2 y INI270901 ambas con aplicación de micorriza favorecieron al mayor contenido de N en la planta y fueron diferentes al tratamiento INI270901 con N y sin micorriza.

De los tratamientos con solución sin N el inoculado con INI-270901+Micorriza fue el que menor contenido de nitrógeno presentó (0.78%) en esta fecha de muestreo (90 DDT), los tratamientos con micorriza y sin N presentaron los menores contenidos de N comparados con los que no recibieron micorriza por lo tanto es posible que existió una competencia entre la cepa y la micorriza con la planta por el nitrógeno de ahí que la interacción entre la micorriza y la fertilización nitrogenada y la interacción entre la cepa, la micorriza y la fertilización nitrogenada estadísticamente diferencian a los tratamientos entre si.

En esta etapa de desarrollo del chile mirasol el tratamiento INI-270901 más micorriza fertilizado con N fue el que presentó mayor contenido de nitrógeno y el mismo tratamiento INI-270901 más micorriza sin nitrógeno por fue el que presentó el menor contenido de N, por lo tanto, la biofertilización con cepa diazotróficas con micorriza en presencia de fertilización nitrogenada favorecen a la planta en su contenido de nitrógeno, ya que no compiten con la planta por el nitrógeno (Figura 4), por otro lado sin N en la fertilización, la biofertilización con cepas más micorriza compiten por el N.



Medias con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey: $\alpha=0.05$).

Figura 4. Contenido de nitrógeno en el tercer muestreo (90 DDT) en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización nitrogenada.

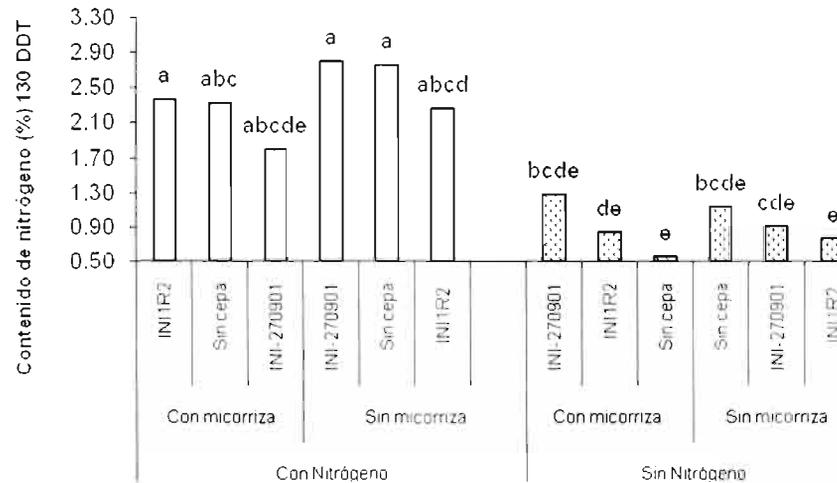
Contenido de nitrógeno en la cuarta fecha de muestreo (130 DDT)

De acuerdo al ANVA en la cuarta fecha de muestreo se observaron diferencias estadísticas significativas debidas a la fertilización nitrogenada. El contenido de nitrógeno tuvo influencia del factor (N) y no influyeron los factores (C) y (M). Las interacciones evaluadas (C*M, C*N, M*N, C*M*N) no fueron significativas en el contenido de nitrógeno (A7).

El contenido de nitrógeno en la planta en esta etapa de desarrollo de la planta varió de 2.80% a 1.79% en los tratamientos fertilizados con nitrógeno y en los tratamientos sin N en la solución nutritiva varió de 1.28% a 0.57% de contenido de nitrógeno.

Con respecto a la Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), los tratamientos con fertilización nitrogenada fueron significativamente diferentes contra los fertilizados sin N. El tratamiento sin cepa con micorriza y sin N fue el que obtuvo el menor contenido de nitrógeno por lo tanto aunque no existen diferencias de los tratamientos entre si nuevamente se observó el posible efecto de competencia de la biofertilización de cepa más micorriza con la planta por el nitrógeno cuando no

se tiene este elemento en la fertilización. De los tratamientos fertilizados sin nitrógeno el inoculado con micorriza y INI1R2 fueron los que presentaron el menor contenido de nitrógeno, además de que fueron superados por el testigo absoluto (Figura 5).



Medias con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey: $\alpha=0.05$).

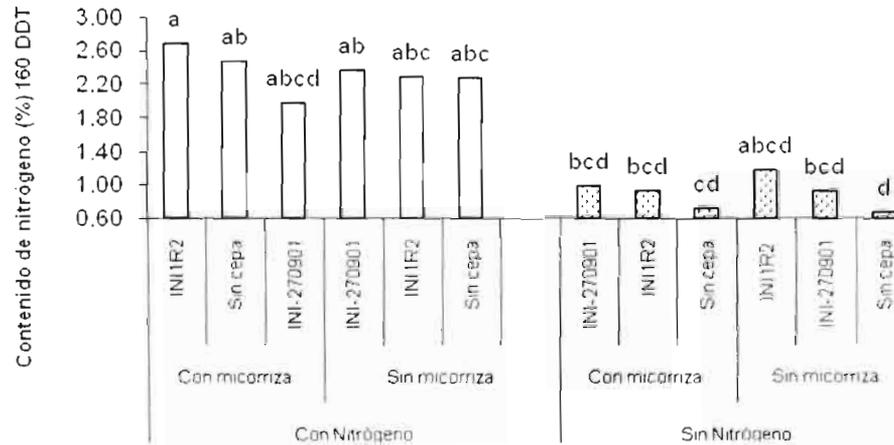
Figura 5. Contenido de nitrógeno en el cuarto muestreo (130 DDT) en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización nitrogenada.

Contenido de nitrógeno en la quinta fecha de muestreo (160 DDT)

En la quinta fecha de evaluación de acuerdo al ANVA (A8) se encontraron diferencias estadísticas debidas a la fertilización nitrogenada, no se debió a los factores (C) y (M) Las interacciones entre (C*M, C*N, M*N y C*M*N) no influyeron en el contenido de nitrógeno. El contenido de nitrógeno en los tratamientos fertilizados con N varió de 2.69 a 1.98% y sin N varió de 1.19 a 0.69%.

La prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) nos indica que los tratamientos con solución nutritiva con N superan en su contenido de nitrógeno a los fertilizados con solución nutritiva sin N. El tratamiento INI1R2 más micorriza y con nitrógeno fue diferente estadísticamente a los tratamientos con fertilización sin N superando al testigo (sin cepa sin micorriza sin N) el cual tuvo el menor contenido de nitrógeno (0.69%) (Figura 6). Al final del desarrollo del cultivo los tratamientos

que no recibieron N en la solución nutritiva a través del tiempo presentaron el menor contenido de nitrógeno y en los tratamientos con fertilización nitrogenada no se observa una diferencia estadística entre los tratamientos con micorriza y sin micorriza.



Medias con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey: $\alpha=0.05$).

Figura 6. Contenido de nitrógeno en el quinto muestreo (160 DDT) en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización nitrogenada.

Como resultado del ANVA por fecha de muestreo muestra que a los 90 DDT además del factor N se encontraron diferencias estadísticas debidas al efecto de las interacciones entre la micorriza y el nitrógeno y el efecto entre la cepas bacterianas el nitrógeno y las micorrizas, lo cual favoreció a la planta a un mayor contenido de N (Cuadro 4).

Cuadro 4. Resultado del ANVA por fecha de muestreo, en la concentración de nitrógeno en la planta de chile mirasol, inoculada con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización nitrogenada.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Cuadrado medio				
		Días después del trasplante				
		30	60	90	130	160
Tratamientos	11	0.4773 **	0.6250 **	1.4738 **	1.3501 **	1.2122 **
C	2	0.0389 ns	0.0091 ns	0.0541 ns	0.0468 ns	0.1295 ns
M	1	0.0151 ns	0.1597 ns	0.0043 ns	0.3669 ns	0.0003 ns
N	1	4.9544 **	6.0557 **	15.2478 **	12.8342 **	12.4414 **
C*M	2	0.0047 ns	0.0520 ns	0.0581 ns	0.1837 ns	0.0434 ns
C*N	2	0.0763 ns	0.1372 ns	0.0329 ns	0.1199 ns	0.1096 ns
M*N	1	0.0409 ns	0.2085 ns	0.2236 **	0.2452 ns	0.0225 ns
C*M*N	2	0.0000 ns	0.0273 ns	0.2230 **	0.3519 ns	0.1527 ns
Error	12	0.0508	0.0738 ns	0.0246 ns	0.1320 ns	0.1605 ns
Total	23					
C.V.		11.0675	17.3295	9.0174	21.9703	24.5679

C= Factor cepa inoculada, M= Factor micorriza inoculada, N= Factor nitrógeno, CV= Coeficiente de variación, ns= no significativo, (**)= Altamente significativo

Contenido de nitrógeno foliar

Este estudio referente al contenido del N total en la planta determinado por el análisis de laboratorio mediante el método Kjeldahl, se realizó para comparar el contenido final del nitrógeno total entre los tratamientos y el testigo. De acuerdo al ANVA, el contenido de nitrógeno total (%) extraído por la planta del cultivo chile mirasol a los 90 DDT (tercera fecha de muestra) indica que tiene una diferencia estadísticamente significativa, debido a la fertilización nitrogenada. El factor (N) tuvo efecto en el contenido de N total y los factores (M) y (C) no influyeron en esa diferencia. La interacción entre la (C*N) influyó significativamente en el contenido de nitrógeno total en la planta (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de varianza del contenido de nitrógeno total extraído por la planta de chile mirasol a los 90 DDT, bioinoculado con dos cepas bacterianas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización nitrogenada.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F	
Tratamientos	11	13.8935	1.2630	196.84	0.0001	**
(C) Cepa	2	0.0455	0.0228	3.55	0.0617	ns
(M) Micorriza	1	0.0003	0.0003	0.04	0.8419	ns
(N) Nitrógeno	1	13.7108	13.7108	2136.75	0.0001	**
C*M	2	0.0353	0.0176	2.75	0.1041	ns
C*N	2	0.0717	0.0358	5.58	0.0193	**
M*N	1	0.0182	0.0182	2.83	0.1184	ns
C*M*N	2	0.0119	0.0059	0.93	0.4229	ns
Error	12	0.0770	0.0064			
Total	23	13.9705				
	C.V.	4.2421				

De acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) la fertilización nitrogenada definió dos grupos estadísticamente diferentes, los tratamientos que no recibieron nitrógeno y los que si lo recibieron, entre estos últimos los tratamientos

inoculados con la cepa INI-270901 sin micorriza, sin cepa más micorriza y INI-270901+micorriza son los que presentaron mayor contenido de nitrógeno total (%) debido a la interacción entre las cepas y el nitrógeno. Y comparando con los tratamientos fertilizados sin N, el testigo (sin cepa, sin micorriza) fue el que extrajo mayor contenido de nitrógeno total (1.245%), el tratamiento que presentó el menor contenido de N total de 1.015% fue el inoculado con INI 270901+Micorriza sin N (Cuadro 6) y aunque estadísticamente no presentan diferencia entre los tratamientos sin N se puede observar que los que tuvieron micorriza presentaron los menores contenidos de nitrógeno total por lo que tal vez en ausencia del N en la fertilización la micorriza con las cepas diazotróficas compiten por el nitrógeno atmosférico con la planta.

Cuadro 6. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) respecto al contenido de nitrógeno total extraído por la planta de chile mirasol a los 90 DDT bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización nitrogenada.

Nitrógeno total (%)			
Solución nutritiva	Micorriza	Cepa bacteriana	Nitrógeno total
Con nitrógeno	Con micorriza	Sin cepa	2.750 a
		INI-270901	2.675 a
		INI1R2	2.580 a
	Sin micorriza	INI-270901	2.755 a
		Sin cepa	2.645 a
		INI1R2	2.460 a
Sin nitrógeno	Con micorriza	INI1R2	1.175 b
		Sin cepa	1.115 b
		INI-270901	1.015 b
	Sin micorriza	Sin cepa	1.245 b
		INI-270901	1.130 b
		INI1R2	1.115 b
DMS			0.318

Medias con la misma literal entre filas son estadísticamente iguales.

Relación del contenido de N hoja apical/hoja basal

El nitrógeno es uno de los elementos de mayor movilidad en la planta, este se trasloca de las hojas viejas a las hojas más jóvenes. Los síntomas de deficiencias nutrimentales dependen en gran medida de la movilidad de los nutrientes. La relación entre la concentración del N en las hojas apicales y las hojas basales nos señala las etapas donde el movimiento del N es más evidente y si es influenciada por la fertilización nitrogenada. Esta relación nos indica que un valor igual o cercano a la unidad se refiere a que este movimiento no tiene deficiencias (Loredo, 2004).

En este estudio de la relación N apical / N basal, se consideraron fechas de muestreo después del trasplante (Cuadro 7). En esta variable, no se encontraron diferencias estadísticas en el primero y segundo muestreo, lo cual indica que la movilidad del nitrógeno aun cuando se observa, no fue estadísticamente significativa. En la etapa final del estudio a partir del tercer muestreo (90 DDT), se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas para la relación de la concentración de nitrógeno (N) entre la hoja superior (Nitrógeno apical)/hoja inferior (Nitrógeno basal), las cuales de acuerdo al ANVA (A9) se deben al efecto de la fertilización nitrogenada y las interacción entre (M*N) y (C*N).

Los tratamientos con fertilización sin nitrógeno y con micorriza presentaron una mayor relación del movimiento hacia las hojas apicales lo que muestra una interacción entre la micorriza y el nitrógeno y entre las cepas diazotróficas y el N, probablemente debido a la competencia de la micorriza y las cepas diazotróficas con la planta por el N a diferencia de los tratamientos que si recibieron N en la fertilización donde la concentración del N(%) de relación HA/HB fue cercana a la unidad por lo tanto hubo un menor movimiento del nitrógeno además de que en estos tratamientos con N los que recibieron micorriza tuvieron menor movimiento del N.

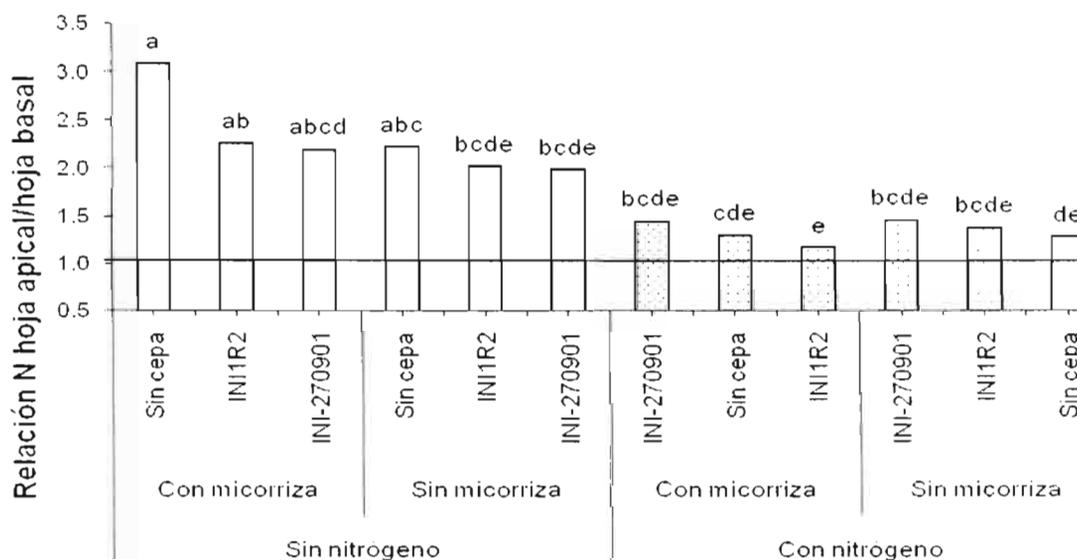
Cuadro 7. Relación del N hoja apical/hoja basal en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización.

Tratamientos			Relación de nitrógeno apical/nitrógeno basal				
Solución nutritiva	Micorriza	Cepas bacterianas	Días después del trasplante (Fechas de muestreo)				
			30	60	90	130	160
Con nitrógeno	Con micorriza	Sin cepa	1.17 a	1.47 a	1.48 bc	1.33 b	1.08 b
		INI1R2	1.16 a	1.42 a	1.12 c	1.16 b	1.03 b
		INI-270301	1.19 a	1.54 a	1.23 c	1.66 b	1.65 b
	Sin micorriza	Sin cepa	1.24 a	1.61 a	1.24 c	1.06 b	1.29 b
		INI1R2	1.05 a	1.91 a	1.18 c	1.46 b	1.31 b
		INI-270301	1.37 a	1.69 a	1.62 bc	1.27 b	1.37 b
Sin nitrógeno	Con micorriza	Sin cepa	1.21 a	2.58 a	3.22 a	4.80 a	3.64 a
		INI1R2	1.23 a	2.04 a	3.03 a	2.57 ab	2.44 ab
		INI-270301	1.28 a	2.13 a	3.15 a	2.37 ab	2.07 ab
	Sin micorriza	Sin cepa	1.16 a	2.76 a	2.63 ab	2.08 b	2.52 ab
		INI1R2	1.41 a	2.09 a	2.24 abc	2.01 b	2.36 ab
		INI-270301	1.37 a	1.73 a	1.61 bc	2.77 ab	2.47 ab
DMS			0.56	1.55	1.39	2.46	1.70

Medias con la misma letra entre filas son estadísticamente iguales (Tukey: $\alpha=0.05$).

El resultado de la prueba Tukey ($\alpha = 0.05$) nos indica que el tratamiento con fertilización sin N sin cepa bacteriana y con micorriza fue el que presentó el mayor movimiento del N (3.09) en la planta hacia la parte apical por deficiencia de nitrógeno (Figura 7) y de los tratamientos con nitrógeno fue el inoculado con la cepa INI270901 sin micorriza el que tuvo mayor movimiento del nitrógeno. El tratamiento INI1R2 más micorriza fertilizado con N fue el que tuvo un menor movimiento de N (1.18) hacia la parte apical o deficiencia ya que mantuvieron una relación cercana a la unidad habiendo poca diferencia entre el contenido de N en la parte apical y basal.

Los resultados del ANVA por cada muestreo (Cuadro 8) señala que a partir de los 60 DDT y durante todo el desarrollo del cultivo el factor N influye a la planta en el movimiento del N. Y la interacción entre la micorriza con el N a los 90 DDT es altamente significativa en la relación del N hoja apical/N hoja basal y que este movimiento por N se acentúa cuando se inocula con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización con y sin N.



Medias con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey: $\alpha=0.05$)

Figura 7. Efecto de la relación N hoja apical/N hoja basal en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización.

Cuadro 8. Resultado del ANVA de la relación del N hoja apical/hoja basal en chile mirasol, inoculada con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización nitrogenada

Fuente de variación	Grados de Libertad	Cuadrado medio				
		Días después del trasplante				
		30	60	90	130	160
Tratamientos	11	0.0219 ns	0.3652 ns	1.3669 **	2.1587 **	1.2317 **
C	2	0.0268 ns	0.2386 ns	0.1592 ns	0.5402 ns	0.2548 ns
M	1	0.0222 ns	0.0633 ns	1.2362 **	1.7459 ns	0.0544 ns
N	1	0.0376 ns	2.2596 **	10.7277 **	12.5349 **	10.1351 **
C*M	2	0.0086 ns	0.0826 ns	0.0235 ns	1.3769 ns	0.1881 ns
C*N	2	0.0288 ns	0.4002 ns	0.2188 ns	0.9645 ns	0.6444 ns
M*N	1	0.0009 ns	0.1489 ns	1.6134 **	1.0684 ns	0.1689 ns
C*M*N	2	0.0257 ns	0.0515 ns	0.3276 ns	1.3167 ns	0.5079 ns
Error	12	0.0201 ns	0.1531 ns	0.1231 ns	0.3839 ns	0.1841 ns
Total	23					
C.V.		11.48	20.43	17.72	30.30	22.17

C= Factor cepa inoculada, M= Factor micorriza inoculada, N= Factor nitrógeno, CV= Coeficiente de variación, ns= No significativo, (**)= Altamente significativo $Pr > F = 0.01$

Relación del N hoja apical/hoja basal en el primer muestreo (30 DDT)

En el resultado del ANVA en el primer muestreo de la relación entre el nitrógeno apical y basal se pudo observar que no hubo diferencias estadísticas, con respecto al movimiento del nitrógeno en la planta (A10). De acuerdo al resultado de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) el tratamiento que tuvo mayor movimiento de nitrógeno hacia la parte apical (relación N hoja apical/hoja basal = 1.41) fue el tratamiento inoculado con la cepa INI1R2 sin micorriza con fertilización sin nitrógeno.

Relación del N hoja apical/hoja basal en el segundo muestreo (60 DDT)

En el segundo muestreo (60 DDT) el análisis de varianza nos indica que para la relación NHA/HB se presentaron diferencias estadísticas significativas debido a la fertilización nitrogenada (A11). Donde el factor (N) influyó en el movimiento del nitrógeno, y no se debió los factores (C) y (M), las interacciones entre (C, M, N) no tuvieron influencia en el movimiento de N.

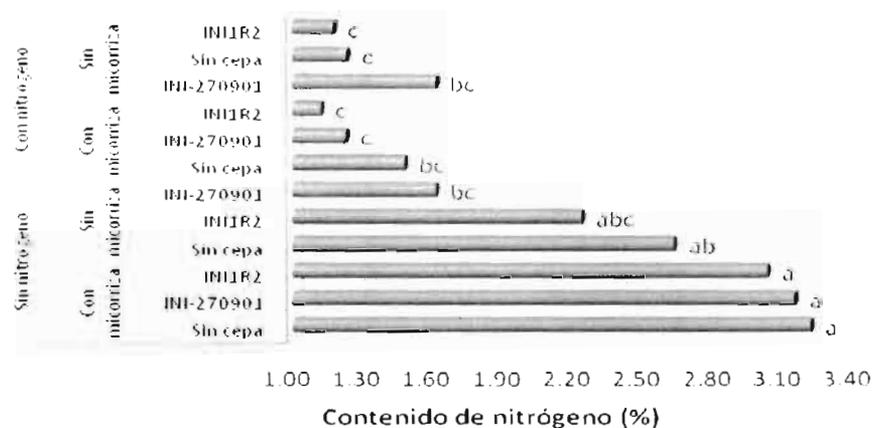
La prueba de medias por Tukey ($\alpha = 0.05$) a los 60 DDT señala que los tratamientos con solución nutritiva sin nitrógeno fueron los que tuvieron un mayor movimiento hacia las hojas apicales, de los cuales el testigo absoluto (Sin micorriza y sin cepa) fue el de mayor movimiento de N (2.76) lo anterior se debió a la fertilización sin nitrógeno. De los tratamientos con solución nutritiva con N el inoculado con INI1R2 sin micorriza fue el que presentó el mayor movimiento de N (1.90) y los que tuvieron un menor movimiento de N de las hojas basales hacia las hojas apicales fueron los tratamientos con micorriza.

Relación del N hoja apical/hoja basal en el tercer muestreo (90 DDT)

Como resultado del análisis de varianza (A12) de la relación hoja apical/hoja basal en el tercer muestreo a los 90 DDT se tuvo una diferencia estadística significativa, debidas a la fertilización nitrogenada. Los factores (N) y (M) influyeron en el movimiento del nitrógeno hacia la parte apical de la planta, el factor (C) no intervino en este movimiento. De las interacciones en estudio la

M*N intervino en esta variable, lo que nos puede indicar que la micorriza compite con la planta por el nitrógeno.

De acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de la relación del N hoja apical/hoja basal, los tratamientos estadísticamente diferentes debido a un mayor movimiento del N fueron los que recibieron fertilización sin N e inoculados con micorriza (Sin cepa más micorriza, INI270901+ micorriza y INI1R2 más micorriza), mismos que superaron al testigo absoluto. En los tratamientos con fertilización con N el inoculado con INI1R2 con micorriza fue el que tuvo un menor movimiento hacia la hoja apical (Figura 8) lo cual indica que la movilidad del nitrógeno además de la fertilización nitrogenada se debe al efecto de la interacción (M*N).



Medias con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey: $\alpha=0.05$).

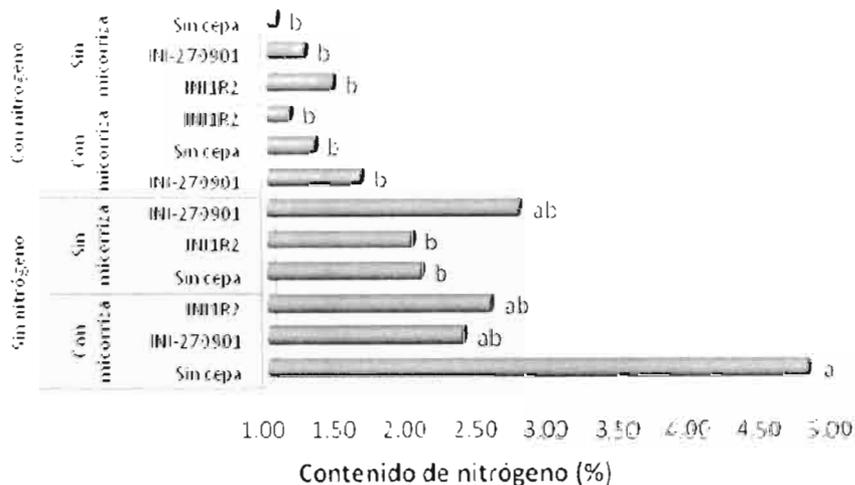
Figura 8. Relación del N hoja apical/hoja basal en el tercer muestreo (60 DDT), en chile mirasol bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización.

En ausencia de N en la fertilización cuando se inocula la planta con micorriza así como con y sin cepas bacterianas la micorriza compite con la planta por el nitrógeno, por la interacción de la micorriza con el nitrógeno, ya que el contenido de N en la relación hoja apical /hoja basal en estos tratamientos (Sin N con micorriza; INI1R2, INI270901 y sin cepa) obtuvieron el contenido de N más alejado de la unidad (3.03, 3.15 y 3.22% respectivamente).

Relación del N hoja apical/hoja basal en el cuarto muestreo (130 DDT)

En el cuarto muestreo (130 DDT) el análisis de varianza (A13) del movimiento del nitrógeno hacia la parte apical de la planta resulto con diferencias estadísticas altamente significativas, debido a la fertilización nitrogenada, donde los factores (C), y (M) no influyeron en el movimiento del nitrógeno y si el factor N. Las interacciones entre C, M y N no tuvieron influencia en el contenido de nitrógeno en la relación N hoja apical/hoja basal.

De acuerdo a Tukey ($\alpha = 0.05$) en esta variable a los 130 DDT el tratamiento con fertilización sin N sin cepa bacteriana y solo con micorriza fue el que ejerció mayor movimiento (4.80) hacia la parte apical superando al testigo (Sin cepa, sin micorriza y sin N), por lo que es posible que la micorriza compita por el nitrógeno cuando no cuenta con el N en la fertilización. En cambio bajo fertilización con N el tratamiento sin micorriza y sin cepa bacteriana fue el que tuvo el menor movimiento de N lo cual nos puede indicar que al contar con nitrógeno en la fertilización la relación se mantiene más cerca de la unidad (Figura 9).



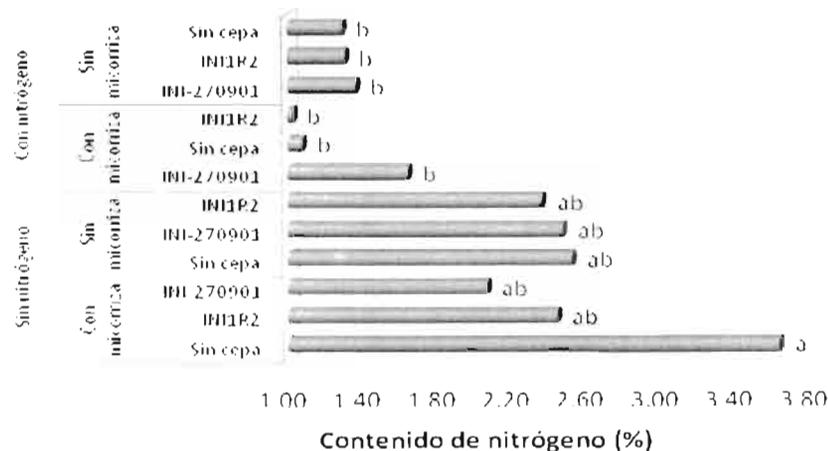
Medias con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey: $\alpha=0.05$).

Figura 9. Relación del N hoja apical/hoja basal en el cuarto muestreo (90 DDT), en Chile mirasol bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización.

Relación del N hoja apical/hoja basal en el quinto muestreo (160 DDT)

En el último muestreo (160 DDT) el análisis de varianza (A14) al movimiento del nitrógeno hacia la parte apical de la planta mostró diferencias estadísticas altamente significativas debidas a la fertilización nitrogenada. Donde los factores (C) y (M) no tuvieron influencia y si el factor (N). Las interacciones estudiadas entre (C, M, N) no influyeron en la relación de la concentración del nitrógeno entre de la hoja apical y la hoja basal.

La prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de esta variable muestra que el tratamiento que tuvo mayor movimiento de N hacia la parte apical de la planta en el quinto muestreo fue el tratamiento con fertilización sin nitrógeno sin cepa bacteriana y solo con micorriza (3.64), además de ser diferente significativamente a los tratamientos con N en la solución nutritiva. De los tratamientos con N el inoculado con la cepa INI1R2 y con micorriza fue el que tuvo menor movimiento de nitrógeno en la planta (1.08%) de acuerdo a la relación N hoja apical/hoja basal, sin embargo no se tuvo una diferencia estadística significativa entre estos tratamientos. Por lo anterior podemos inferir que cuando no se tiene aplica N en la solución nutritiva y se aplica micorriza ésta compite con la planta por el poco nitrógeno existente (Figura 10).



Medias con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey: $\alpha=0.05$).

Figura 10. Relación del N hoja apical/hoja basal en el quinto muestreo (160 DDT), en Chile mirasol bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización.

Contenido de macro y microelementos

Para determinar los niveles nutrimentales de las plantas chile guajillo Don Ramón se realizó un análisis nutrimental a la biomasa aérea de las plantas (Hojas) muestreadas en el tercer corte (época de floración e inicio de la madurez fisiológica) 90 días después del trasplante. El análisis determinó el contenido de N, P, K, Ca, Mg y S en porcentaje (%) y de Fe, Mn, Cu y Zn en ppm (A15).

Los niveles nutrimentales de referencia en tejido vegetal en el cultivo de chile señalan diferentes niveles, tanto crítico como de suficiencia y comparado con los resultados obtenidos en los tratamientos con solución nutritiva con N, se puede observar que los nutrientes (macroelementos y microelementos) están dentro del intervalo de suficiencia con excepción del Zn, el cual sobrepasa este nivel, sin embargo esta por abajo del nivel de toxicidad. Los nutrientes en la solución sin N el P, Ca, Mg y S están por arriba del intervalo de suficiencia, lo cual indica que fueron acumulados en las hojas jóvenes de la planta, sin embargo este exceso no rebasa el nivel de toxicidad. El Cu se quedó por abajo del nivel crítico en estos tratamientos (Cuadro 9).

Cuadro 9. Niveles de referencia de macro y microelementos en tejido foliar de la planta.

	Nivel crítico	Intervalo de suficiencia	Solución con N	Solución sin N
	g Kg^{-1}			
N	<20	20-50	26.4	11.3
P	<2	2-5	1.4	6.0
K	<10	10-50	46.0	36.7
Ca	<1	1-10	14.6	13.3
Mg	<1	1-4	4.9	6.3
S	<1	1-3	4.3	5.0
	mg Kg^{-1}			
Fe	<50	50-250	64.2	88.3
Zn	15-20	20-100	247.6	102.1
Mn	10-20	20-300	90.1	61.0
Cu	3-5	5-20	5.9	4.7

(Sánchez *et al.*, 2007)

Contenido de macronutrientes

Los resultados del análisis de varianza referente el contenido de los macronutrientes en las hojas, indican que el P, K, Mg y S presenta diferencias estadísticas altamente significativas debidas a la fertilización nitrogenada. Se presentaron interacciones entre C*N, M*N y C*M*N para diferentes elementos (Cuadro 10). En el nitrógeno fue la interacción entre la C*N, para el fósforo la M*N y para el magnesio la interacción entre la C*M*N. En el contenido de potasio el factor (N) influyó significativamente. El calcio fue un elemento que no tuvo diferencia alguna entre tratamientos.

Con respecto al porcentaje de N en los tratamientos que recibieron N en la fertilización, su contenido promedio fue 2.64% y en los tratamientos que no recibieron N fue de 1.13% con una diferencia estadística debida a la interacción entre las C*N. El contenido de fósforo en los tratamientos que si recibieron N fue de 0.14% promedio y de 0.60% en los que no recibieron N, la diferencia significativa del contenido de P (%) se debió a la interacción (M*N).

Cuadro 10. Resultados de las características del ANVA respecto al contenido de macronutrientes de chile mirasol bioinoculado con dos cepas diazotróficas y un hongo micorrizico *Glomus intraradices*

Fuente de variación	Pr > F					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Tratamientos	0.0001	0.0001	0.0443	0.1435	0.0032	0.0205
C	0.0617 ns	0.9917 ns	0.9251 ns	0.2869 ns	0.6263 ns	0.5335 ns
M	0.8419 ns	0.7366 ns	0.6930 ns	0.3241 ns	0.1348 ns	0.1967 ns
N	0.0001 **	0.0001 **	0.0009 **	0.0561 ns	0.0001 **	0.0020 **
C*M	0.1041 ns	0.4051 ns	0.7473 ns	0.9162 ns	0.1804 ns	0.3044 ns
C*N	0.0193 **	0.4407 ns	0.2017 ns	0.1256 ns	0.1173 ns	0.0607 ns
M*N	0.1184 ns	0.0105 **	0.0738 ns	0.5415 ns	0.1673 ns	0.0249 ns
C*M*N	0.4229 ns	0.0975 ns	0.2412 ns	0.0630 ns	0.0125 **	0.2105 ns

C=Factor cepa inoculada, M=Factor micorriza aplicada, N=Factor nitrógeno, ns= no significativo, (**) Diferencia altamente significativa entre tratamientos

El contenido de potasio en los tratamientos sin N fue de 4.60% promedio y sin N de 3.67%, con una diferencia significativa por el factor (N). Respecto al contenido de Ca aunque no se tuvo diferencia entre tratamientos su contenido varió de 1.46% en los tratamientos que recibieron N a 1.33% en los que no recibieron N. El contenido de Mg en el tejido vegetal fue menor en los tratamientos con N en la fertilización 0.49% promedio y 0.63% promedio en los que no se aplicó N esta diferencia significativa fue por efecto de la interacción entre la C*M*N. Por último el contenido de S fue de 0.43% promedio en los tratamientos con N en la fertilización y en los tratamientos sin N fue mayor su contenido 0.50%, donde la diferencia estadística se debió al factor (N). De acuerdo a los resultados de Tukey ($\alpha=0.05$) en la variable contenido de macroelementos en el tejido foliar los tratamientos fertilizados con N fueron diferentes estadísticamente a los fertilizados sin N (Cuadro 11).

Cuadro 11. Contenido de macronutrientes en chile mirasol biofertilizado cepas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización.

Tratamientos			Contenido de macroelementos (%)					
Solución nutritiva	Micorriza	Cepa bacteriana	N	P	K	Ca	Mg	S
Con nitrógeno	Con micorriza	Sin cepa	2.75 a	0.18 b	4.58 ab	1.36 a	0.46 c	0.40 a
		INI1R2	2.58 a	0.14 b	4.56 ab	1.35 a	0.47 c	0.44 a
		INI-270901	2.68 a	0.21 b	5.40 a	1.63 a	0.52 abc	0.48 a
	Sin micorriza	Sin cepa	2.65 a	0.10 b	4.40 ab	1.33 a	0.43 c	0.42 a
		INI1R2	2.46 a	0.11 b	4.20 ab	1.56 a	0.53 abc	0.39 a
		INI-270901	2.76 a	0.13 b	4.45 ab	1.53 a	0.50 bc	0.44 a
Sin nitrógeno	Con micorriza	Sin cepa	1.12 b	0.56 a	3.65 ab	1.33 a	0.58 abc	0.53 a
		INI1R2	1.18 b	0.64 a	3.91 ab	1.32 a	0.65 abc	0.48 a
		INI-270901	1.02 b	0.50 a	2.97 b	1.21 a	0.55 abc	0.39 a
	Sin micorriza	Sin cepa	1.25 b	0.66 a	3.97 ab	1.48 a	0.75 a	0.57 a
		INI1R2	1.12 b	0.60 a	3.65 ab	1.18 a	0.53 abc	0.50 a
		INI-270901	1.13 b	0.68 a	3.89 ab	1.49 a	0.73 ab	0.56 a
Valor DMS			0.32	0.24	2.44	0.57	0.24	0.24

Medias con la misma literal entre filas son estadísticamente iguales (Tukey: $\alpha = 0.05$), DMS =Diferencia mínima significativa entre filas

Contenido de P

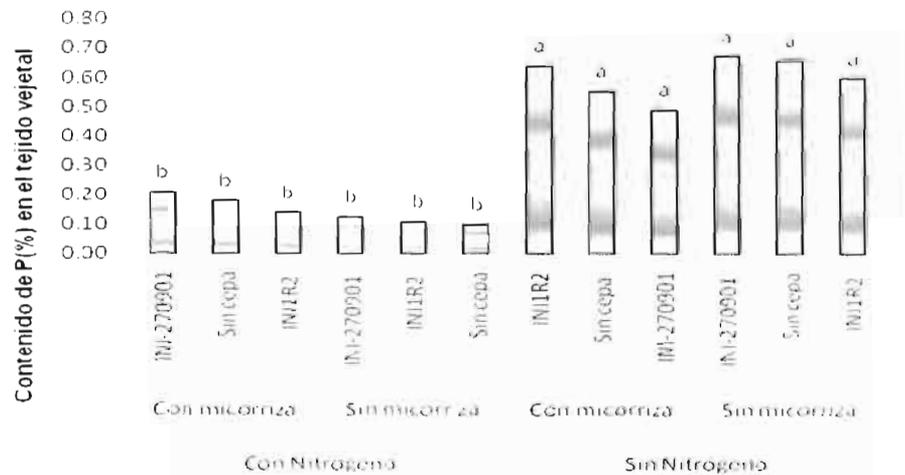
El ANVA del contenido de P en las hojas del cultivo de chile mostró una diferencia estadísticas significativa donde el factor (C) y (M) no tuvieron efecto en su contenido, esta diferencia se debió al factor (N) y a la interacción entre (M*N). Las interacciones (C*M, C*N y C*M*N) no tuvieron influencia en el contenido de P en las hojas.

El balance nutricional entre el P y el N es importante para incrementar los rendimientos de los cultivos. El P Interviene activamente en el proceso de división celular regularizando las disponibilidades de azúcares, así como en los procesos de absorción de calcio, nitrógeno y sodio, el P está relacionado con la velocidad de diferenciación de órganos vegetativos así como de su capacidad de expansión (Guzmán, 2002).

En ausencia del N el P aplicado mediante la fertilización no fue aprovechado por la planta ya que no hubo producción de biomasa, ni de semillas, por consecuencia se acumuló un exceso de P en la poca biomasa joven producida por la planta hacia la parte apical.

De acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) referente al contenido de P en el tejido foliar se tuvo una diferencia significativa entre los tratamientos debido a la fertilización nitrogenada y a la interacción entre la M*N. Los tratamientos con fertilización sin nitrógeno presentaron el mayor contenido de fósforo.

El tratamiento que presentó mayor contenido de P fue el inoculado con la bacteria INI-270901 sin micorriza y sin nitrógeno en la fertilización sin diferencia entre los tratamientos sin N y con micorriza, por lo que se puede inferir que la micorriza favoreció a la planta en un mayor contenido de fosforo (Figura 11).



Medias con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey: $\alpha=0.05$).

Figura 11. Contenido de P (%) resultado del análisis foliar de chile mirasol con diferente fertilización y tratamientos de bioinoculación.

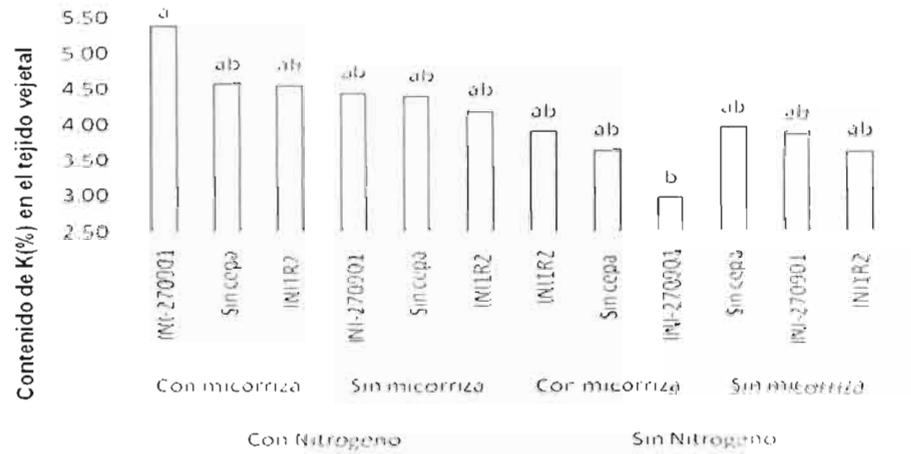
Contenido de K

Con respecto al ANVA del análisis nutrimental a las hojas, los resultados del contenido de K señalan una diferencia altamente significativa la cual fue influenciada por la fertilización nitrogenada, donde el factor (N) influyó en el contenido del K y no se debió a la cepa (C) y a la (M). Las interacciones estudiadas (C*N, C*M, M*N y C*M*N) no tuvieron influencia en el contenido del potasio en las hojas.

El resultado de la prueba Tukey ($\alpha = 0.05$) nos indica que el tratamiento con mayor contenido de K en las hojas fue el inoculado con INI-270901+micorriza con N en la fertilización y este mismo tratamiento (INI-270901+micorriza) con fertilización sin nitrógeno presentó la menor concentración de K, siendo estos dos tratamientos diferentes entre si (Figura 12).

El K Interviene activamente en el proceso de división celular regularizando las disponibilidades de azúcares, así como en los procesos de absorción de calcio, nitrógeno y sodio. El contenido de nitrógeno aumenta la acumulación de potasio en la planta y a su vez el potasio favorece la absorción del nitrógeno (Mills y Jones 1996), por lo tanto al no aplicar nitrógeno en la fertilización se ocasiono

que el contenido de potasio fuera menor en las hojas afectando bajo rendimiento de biomasa y poca estabilidad de la planta.



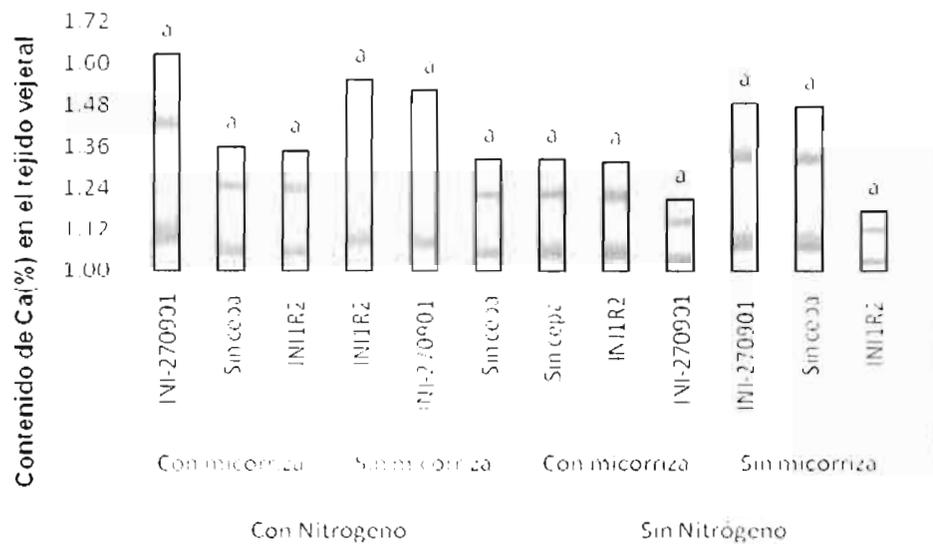
Medias con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey: $\alpha=0.05$).

Figura 12. Contenido de K (%) resultado del análisis foliar en chile mirasol con diferente fertilización y tratamientos de bioinoculación.

Contenido de Ca

De acuerdo al análisis de varianza para el contenido de Ca en las hojas, no presentó diferencia estadística significativa. Además no influyeron al contenido de Ca los factores (N) (C) y (M). Las interacciones estudiadas (C*N, C*M, M*N y C*M*N) no tuvieron efecto en el contenido de Ca.

El resultado de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) muestra que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. El tratamiento inoculado INI-270901 más micorriza con N en la fertilización presentó la mayor concentración de Ca (%) y el tratamiento INI-270901 con micorriza sin N fue uno de los de menor concentración de Ca, conjuntamente con el inoculado con INI1R2 sin micorriza y sin nitrógeno (Figura 13).



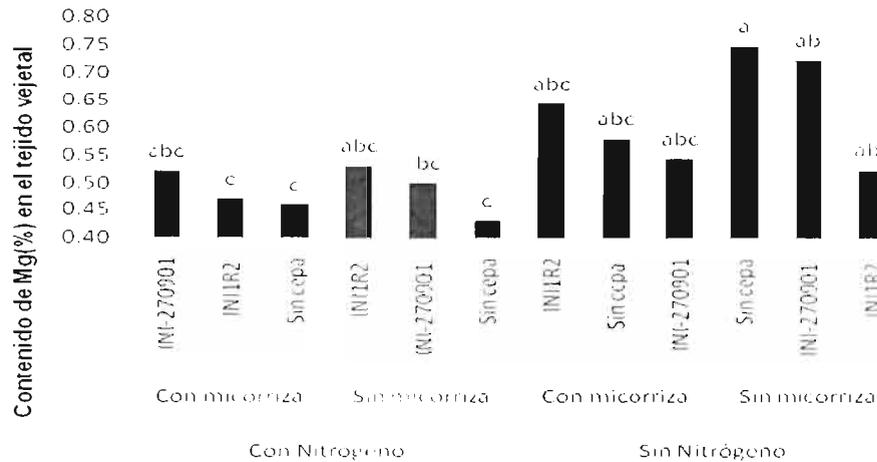
Medias con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey: $\alpha=0.05$).

Figura 13. Contenido de Ca (%) resultado del análisis foliar en chile mirasol con diferente fertilización y tratamientos de bioinoculación.

Contenido de Mg

El resultado del análisis de varianza a la concentración del Mg presentó una diferencia estadística altamente significativa debido a la fertilización nitrogenada. No influyeron en el contenido de Mg (%) los factores (C) y (M) y si el factor (N). De las interacciones en estudio la relación (C*M*N) intervino en el contenido de Mg.

El contenido de Mg de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) nos da como resultado que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos por la fertilización con N y por la interacción entre la C*M*N. El tratamiento que obtuvo el menor contenido de Mg acumulado en las hojas fue el Testigo (sin cepa, sin micorriza y sin N) y por el contrario el testigo sin N sin micorriza en la fertilización fue el que presentó el mayor contenido de Mg (Figura 14).



Medias con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey: $\alpha=0.05$).

Figura 14. Contenido de Mg (%) resultado del análisis foliar en chile mirasol con diferente fertilización y tratamientos de bioinoculación.

El Mg es constituyente de la clorofila y tiene un papel predominante en la actividad de las enzimas relacionadas con el metabolismo de los carbohidratos por consiguiente el Mg aplicado en la fertilización nitrogenada fue utilizado por la planta en la producción de biomasa y de fruto a diferencia en los tratamientos fertilizados sin nitrógeno donde no hubo producción de biomasa y fruto por lo tanto en ausencia de nitrógeno el Mg fue fijado en las hojas apicales producidas.

Contenido de S

El resultado del análisis de varianza con respecto al contenido al S señaló que se tuvieron diferencia estadísticas significativas por la fertilización nitrogenada. El factor que influyó en ello fue el (N), no influyeron la (C) y (M). De la interacciones en estudio (C*N, C*M, M*N y C*M*N) no se tuvo efecto alguno en el contenido de S (%).

La prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) mostró que todos los tratamientos son estadísticamente iguales entre si sin embargo se observa que los tratamientos sin N en la fertilización tuvieron el mayor contenido de S. El tratamiento que

presentó el mayor contenido de S (0.57%) fue el testigo (sin cepa, sin micorriza y sin N) y el que presentó un menor contenido fue el tratamiento INI1R2, sin micorriza con N (0.39%).

Existe una estrecha relación entre el S y el N, ya que ambos son indispensables para el proceso de formación de proteínas. El S es importante en la activación de la enzima nitrato reductasa, necesaria para la conversión del NO_3 a aminoácidos en las plantas. Por lo tanto la falta de nitrógeno influyó en un mayor contenido de azufre en los tratamientos sin nitrógeno, S que no fue utilizado por la ausencia del N, por la falta de producción de semilla, fruto y biomasa.

El S requiere de actividad bacteriana para una mejor absorción por la planta de este elemento, de ahí que los resultados fueran significativos en la relación micorriza-nitrógeno para el contenido de este elemento.

De acuerdo al análisis foliar los contenidos nutrimentales de la planta de los diferentes tratamientos estudiados se observó que la micorriza es la que ha tenido influencia en el contenido de algunos elementos como P, Mg y S, específicamente para el contenido de P y el S lo que tuvo efecto en ello fue la relación entre la micorriza y el nitrógeno ($M*N$) y específicamente para el Mg fue la relación cepa, micorriza, nitrógeno ($C*M*N$) la cual que tuvo efecto del contenido en las hojas.

Contenido de micronutrientes

De acuerdo al análisis de varianza acerca del contenido de los micronutrientes de la biomasa aérea de las plantas (hojas) de chile guajillo muestran que el Fe, Mn, Cu y el Zn presentaron diferencias estadísticas altamente significativas, debidas a la fertilización nitrogenada. El factor que influyó en ello fue el (N) y no los factores (C) y (M). Para esa diferencia estadística del contenido de Mn fue la interacción entre la ($M*N$) que influyó en ello (Cuadro 12).

Cuadro 12. Resultados de las características del ANVA respecto al contenido de microelementos de chile mirasol bioinoculado con dos cepas diazotróficas y un hongo micorrizicos *Glomus intraradices*.

Fuente de variación	Pr > F			
	Fe	Mn	Cu	Zn
Tratamientos	0.0127	0.0016	0.0199	0.0057
C	0.3455 ns	0.2008 ns	0.1522 ns	0.5743 ns
M	0.4219 ns	0.0926 ns	0.9006 ns	0.2005 ns
N	0.0001 **	0.0001 **	0.0042 **	0.0001 **
C*M	0.2374 ns	0.7857 ns	0.4712 ns	0.3446 ns
C*N	0.5846 ns	0.1908 ns	0.2850 ns	0.2811 ns
M*N	0.7241 ns	0.0011 **	0.3539 ns	0.2824 ns
C*M*N	0.1713 ns	0.0674 ns	0.0053 ns	0.7991 ns

C=Factor cepa inoculada, M=Factor micorriza aplicada, N=Factor nitrógeno, ns= no significativo, (**) Diferencia altamente significativa entre tratamientos Pr>F=0.01

De acuerdo a la prueba de medias (Tukey: $\alpha=0.05$) en los tratamientos sin nitrógeno en la solución nutritiva el contenido de Fe fue mayor que en los tratamientos con N, de la misma forma el contenido de Mn, Cu y Zn fue menor en los tratamientos sin N en la fertilización (Cuadro 13).

Contenido de Fe

El contenido de Fe en las hojas de acuerdo al ANVA muestra que existe una diferencia estadística altamente significativa debido a la fertilización nitrogenada, donde influyó el actor (N) y no los factores (C) y (M). Además las interacciones estudiadas (C*N, C*M, M*N y C*M*N) no influyeron para el contenido de Fe. Cuando no hay N en la fertilización, la bacteria INI270901 sin micorriza logra asimilar el Fe por su capacidad de fijar N atmosférico necesario para la asimilación del Fe.

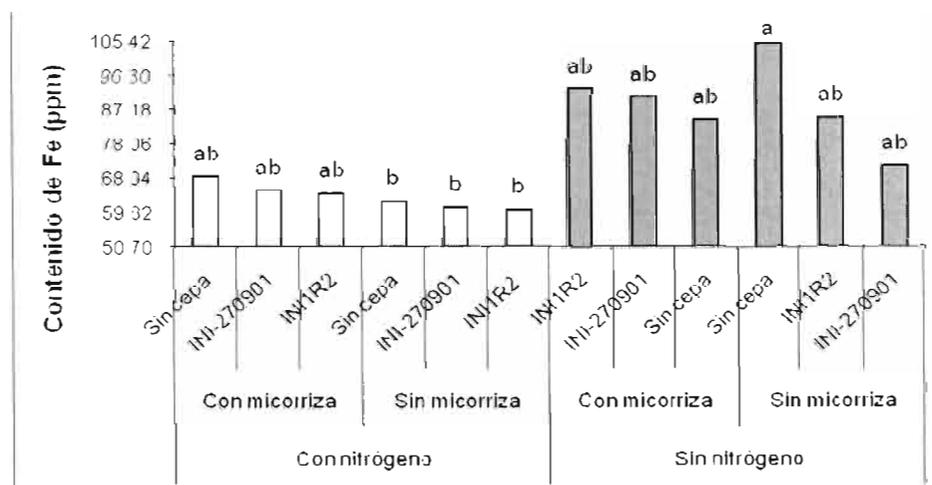
En este caso el Testigo (tratamiento sin cepa sin micorriza y sin N) no tiene la misma capacidad de transformarlo por lo que acumuló la mayor cantidad de Fe.

Cuadro 13. Resultado referente al contenido de micronutrientes del chile mirasol biofertilizado con cepas diazotóricas y un hongo micorrizico bajo dos niveles de fertilización.

Tratamientos			Microelementos			
Solución nutritiva	Micorriza	Cepa bacteriana	ppm			
			Fe	Mn	Cu	Zn
Con Nitrógeno	Con micorriza	Sin cepa	69.45 ab	91.35 ab	6.19 ab	209.50 abc
		INI1R2	65.00 ab	97.50 ab	6.07 ab	296.00 ab
		INI-270901	65.75 ab	126.50 a	5.97 ab	319.50 a
	Sin micorriza	Sin cepa	62.95 b	64.65 b	4.83 ab	218.50 abc
		INI1R2	60.70 b	85.60 ab	7.08 a	190.50 abc
		INI-270901	61.30 b	75.15 b	5.24 ab	251.50 abc
Sin nitrógeno	Con micorriza	Sin cepa	84.50 ab	58.00 b	4.46 ab	108.50 abc
		INI1R2	92.80 ab	57.15 b	5.98 ab	108.80 abc
		INI-270901	90.66 ab	49.95 b	3.39 b	96.60 bc
	Sin micorriza	Sin cepa	104.70 a	66.35 b	5.78 ab	125.00 abc
		INI1R2	85.10 ab	59.65 b	3.85 b	74.70 c
		INI-270901	72.15 ab	74.95 b	5.02 ab	99.00 bc
DMS			41.439	47.983	3.1764	215.01

Medias con la misma literal entre filas son estadísticamente iguales (Tukey: $\alpha=0.05$), DMS=Diferencia mínima significativa entre filas.

Según la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) el tratamiento con mayor contenido de Fe fue el testigo absoluto con una diferencia significativa al tratamiento inoculado con INI1R2 y solución nitrogenada el cual obtuvo el menor contenido de Fe (Figura 15).



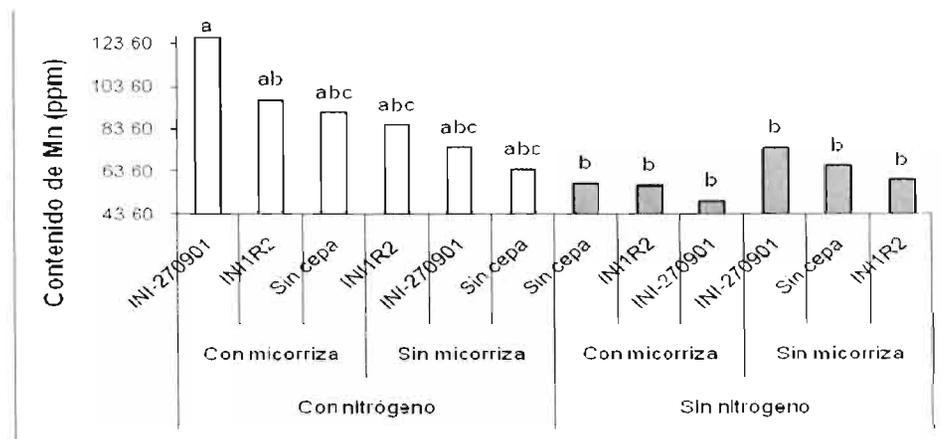
Medias con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey: $\alpha=0.05$).

Figura 15. Contenido de Fe (ppm) resultado del análisis foliar en chile mirasol con diferentes tratamientos de bioinoculación y fertilización.

El Fe participa en los procesos de formación de hidratos de carbono y clorofila es un importante catalizador para la fotosíntesis y la oxidación, y al no contar con N se acumula en las hojas más jóvenes ya que no hubo formación de biomasa y fruto.

Contenido de Mn

El ANOVA del contenido de Mn en las hojas indica que existe diferencia estadística altamente significativa debido al factor N. La interacción entre la micorriza y el nitrógeno (M*N) influyeron significativamente en el contenido de Mn. El tratamiento con la cepa INI270901 más micorriza y con N favoreció a la planta para una mayor concentración de Mn y esta misma bacteria con micorriza y sin N acumuló la menor cantidad de Mn y sin micorriza permitió mayor acumulación de este elemento, debido probablemente por la afinidad de la cepa INI270901 por el Mn. De acuerdo a Tukey ($\alpha = 0.05$) para el contenido de Mn fue la interacción entre la M*N lo que influyó en la diferencia estadística. El tratamiento con mayor contenido de Mn fue el inoculado con INI-270901 más micorriza con N y este mismo tratamiento sin N en la fertilización fue de menor contenido de Mn, el cual varió de 126.50 a 64.65 ppm en los tratamientos con N en la solución y de 74.95 a 59.95 ppm sin N (Figura 16).



Medias con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey: $\alpha=0.05$).

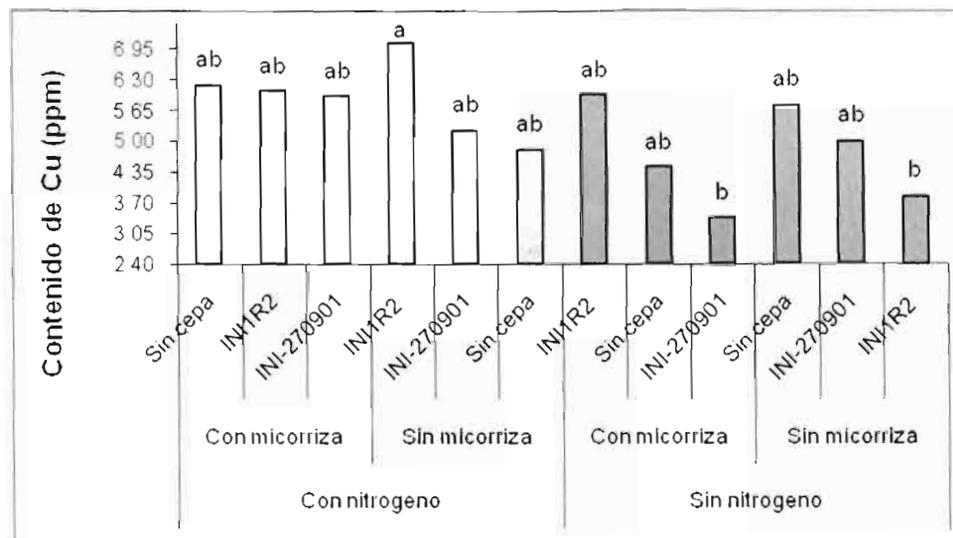
Figura 16. Contenido de Mn (ppm) resultado del análisis foliar en chile mirasol con diferentes tratamientos de bioinoculación y fertilización.

El Mn es un activador de enzimas esenciales para la producción de biomasa, pero al existir en la planta una acumulación de Fe que no es utilizado por la planta en los procesos de oxidación y catalizador este inhibe al Mn provocando deficiencia en la planta.

Contenido de Cu

Respecto al contenido de Cu el análisis de varianza señala que existe una diferencia estadística altamente significativa debido a la fertilización nitrogenada donde solo el factor (N) intervino en el contenido de Cu y no los factores (C) y (M). Las interacciones (C*N, C*M, M*N y C*M*N) no influyeron en el contenido de Cu.

Según la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) el contenido de Cu tuvo una diferencia estadística significativa entre los tratamientos. El de mayor contenido de Cu fue el tratamiento inoculado con INI1R2 sin micorriza con N en la fertilización y el tratamiento con menor contenido de Cu fue el inoculado con INI-270901 más micorriza con solución sin nitrógeno, el resto de los tratamientos no son diferentes entre si (Figura 17).



Medias con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey: $\alpha=0.05$).

Figura 17. Contenido de Cu (ppm) resultado del análisis foliar en Chile mirasol con diferentes tratamientos de bioinoculación y fertilización.

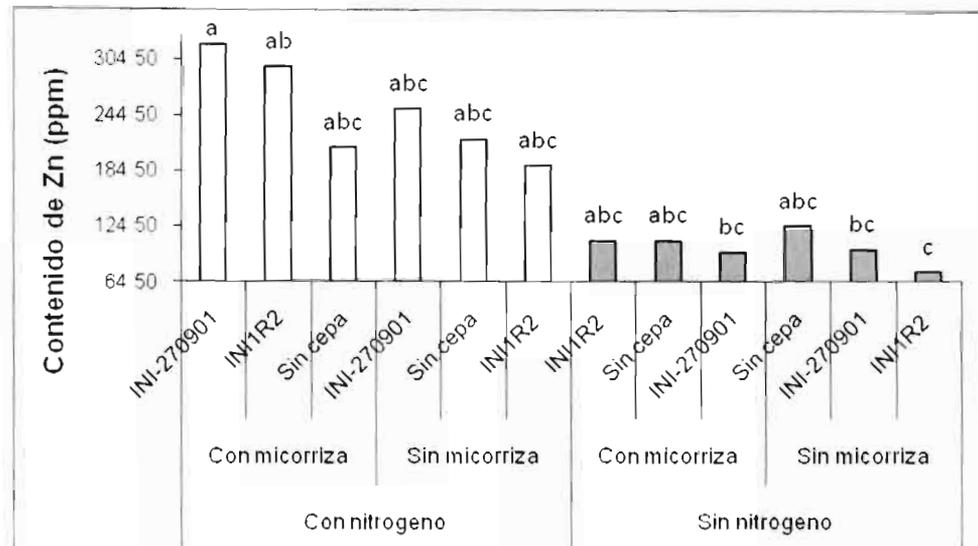
El Cu participa en la actividad de varias enzimas que intervienen en la fotosíntesis y en el metabolismo de carbohidratos y proteínas además es encargado de intensificar el color y sabor de los frutos. Actúa como transportador electrónico y está relacionado con el metabolismo del nitrógeno (Guzmán, 2002). Sin embargo el exceso en la planta de fósforo inhibe el contenido de Cu.

Contenido de Zn

Del contenido del Zn los resultados del análisis reporta diferencias estadísticas altamente significativas y el factor que influye en el contenido de Zn es la fertilización nitrogenada. El factor (N) intervino en el contenido de Zn y la (C) y (M) no influyeron en el contenido de Zn y tampoco las interacciones en estudio (C*N, C*M, M*N y C*M*N) intervinieron en el contenido de Zinc. Con la cepa INI270901 en los tratamientos con N se obtuvo el mayor contenido de Zn tanto en los tratamientos con micorriza y sin micorriza y en los tratamientos sin N la cepa INI1R2 con micorriza fue la que obtuvo el mayor contenido de Zn y sin micorriza fue el de menor contenido, por lo que se puede inferir que cuando no se tiene N, la cepa INI1R2 más micorriza favorece a un mayor contenido de Zn.

De acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) existe una diferencia estadística altamente significativa, debido a la fertilización nitrogenada. El tratamiento con mayor contenido de Zn, fue el inoculado con INI-270901 más micorriza y con N en la fertilización y el tratamiento con la cepa INI1R2 sin micorriza y sin N tuvo el menor contenido de Zn. El contenido de Zn en los tratamientos con N varió de 319.50 a 190.50 ppm y sin N fue de 125 a 74.70 ppm (Figura 18).

El Zn forma parte de muchas enzimas, es necesario para el equilibrio hormonal de la planta, e importante factor en la producción de auxinas hormona de crecimiento, mejora la eficacia de la función clorofílica. El N es fundamental para los procesos donde interviene el Zn para ser asimilado por la planta. El contenido elevado del P contribuye a una deficiencia de Zinc entre otros microelementos.



Medias con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey: $\alpha=0.05$).

Figura 18. Contenido de Zn (ppm) resultado del análisis foliar en chile mirasol con diferentes tratamientos de bioinoculación y fertilización.

Efecto de la Bioinoculación Bacteriana y Micorrizica en el Desarrollo del Cultivo del Chile Mirasol (*Capsicum annum* L.)

Altura de planta

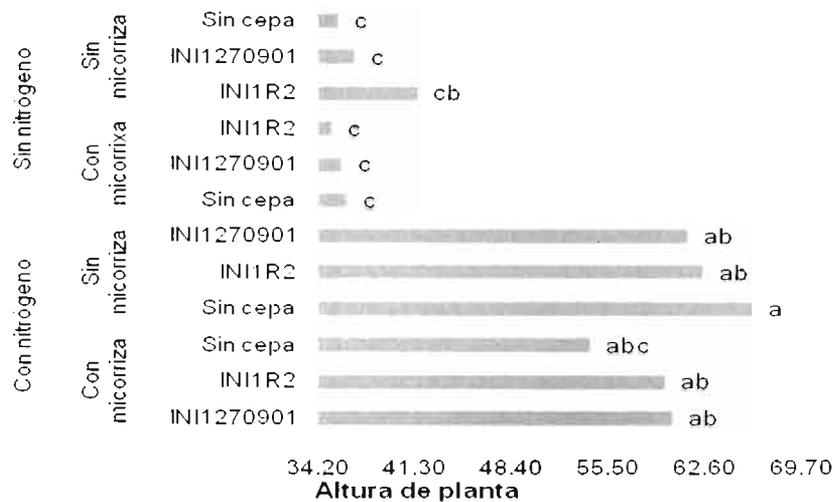
Los tratamientos con N en la solución nutritiva tuvieron la mayor altura en la planta en comparación con los que no les fue aplicado N en la solución. La altura entre los tratamientos con N varió de 66.1 a 54.2 cm y los sin N fue de 41.5 a 35.2 cm. De acuerdo al ANVA para esta variable (Cuadro 14) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos debidas al efecto de la fertilización nitrogenada (Factor N) y a la fecha de muestreo (F). La inoculación con cepas diazotróficas (factor C) y con el hongo micorrízico *Glomus intraradices* (Factor M) no tuvieron efectos estadísticamente significativos; lo mismo sucedió con las interacciones entre los factores C, N y M. Esto significa que la altura de planta solo se vio afectada por la fertilización nitrogenada y por la fecha de muestreo.

Cuadro 14. Análisis de varianza de la altura de planta de chile mirasol bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F
Tratamientos	33	69807.59	2115.38	19.67	0.0001 **
(C) Cepa	2	85.96	42.98	0.40	0.6713
(M) Micorriza	1	628.62	628.62	5.85	0.0169
(N) Nitrógeno	1	25339.61	25339.61	235.62	0.0001 **
(F) Muestreo	4	41248.16	10312.04	95.89	0.0001 **
C*M	2	173.28	86.64	0.81	0.4488
C*N	2	23.44	11.72	0.11	0.8968
C*F	8	1486.07	185.76	1.73	0.0966
M*N	1	105.98	105.98	0.99	0.3225
M*F	4	230.50	57.63	0.54	0.7096
C*M*F	8	485.98	60.75	0.56	0.8053
Error	146	15701.29	107.54		
Total	179	85508.87			
	C.V.	21.25			

De acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) el mejor tratamiento fue el testigo con solución con nitrógeno, el cual presentó la mayor altura. Los tratamientos con fertilización con N fueron significativamente diferentes a los tratamientos sin N. El tratamiento que tuvo la menor altura fue el inoculado con la cepa bacteriana INI1R2 con micorriza sin N en la fertilización y en los tratamientos con N en la solución nutritiva fue el testigo (sin cepa, sin micorriza) que obtuvo la mayor altura en la planta (Figura 19).

Al momento del trasplante la altura de la planta fue de 11 cm en promedio. Los tratamientos con solución completa presentaron la mayor altura durante todo el desarrollo del cultivo. El testigo sin inocular con N fue el tratamiento que presentó la mayor altura durante todo el desarrollo del cultivo, con excepción de la última evaluación.



Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Figura 19. Prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) de altura de planta del chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización.

Diámetro del tallo

De acuerdo a la Prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$) el diámetro de tallo presentó diferencia estadística significativa por efecto de la fertilización nitrogenada (Cuadro 15). Los tratamientos que presentan un mayor diámetro de tallo fueron los que recibieron solución nutritiva con N comparado con los tratamientos fertilizados sin N. La inoculación con las cepas diazotróficas y con *Glomus intraradices* no tuvieron efecto en el diámetro de tallo, el testigo absoluto (sin cepa, sin micorriza, sin N) fue superado por todos los tratamientos.

Cuadro 15. Efecto de la bioinoculación en el diámetro de tallo de chile mirasol con dos cepas bacterianas diazotróficas, un hongo micorrizico *Glomus intraradices* y bajo dos niveles de fertilización

Tratamientos	Diámetro de tallo	
Solución nutritiva	Media	
Con nitrógeno	4.6	a
Sin nitrógeno	2.6	b
DMS	0.61	

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey ($\alpha=0.05$). DMS= Diferencia mínima significativa

Rendimiento de fruto

El corte de fruto inició a partir del segundo muestreo (60 DDT) para los doce tratamientos con nitrógeno y sin N en la fertilización el corte fruto se realizó en el tercer muestreo a los 90 días. Los frutos obtenidos en los tratamientos sin N no se desarrollaron de acuerdo a las características de la variedad utilizada en este trabajo (chile mirasol Don Ramón).

El peso de fruto varió de 0.3 gr en el Testigo (sin cepa, sin micorriza y sin N) a 7.7 gr en el tratamiento inoculado con INI-270901 más micorriza y con N por fruto, durante todo el experimento. En los tratamientos con N en su última evaluación (160 días) presentaron un promedio total de fruto por planta que varió de 59.9 gramos en el tratamiento sin cepa con micorriza y el máximo de 106.23 gramos en el tratamiento con INI1R2 sin micorriza.

De acuerdo al ANVA (Cuadro 16) se encontró una diferencia estadística significativa para esta variable, debida a la solución nutritiva con N. Los factores que influyeron en ello fueron (N), (M) y (F). La inoculación con cepas diazotróficas (C) no tuvieron efectos estadísticamente significativos en la producción de fruto, lo mismo sucedió con las interacciones entre los factores C, N y M. Esto significa que el rendimiento de fruto total se vio afectado por las dos diferentes soluciones nutritivas aplicadas al chile así como a la bioinoculación con micorriza y fueron diferentes en cada fecha de corte.

Para analizar el efecto de la fertilización nitrogenada y la bioinoculación con bacterias diazotróficas y *Glomus intraradices* en la producción de fruto durante todo el cultivo se hizo un análisis de varianza de cada uno de los cortes con N en la solución nutritiva y sin N. El resultado de estos análisis de varianza para los tratamientos con nitrógeno en la solución nutritiva se resume en el cuadro 17.

Cuadro 16. ANVA del rendimiento de fruto de chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F	
Tratamientos	33	69807.59	2115.38	19.67	0.0001	**
(C) Cepa	2	85.96	42.98	0.40	0.6713	ns
(M) Micorriza	1	628.62	628.62	5.85	0.0169	**
(N) Nitrógeno	1	25339.61	25339.61	235.62	0.0001	**
(F) Muestreo	4	41248.16	10312.04	95.89	0.0001	**
C*M	2	173.28	86.64	0.81	0.4488	ns
C*N	2	23.44	11.72	0.11	0.8968	ns
C*F	8	1486.07	185.76	1.73	0.0966	ns
M*N	1	105.98	105.98	0.99	0.3225	ns
M*F	4	230.50	57.63	0.54	0.7096	ns
C*M*F	8	485.98	60.75	0.56	0.8053	ns
Error	146	15701.29	107.54			
Total	179	85508.87				
	C.V.	21.25				

Cuadro 17. Resultado del ANVA del rendimiento de fruto de chile mirasol bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* con solución nutritiva sin N.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Cuadrado medio					
		Cortes de fruto					
		Primero (90 DDT)	Segundo (130 DDT)	Tercero (160 DDT)			
Tratamientos ¹	5	2.4585	ns	15.7776	**	7.3025	**
C	2	4.8950	ns	30.6833	**	13.6709	**
M	1	0.0347	ns	8.5560	ns	5.2272	ns
C*M	2	1.2338	ns	4.4826	ns	1.9718	ns
Error	12	2.7671		3.7081		2.4229	
Total	17						
	C.V.	166.25		48.48		30.09	

C= Factor cepa inoculada, M= Factor micorriza inoculada, CV= Coeficiente de variación, ns= No significativo, (**)= Altamente significativo, ¹= Solución nutritiva sin nitrógeno.

Rendimiento de fruto en el primer corte (90 DDT), fertilización sin N

En el primer corte de fruto, la producción de fruto varió de 0.3 gr obtenidos en el Testigo (sin cepa, sin micorriza y sin N) a 2.38 gr en el inoculado con la bacteria INI1R2 sin micorriza sin N, en un tratamiento no se tuvo producción (el inoculado solo con *Glomus intraradices*). De acuerdo al ANVA, no se observaron diferencias estadísticas por efecto de la bioinoculación con C y M y de la interacción entre las cepas y la micorriza (C*M). Lo anterior indica que la producción de fruto no fue diferente entre los tratamientos y no existió efecto por la biofertilización con bacterias promotoras del crecimiento vegetal o con hongos micorrízicos en este corte (A16).

De acuerdo a la prueba de medias (Tukey: $\alpha = 0.05$) no se tuvo diferencia significativa en el primer corte de los tratamientos sin N. En este corte, el tratamiento (sin cepa, con micorriza sin N) no tuvo producción de fruto y el testigo (sin cepa sin micorriza sin N) obtuvo la menor producción. La mayor producción lo tuvo el tratamiento bioinoculado con la bacteria INI1R2 sin micorriza que supero al resto de los tratamientos.

Rendimiento de fruto en el segundo corte (130 DDT), fertilización sin N

La producción de fruto en este corte varió de 1.07 a 7.69 gr por planta obtenido por el testigo absoluto y el tratamiento inoculado con INI-270901 respectivamente. De acuerdo al ANVA, se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos debidas a la inoculación con las bacterias diazotróficas (C). El factor M no presentó diferencias entre tratamientos; tampoco la interacción entre C*M para esta variable (A17).

De acuerdo a la prueba de medias por Tukey ($\alpha = 0.05$) los mejores tratamientos fueron los inoculados con las cepas bacterianas con micorriza y sin micorriza. El tratamiento bioinoculado con la bacteria INI-270901 más micorriza fue el que obtuvo la mayor producción de fruto (7.69 grs.) por unidad experimental y fue diferente estadísticamente al testigo (sin cepa, sin micorriza sin N) que conjuntamente con el resto de los tratamientos fueron diferentes estadísticamente (1.07). Lo anterior significa que la bioinoculación con cepas

diazotróficas favorecen a la producción de fruto incluso con o sin micorriza (Figura 20).

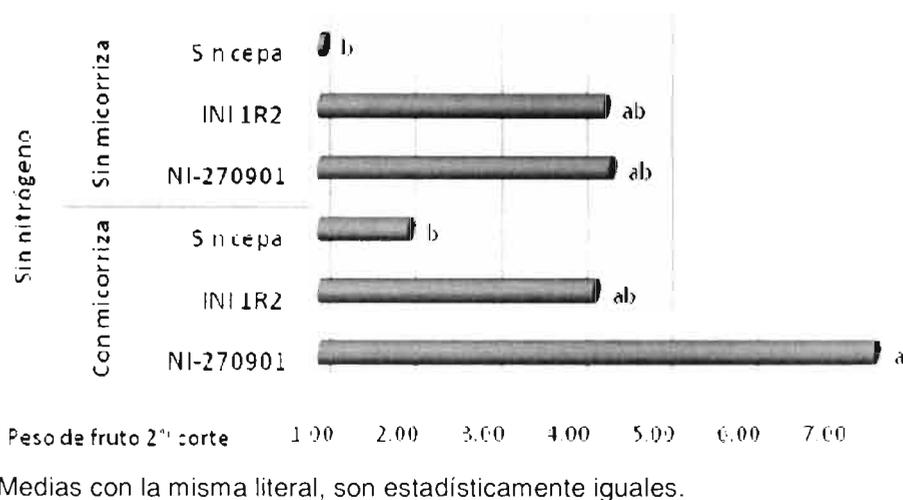


Figura 20. Prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) al rendimiento en su segundo corte de fruto de chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* con fertilización sin N.

Rendimiento de fruto en el tercer corte (160 DDT) fertilización sin N

La producción de fruto en este corte con fertilización sin nitrógeno la producción varió de 7.02 grs. obtenido por el inoculado con INI-270901 sin micorriza a 2.99 grs. por el inoculado con INI1R2 más micorriza. De acuerdo al ANVA, se observaron diferencias estadísticas significativas debidas al efecto de inoculación con cepas diazotróficas (C). El efecto del factor M no fue estadísticamente significativo; la interacción entre C*M tampoco presentaron diferencia. Lo anterior indica que la producción de fruto, fue diferente entre tratamientos y que estas diferencias se debieron al efecto de inoculación con las cepas diazotróficas y que este factor fue independiente de la aplicación de hongos micorrízicos (A18).

Los mejor tratamientos de acuerdo a la prueba de medias por Tukey ($\alpha = 0.05$) fueron los bioinoculados con la bacteria INI-270901 con y sin micorriza, superando al testigo. En este último corte de fruto la bioinoculación con cepas diazotróficas favorece a la producción de fruto cuando se tiene una fertilización con ausencia de nitrógeno (Cuadro 18).

Cuadro 18. Efecto de la bioinoculación con dos cepas bacterianas y *Glomus intraradices* bajo una fertilización sin nitrógeno en el rendimiento de fruto del chile mirasol.

Tratamientos			Rendimiento de fruto		
Solución nutritiva	Micorriza	Cepas bacterianas	Cortes de fruto		
			Primero	Segundo	Tercero
Sin nitrógeno	Con micorriza	Sin cepa	0.00 a	2.06 b	4.12 a
		INI1R2	1.54 a	4.23 ab	2.99 a
		INI-270901	1.33 a	7.69 a	6.80 a
	Sin micorriza	Sin cepa	0.33 a	1.07 b	4.75 a
		INI1R2	2.38 a	4.35 ab	5.37 a
		INI-270901	0.42 a	4.42 ab	7.02 a

Medias con la misma literal entre filas, son estadísticamente iguales (Tukey: $\alpha=0.05$)

Como resultado del análisis de varianza a los tratamientos con N en la solución nutritiva para analizar el efecto de la fertilización nitrogenada y la bioinoculación con bacterias diazotróficas y *Glomus intraradices* en su producción durante los cortes de fruto durante todo el cultivo se muestra en el siguiente Cuadro 19.

Cuadro 19. Resultado del ANVA del rendimiento de fruto de chile mirasol bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* y solución nutritiva con N.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Cuadrado medio			
		Cortes de fruto			
		Primero (60 DDT)	Segundo (90 DDT)	Tercero (130 DDT)	Cuarto (160 DDT)
Tratamientos ²	5	25.27 ns	32.67 ns	678.23 ns	818.64 ns
C	2	14.11 ns	81.12 ns	675.24 ns	1801.50 ns
M	1	74.70 **	0.01 ns	1972.76 **	377.21 ns
C*M	2	11.71 ns	0.54 ns	33.95 ns	56.50 ns
Error	12	9.44	211.61	193.22	830.90
Total	17				
C.V.		35.38	40.14	19.35	33.58

C= Factor cepa inoculada, M= Factor micorriza inoculada, CV= Coeficiente de variación, ns=No significativo, (**)= Diferencia altamente significativo entre tratamientos $P \geq F=0.01$, ²=Solución nutritiva sin nitrógeno..

Rendimiento de fruto en el primer corte (60 DDT), fertilización con N

En los tratamientos con fertilización con N, su primer corte de fruto inició a los 60 días después del trasplante, la producción varió de 13.85 gr en el tratamiento inoculado con INI-270901 más micorriza a 5.67 gr obtenidos en el testigo (sin cepa sin micorriza). Los resultados del ANVA señalan diferencias estadísticas significativas debidas al efecto de la inoculación con *Glumus intraradices*. El efecto del factor C no fue estadísticamente significativo; la interacción entre el factor C* M no presentaron significancia (A19). Lo anterior indica que la producción de fruto fue diferente entre tratamientos y que estas diferencias se debieron al efecto de inoculación con el hongo micorrízico y que este factor fue independiente de la inoculación con las cepas diazotróficas.

De acuerdo a la prueba de medias por Tukey ($\alpha = 0.05$) Los mejor tratamientos fueron los bioinoculados con la bacteria INI-270901 más micorriza, INI1R2 más micorriza, y sin cepa con micorriza. En este primer corte de fruto, la bioinoculación con hongos micorrízicos favoreció significativamente a la producción de fruto superando a los tratamientos inoculados solo con cepas diazotróficas y al testigo (Sin cepa, sin micorriza).

Rendimiento de fruto en el segundo corte (90 DDT), fertilización con N

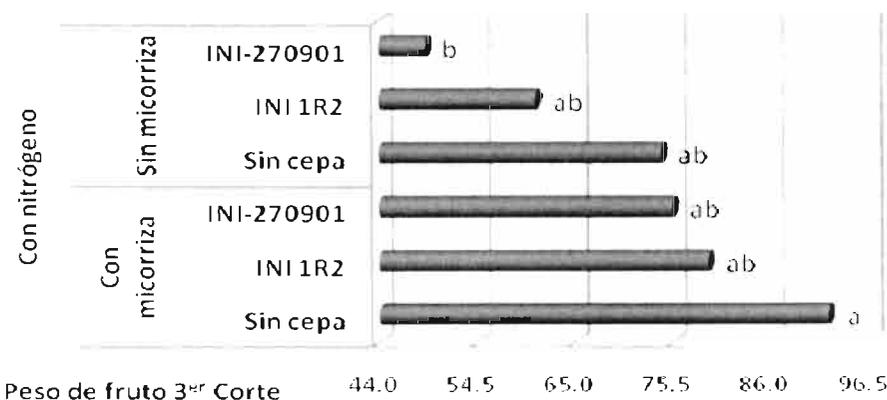
En el segundo corte de fruto los tratamientos con N tuvieron una producción de fruto que varió de 33.78 a 40.58 gr por planta, el tratamiento con mayor producción fue el inoculado con la bacteria INI-270901 sin micorriza y el de menor producción fue el testigo sin inocular y sin micorriza Los resultados del ANVA (A20) no muestra diferencia en la producción de fruto por efecto de las cepas bacterianas o por el hongo micorrízicos y por la interacción entre ellos (C*M).

Con la prueba de medias por Tukey ($\alpha = 0.05$) se observó que los mejores tratamientos fueron los bioinoculados con la bacteria INI-270901 con y sin micorriza, superando al testigo. Para el segundo corte de fruto, la bioinoculación con bacterias diazotróficas y hongos micorrízicos no favoreció a una diferencia significativa en la producción de fruto.

Rendimiento de fruto en el tercer corte (130 DDT), fertilización con N.

En el tercer corte de fruto la producción varió de 49.02 gr obtenidos por el tratamiento inoculado con la cepa bacteriana INI-270901 hasta 92,17 gr por planta obtenido por el tratamiento inoculado con *Glomus intraradices*. De acuerdo al ANVA se tuvieron diferencias estadísticas significativas en esta variable, como resultado de inoculación con el hongo (M). El factor (C) así como la interacción entre la cepa y la micorriza no tuvieron efecto en la producción de fruto, lo que significa que los tratamientos son diferentes entre si (A21).

Los resultados de la prueba de medias por Tukey ($\alpha = 0.05$) muestran que el mejor tratamiento fue el inoculado con el hongo micorrízicos, y que la diferencia significativa fue por efecto de *Glomus intraradices*. Los tratamientos inoculados con el hongo tuvieron efecto en la producción de fruto, superando al testigo y siendo diferentes entre los tratamientos (Figura 21).



Medias con la misma literal, son estadísticamente iguales.

Figura 21. Prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) al rendimiento en su tercer corte de fruto de chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* con fertilización nitrogenada

Rendimiento de fruto en el cuarto corte (160 DDT), fertilización con N

En este corte de fruto la producción varió de 49.02 a 92.17 gr donde el mayor rendimiento fue obtenido por el tratamiento inoculado por *Glomus intraradices* y el de menor resultado fue el tratamiento inoculado con la bacteria INI-270901.

De acuerdo al ANVA no se tuvo como resultado una diferencia estadística significativa. No influyeron los factores (C) y (M) al igual que la interacción entre ellas (C*M) para la producción en este último corte de fruto (A22).

De acuerdo a la prueba de medias por Tukey ($\alpha = 0.05$) los mejores tratamientos fueron los inoculados con las bacterias diazotróficas con y sin micorriza, mismos que superaron al testigo y al tratamiento con *Glomus intraradices*. Lo que significa que la inoculación con *Glomus intraradices* en los tratamientos no tiene influencia en la producción de fruto (Cuadro 20).

Cuadro 20. Efecto de la bioinoculación con dos cepas bacterianas y *Glomus intraradices* bajo una fertilización con solución nutritiva con N en el rendimiento de fruto del chile mirasol.

Tratamientos			Rendimiento de fruto			
Solución nutritiva	Micorriza	Cepas bacterianas	Cortes de fruto			
			Primero	Segundo	Tercero	Cuarto
Con nitrógeno	Con micorriza	Sin cepa	8.7 a	34.5 a	92.2 a	60.0 a
		INI1R2	9.7 a	33.9 a	79.3 ab	98.8 a
		INI-270901	13.9 a	40.4 a	75.4 ab	85.0 a
	Sin micorriza	Sin cepa	5.7 a	33.8 a	74.3 ab	75.9 a
		INI1R2	7.7 a	34.3 a	60.8 ab	106.2 a
		INI-270901	6.6 a	40.6 a	49.0 b	89.1 a

Medias con la misma literal entre filas, son estadísticamente iguales (Tukey: $\alpha=0.05$)

Biomasa aérea total

De acuerdo al ANVA para el rendimiento de biomasa aérea se tuvo una diferencia estadística significativa debió a la fertilización nitrogenada. Los factores que influyeron en la producción e biomasa fueron el (N) y las diferentes fechas de muestreo (F). Esta diferencia no se debió a la inoculación con (C) y (M) y tampoco a las diferentes interacciones entre (C, N, M y F) (Cuadro 21).

De acuerdo a la Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) estandarizada para la producción de biomasa aérea muestra dos grupos estadísticamente diferentes, los tratamientos con fertilización completa (con N) y el los tratamientos sin

nitrógeno en la solución nutritiva. El mejor tratamiento fue el inoculado con *Glomus intraradices* bajo fertilización completa, con una media de 8.25 gr y en los tratamientos con solución sin nitrógeno el mejor tratamiento fue el inoculado con la bacteria INI1R2 (2.07 gr). Con respecto a los testigos en los tratamientos con solución completa y con solución sin nitrógeno fueron superados por todos los tratamientos con excepción del tratamiento inoculado con la bacteria INI1R2+micorriza en ambos casos (Figura 22).

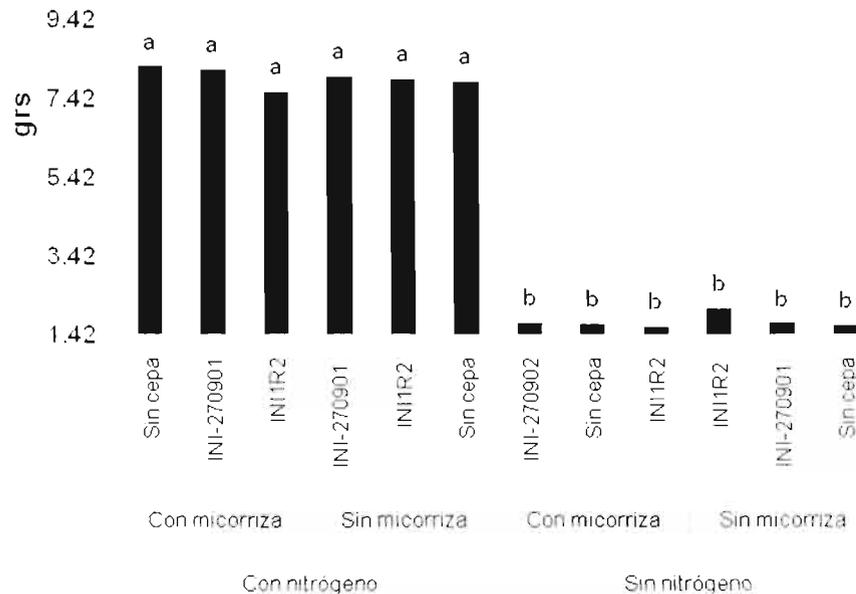
Cuadro 21. Análisis de varianza de biomasa aérea¹ de planta de chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F	
Tratamientos	33	2811.09	85.18	12.64	0.0001	**
(C) Cepa	2	0.24	0.12	0.02	0.9824	ns
(M) Micorriza	1	0.08	0.08	0.01	0.9137	ns
(N) Nitrógeno	1	1744.96	1744.96	258.84	0.0001	**
(F) Corte	4	988.96	247.24	36.68	0.0001	**
C*M	2	3.13	1.57	0.23	0.7931	ns
C*N	2	2.11	1.06	0.16	0.8551	ns
C*F	8	52.21	6.53	0.97	0.4633	ns
M*N	1	0.39	0.39	0.06	0.8093	ns
M*F	4	4.73	1.18	0.18	0.9507	ns
C*M*F	8	14.27	1.78	0.26	0.9763	ns
Error	146	984.24	6.74			
Total	179	3795.33				
	C.V.	53.47				

¹ Incluye hojas, peciolo, botones florales, flores y tallos

El primer muestreo de biomasa aérea se realizó a las plántulas al momento del trasplante y su peso fue de 0.144 gr promedio para todos los tratamientos. En el siguiente muestreo a los 30 DDT se inició una diferencia de la biomasa aérea entre los tratamientos con fertilización con N, de 1.87 gr promedio y en los fertilizados sin N su biomasa aérea fue de 0.40 gr promedio. A los 60 DDT fue de 5.17 a 1.64 gr promedio en los tratamientos con N y sin N respectivamente.

A partir de tercer muestreo el tratamiento inoculado con la bacteria INI1R2 sin N presentó el mayor rendimiento de biomasa aérea, en los muestreo cuarto y quinto (90 y 130 días) obtuvo un peso de 2.66 y 2.84 gr respectivamente. De los tratamientos con fertilización nitrogenada el inoculado con micorriza al final del ciclo fue el que presentó la mayor producción de biomasa aérea.



Medias con la misma literal, son estadísticamente iguales.

Figura 22. Prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) de la biomasa aérea de chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* con fertilización nitrogenada.

Para el tercer muestreo (90 DDT) en los tratamientos con solución nutritiva con N el inoculado con micorriza presentó la mayor producción de biomasa aérea y el que obtuvo la más baja biomasa aérea fue el inoculado con INI1R2 sin micorriza, en el cuarto muestreo (130 DDT) los tratamientos inoculados con las cepas diazotróficas sin micorriza fueron los que obtuvieron la mayor producción de biomasa aérea y para el último muestreo fueron los tratamientos sin micorriza. Al final del ciclo del chile mirasol el tratamiento inoculado con el hongo *Glomus intraradices* sin cepa y con N en la fertilización favoreció a una mayor producción de biomasa aérea, los tratamientos inoculados con INI-270901 sin y con micorriza superaron a todos los tratamientos (Cuadro 22).

Cuadro 22. Prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) al rendimiento de biomasa aérea¹ de chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* con dos niveles de fertilización.

Biomasa aérea			
Solución nutritiva	Micorriza	Cepa bacteriana	Media
Con nitrógeno	Con micorriza	Sin cepa	8.245 a
		INI-270901	8.151 a
		INI1R2	7.589 a
	Sin micorriza	INI-270901	8.003 a
		INI1R2	7.947 a
		Sin cepa	7.880 a
Sin nitrógeno	Con micorriza	INI-270901	1.727 b
		Sin cepa	1.680 b
		INI1R2	1.617 b
	Sin micorriza	INI1R2	2.077 b
		INI-270901	1.703 b
		Sin cepa	1.650 b

Medias con la misma literal, son estadísticamente iguales (Tukey: $\alpha=0.05$). ¹ Incluye hojas, pecíolos, botones florales, flores y tallos.

Cuadro 23 Resultados del ANVA del volumen, biomasa y longitud radical, de chile mirasol bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* y dos niveles de fertilización.

Fuente de variación	Pr > F					
	Volumen		Biomasa		Longitud	
Tratamientos	0.0001	**	0.0001	**	0.0049	**
C	0.9062	ns	0.3531	ns	0.4315	ns
M	0.2644	ns	0.1117	ns	0.3108	ns
N	0.0001	**	0.0001	**	0.0006	**
F	0.0001	**	0.0001	**	0.0001	**
C*M	0.3138	ns	0.8083	ns	0.9144	ns
C*N	0.9905	ns	0.5750	ns	0.9107	ns
C*F	0.4639	ns	0.0671	ns	0.3748	ns
M*N	0.5631	ns	0.0700	ns	0.3547	ns
M*F	0.9955	ns	0.7435	ns	0.6120	ns
C*M*F	0.2286	ns	0.4483	ns	0.3429	ns
CV	40.81		44.72		17.46	

C= Factor cepa inoculada, M= Factor micorriza inoculada, N=Nitrógeno, F=Fecha de muestreos solo para separar efectos, CV= Coeficiente de variación, ns= No significativo, (**)= Diferencia altamente significativo.

Volumen, biomasa y longitud de raíz

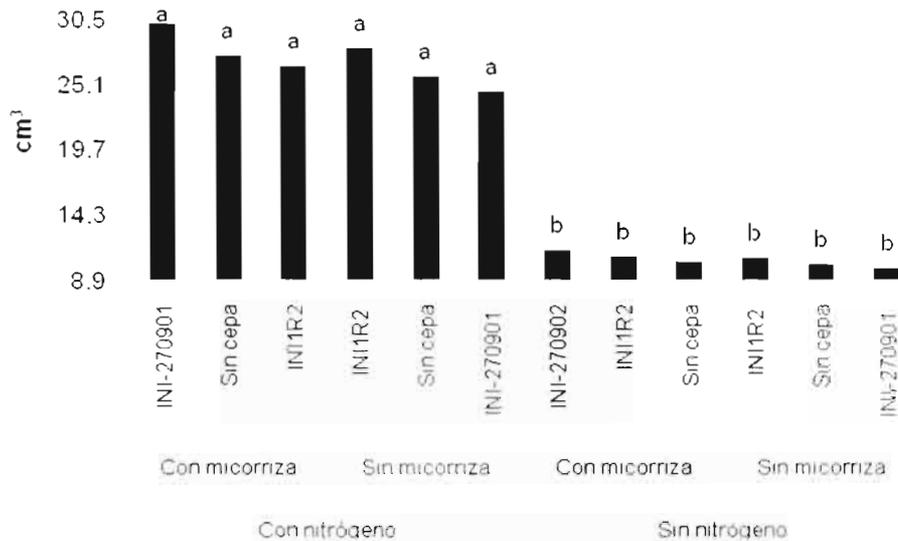
Volumen radical

En el volumen radical de acuerdo al ANVA (A23) se encontraron diferencias estadísticas significativas. La cual no se debió a la inoculación con cepa (C) ni a la micorriza (M), lo que influyó en el rendimiento radical (VR) fue la aplicación de nitrógeno (N) y la fecha de muestreo (F). El volumen radical no fue afectado por la inoculación de bacterias ni por la aplicación de micorrizas y tampoco influyeron las interacciones (C, N, M y F). El volumen de raíces con solución nutritiva con N fue diferente significativamente a las plantas con solución sin nitrógeno por el efecto de la fertilización nitrogenada (N) y por el efecto de la fecha de muestreo (F).

A partir del segundo corte se observó en los tratamientos fertilizados con nitrógeno que las plantas inoculadas con bacterias y con micorrizas, presentaron en el sistema radicular un efecto marcado al incrementarse el desarrollo de raíces adventicias y pelos absorbentes. En el tratamiento sin cepa y sin micorriza el sistema radicular no presentó el mismo crecimiento de raíces laterales solo se observó que las raíces fueron más gruesas (suberizadas).

De acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el volumen de raíz, se observó una diferencia estadística significativa debido a la fertilización nitrogenada. En los tratamientos con N en la solución nutritiva su volumen varió de 28.12cm³ con micorriza a 26.17 sin micorriza y en los sin N varió de 10.98 a 10.36 con y sin micorriza respectivamente. El tratamiento INI-270901 con micorriza con N obtuvo el mayor volumen y el mismo tratamiento sin micorriza sin N tuvo el menor volumen radical (Figura 23).

La bioinoculación con cepa bacteriana y micorrízica no influyó en el volumen radical, el efecto que recibió para el desarrollo de las raíces adventicias y pelos absorbentes fue debido a la fertilización nitrogenada y a la fecha de corte.



Medias con la misma literal, son estadísticamente iguales.

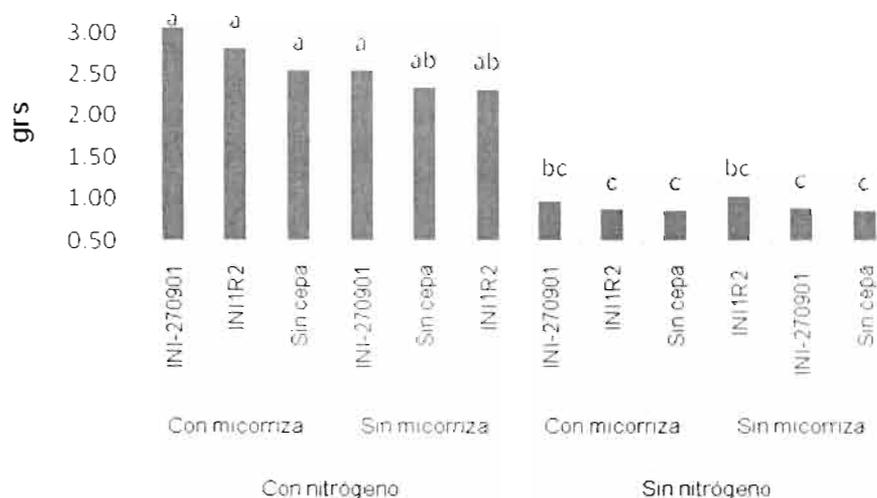
Figura 23. Prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) del volumen de raíz de chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo una fertilización nitrogenada.

Biomasa radical

De acuerdo a los resultados del ANVA (A24) se encontraron diferencias estadísticas significativas debido a la fertilización nitrogenada. Los factores que tuvieron efecto significativo en la biomasa radical fueron, el nitrógeno (N) y las diferentes fechas de muestreo (F). La bioinoculación con las cepas diazotróficas (C) y el hongo micorrízicos (M) así como las interacción entre C*N, C*M, C*F, M*N, M*F, C*M*F no tuvieron efecto en la producción biomasa radical, lo que significa que los tratamientos son diferentes entre si. Para la variable de biomasa radical la fertilización nitrogenada y la fecha de corte fue altamente significativa, debido al efecto de la solución nutritiva con N así como al efecto de la fecha de muestreo.

De acuerdo a la Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) de la variable biomasa radical los mejores tratamientos fueron los fertilizados con solución con N y entre ellos los que obtuvieron la mayor biomasa radical fueron el inoculado con INI-270901 más micorriza y INI1R2 sin micorriza (30.17 y 28.13 grs respectivamente). En los tratamientos con solución nutritiva sin N se observó que las bacterias

diazotróficas en ausencia de micorriza y N favorecen la producción de biomasa radical, el tratamiento INI1R2 sin micorriza obtuvo la mayor biomasa radical (Figura 24).



Medias con la misma literal, son estadísticamente iguales.

Figura 24. Prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) a la biomasa radical de chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo una fertilización nitrogenada.

En los tratamientos con N en la solución nutritiva fue superado el testigo (sin cepa sin micorriza) por los tratamientos, con excepción del inoculado con INI1R2 sin micorriza y en los tratamientos sin N en la solución nutritiva el testigo (sin cepa, sin micorriza) fue superado por todos los tratamientos.

Longitud de raíz

La longitud de la raíz varió de 35.3 a 40.75 cm. a partir del primer muestreo destructivo en todos los tratamientos con y sin nitrógeno. El primer dato de longitud de raíz se realizó en el primer muestreo destructivo a las plántulas al momento del trasplante y midieron 7.1 cm. promedio. En el primer corte (30 días) el crecimiento de las raíces en su longitud alcanzaba casi su máximo crecimiento tanto con N y sin N en la fertilización (promedio de 35 cm.) y al siguiente corte a los 60 días, el promedio máximo alcanzado fue de 42 cm.

De acuerdo a los resultados del ANVA (A25) la diferencia entre la variable longitud de raíz donde se encontraron diferencias significativas, no se debió a la inoculación con cepa (Factor C) ni a la inoculación con micorriza (Factor M) y si se debió a la fertilización con nitrógeno durante las diferentes fechas de corte (F). La inhibición de la elongación radical no está necesariamente correlacionada con la inhibida toma de nutrientes minerales (Marschner 1997). Para la variable de longitud de raíz (LAR) la fertilización nitrogenada y la fecha de corte (F) influyeron significativamente en la longitud de raíz, debido al efecto de la solución nitrogenada así como al efecto de la fecha de corte (evaluación). La inoculación con cepa bacteriana y con micorriza no influyó en la longitud de raíz y tampoco a las interacciones (C, N, M y F).

De acuerdo a la Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) los tratamientos que tuvieron la mayor longitud de raíz fueron los fertilizados con N en la solución nutritiva. Además es importante señalar que se observó en los tratamientos fertilizados con N y con micorriza un desarrollo abundante de las raíces adventicias y pelos absorbentes en comparación con los fertilizados sin N (Cuadro 24). La profundidad de las raíces en los suelos puede limitar la productividad relativa, si su exploración para la absorción se limita a 30 cm. entonces esta productividad relativa será de un 35%, por otro lado el uso de micorrizas así como PGPR favorecen a la planta tanto para alcanzar los nutrientes así como para obtenerlos de forma asimilable, esto debido a la interacción entre las raíces y los microorganismos biofertilizados.

Cuadro 24. Efecto de la bioinoculación en la longitud de raíz de chile mirasol con dos cepas bacterianas diazotróficas, un hongo micorrízico *Glomus intraradices* y bajo dos niveles de fertilización.

Tratamientos	Longitud de raíz
Solución nutritiva	Media
Con nitrógeno	41.31 a
Sin nitrógeno	37.70 b
DMS	2.03

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey ($\alpha=0.05$). DMS= Diferencia mínima significativa

CONCLUSIONES

La biofertilización bacteriana y micorrízica afectó el contenido y movimiento de N en la planta, solamente cuando hubo ausencia de este nutrimento en el sustrato. Cuando los requerimientos de N fueron cubiertos, el efecto de la bioinoculación no fue evidente.

La biofertilización bacteriana y micorrízica favorece el desarrollo de la planta y la producción de biomasa aérea en la etapa inicial de desarrollo, independientemente de la presencia o ausencia de N en el sustrato.

La biofertilización bacteriana y micorrízica favorece el desarrollo de la raíz (producción de materia seca y volumen), independientemente de las condiciones de N en el sustrato.

La cepa INI270901 con micorriza favoreció el desarrollo del volumen radical durante todo el desarrollo del cultivo con presencia o ausencia de N y la cepa INI1R2 la favoreció en las etapas de fructificación.

La biofertilización favoreció la producción de fruto, cuando los requerimientos fueron cubiertos con N la inoculación con micorriza fue evidente y en ausencia del N fue por las cepas diazotróficas.

LITERATURA CITADA

- Aguilera-Gómez, L.; Davies, F.T. Jr.; Duray, S.A.; Phavaphutanon, L.; Olalde Portugal, V. 1999. Influence of phosphorus and endomycorrhiza (*Glomus intraradices*) on gas exchange and plant growth of chile ancho pepper (*Capsicum annuum* cv. San Luis). *Photosynthetica*. República Checa. 441-449
- Azcón R. 2000. Papel de la simbiosis micorrízica y su interacción con otros microorganismos rizosféricos en el crecimiento vegetal y sostenibilidad agrícola. En: *Ecología, Fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular*. Eds. Alarcón y Ferrera-Cerrato. Mundi-Prensa. México.
- Bashan, Y. and Holguin, G. 1998. Proposal for the division of plant growth promoting rhizobacteria into two classifications: Biocontrol-PGPB and PGPB. In: *Soil Biology and Biochemistry*. Vol. 30, no. 8; p. 1225-1228
- Bashan, Y., Holguin, G. y R Ferrera-Cerrato. 1996. Interacciones entre plantas y microorganismos benéficos. *Terra* 14:159-193.
- Bohn, H.; McNeal, B., and O'Connor, G. 1985. *Soil chemistry*. New York: John Wiley and Sons. 341 p.
- Bowen, M. E. and Rovira A. D. 1999. Plant growth substances produced by microorganisms in soil and rhizosphere. *Journal of Applied Bacteriology* 35: 443-451.
- Brady, N. C. and Weil, R. R. 1999. *The nature and properties of soils*. 12th ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 881 p.
- Bremner, J.M. 1965. Total nitrogen. pp 1149-1178. In: C.A. Black (ed.). *Methods of soil analysis*. Part. 2. Agronomy 9. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.
- Brown, M.B.; Lales, E.H. Escano, C.S.; Pérez, A.M. 2000. Vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi as growth enhancer for pepper (*Capsicum frutescens* L.). *Proceedings of the 29th Annual Convention of the Philippine Society for Microbiology, Inc.* Quezon City (Filipinas). 172-176.
- Carrillo-García, A.; Bashan, Y.; Díaz, E., and Bethlenfalvay, G. J. 2000. Effects of resource-island soils, competition, and inoculation with *Azospirillum* on survival and growth of *Pachycereus pringlei*, the giant cactus of the Sonoran desert. In: *Restoration Ecology*. Vol. 8, no. 1; p. 65-73.
- Dell'Amico, J., Torrecillas, A., Rodríguez, P., Morte, A., Sánchez Blanco, M.J. 2002 Water and growth parameter responses of tomato plants associated with arbuscular mycorrhizae during drought and recovery. *EEUU. Journal of Agricultural Sciences* 138: 387-393
- Fixen, P. 1997. Cual es la mejor forma de aplicar fósforo al suelo. *Informaciones Agronómicas*. No.27.
- Garza, U. E., 2002. Manejo integrado de plagas del chile en la Planicie Huasteca.
- González, C. y R. Ferrera-Cerrato. 1994. Los hongos endomicorrizógenos en la producción de cultivos de interés ornamentales. *Chapingo. Serie Horticultura*. No. 1.
- Germida, J. J. and Walley, F. L. 1996. Plant growth promoting rhizobacteria alter rooting patterns and arbuscular mycorrhizal fungi colonization of fields-grown spring wheat. In: *Biology and Fertility of Soils*. 23 (2): 113-120.
- Gilbert, G. S.; Handelsman, J. and Parke, J. L. 1994. Root camouflage and disease control. *Phytopathology*. 84: 222-225.
- Graham, R. D. and Webb, M. J. 1991. Micronutrients and plant disease resistance and tolerance in plants. p. 329-370. WI: Soil Science Society of America, (Books series No. 4).

- Guzmán, M. P. 2002. Acondicionamiento nutritivo en semilleros y respuestas postrasplante en hortalizas. Departamento de producción vegetal, Universidad de Almería, España. P 10-11.
- Havlin, J.; Beaton, J.; Tisdale, S. L. and Osorio, N. W. 1999. Soil fertility and fertilizers. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. 499 p.
- Kim, K. Y.; McDonald, G. A., and Jordan, D. 1997. Solubilization of hydroxyapatite by *Enterobacter agglomerans* and cloned *Escherichia coli* in culture medium. In: Biology and Fertility of Soils. Vol. 24, no. 4; p. 347-352.
- Kim, K. Y.; Jordan, D., and McDonald, G. A. 1998a. Effect of phosphate solubilizing bacteria and vesicular arbuscular mycorrhizae on tomato growth and soil microbial activity. In: Biology and Fertility of Soils. Vol. 26, no. 2; p. 79-87.
- Koide, R.T. 1991. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. *New Phytol.* 117: 365-386.
- Linderman, R. G. 1988. Mycorrhizal interaction with the rhizosphere microflora: The mycorrhizosphere effect. In: *Phytopathology*, 78, no. 3; p. 366-371.
- Lindsay, W. 1979. Chemical equilibria in soils. New York: John Wiley and Sons. 449 p.
- Loredo O. C. 2004. Biofertilización bacteriana del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en el Altiplano Potosino. Colegio de Postgraduados. Montecillo. Edo. México.
- Loredo Osti C. López-Reyes L y Espinosa-Victoria D. 2004. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: una revisión. *Terra Latinoamericana Volumen 22 Número 2.* pp 225-239.
- Martínez, G. M. A. 2002. El cultivo del chile guajillo con fertirrigación en el Altiplano Potosino de San Luis Potosí. S.L.P., México. Folleto Técnico 12p.
- Marschner, H. y B. Dell. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant Soil.* 159. 89-102.
- Marschner H. 1997. Mineral nutrition of higher plants. Second edition. 889 pp. London: Academic Press.
- Melgares de Aguilar J., González-Martínez D., Gutiérrez, A. Honrubia, M., Morte, A. 2004. Efectos del hongo endomicorrícico *Glomus intraradices* en el cultivo ecológico de lechuga tipo Iceberg. VI Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica, Almería.
- Miller, M. H., T. P. Mc. Gonigle y H. O. Addy. 1995. Functional ecology of vesicular arbuscular micorrizas as influence by phosphate fertilization and tillage in agricultural ecosystem. *Ecological applications.* 5 (3): 776-778, Neilands.
- Mills, H.A. and J. B. Jones Jr. 1996. *Plant Analysis Handbook II* MicroMacro Publishing, Inc. Athens, Georgia, USA.
- Ochoa, G., A. Robledo y C. Arango. 1992. Interacción entre *Rhizobium* y Micorrizas Vesículo arbuscular en soya. *Agronomía* 5(1):20-23,
- Osorio N. W. 2007. A review on beneficial effects of rhizosphere bacteria on soil nutrient availability and plant nutrient uptake. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias. A. 3840, Medellín, Colombia. *Rev. Fac. Nat. Agr. Medellín.* Vol.60, No.3640 1. p.3621-3643.
- Ramiro, C. A. 2001. Nuevas variedades de chile mirasol (*Capsicum annuum* L.) para el norte-centro de México. San Luis Potosí, México. Folleto Técnico 14 p.
- Ruiz-Lozano, J.M., Gómez, M., Núñez, R. y Azcón, R. 2000. Mycorrhizal colonization and drought stress affect ¹³C in ¹³CO₂-labeled lettuce plants. *Dinamarca. Physiologia Plantarum* 109: 268-273.

- Rovira, A. D. 1963. Microbial inoculation of plants. Part I. Establishment of freeliving nitrogen fixing bacteria in the rhizosphere and their effects on maize, tomato, and wheat. In: Plant and Soil. Vol. 19, no. 1; p. 304-314.
- Sánchez, G. P., L. I. Trejo T., Y. L. Fernández P. 2001. Manual de prácticas de nutrición vegetal. EDA-651. Colegio de Postgraduados. Especialidad de Edafología. Área de nutrición vegetal. 32 p.
- Sánchez, G. P., C. Molinos Da S., G. Alcántar G. y M. Sandoval V. 2007. Diagnóstico nutrimental en plantas. In: Alcántar G. G., L. I. Trejo T. (eds). Nutrición de cultivos. Colegio de Postgraduados. 1ª edición. México. p 202-247.
- SAS, 1989. SAS/STAT Users Guide. Release 6.12 ed. Statistical Analysis System Institute, Inc., Cary, N.C.
- SIACON 2002. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta, (1982-2002).
- Siqueira, J. O. y A. A. Franco. 1988. Biotecnología do solo. Fundamentos e Perspectivas. MEC-ESAL-ABEAS. Brasilia D.F. 235p
- Sreenivasa, M. and Krishnaraj, M. 1992. Synergistic interaction between VA mycorrhizal fungi and a phosphate solubilizing bacterium in chili. In: Zentralblatt fur mikrobiologie. Vol. 147, no. 1-2; p. 126-130.
- Terry, E A.. 1998. Efectividad agronómica de biofertilizantes en el cultivo del tomate. Tesis de Master en Ciencias Agrícolas. ISCAH.
- Whitelaw, M. A. 2000. Growth promotion of plants inoculated with phosphate solubilizing fungi. In: Advances in Agronomy. Vol. 69; p. 99- 151.

ANEXOS

A1. Preparación de las soluciones madre de macronutrientes y hierro (Sánchez *et al*, 2001)

Reactivo	Concentración (N)	g l ⁻¹	Cantidad (litros)
Ca(NO ₃) ₂ 4H ₂ O	1	118.08	2
KNO ₃	1	101.11	1
KSO ₄	0.5	43.57	2
MgSO ₄ 7H ₂ O	1	123.24	1
KH ₂ PO ₄	1	136.09	1
H ₂ SO ₄	1	26.65 ml	1
Fe-EDTA	5000 ppm		

Se preparara cada solución madre por separado, utilizando agua destilada, conservándose en frascos ámbar.

El Fe-EDTA se preparara a partir de EDTA libre de acuerdo al siguiente procedimiento:

En un vaso de precipitado (solución 1) con 500 ml de agua a 30°C, se agregar 100ml de NaOH 1N y enseguida se disuelven 33.33 g de EDTA-2Na.

En otro vaso de precipitado (solución 2), conteniendo 300 ml de agua destilada a 70° C, se vierten 4 ml de H₂SO₄ 1N y se disuelven 24.9 gr de FeSO₄·7H₂O

Se mezclan las soluciones 1 y 2 y se afora la solución resultante a 950 ml, se coloca en un recipiente que no permita la entrada de luz y se oxigena por 12 horas (hasta que la solución adquiera un color café oscuro). Después de este periodo, se afora a un litro.

La concentración de Fe EDTA corresponde a 5000 ppm de Fe.

Al preparar las soluciones nutritivas, se agregan 1 ml de Fe-EDTA por cada litro de solución para obtener una concentración de 5 ppm de Fe-EDTA en la solución nutritiva.

A2. Preparación de la mezcla de micronutrientes (Sánchez *et al.*, 2001)

Sal	Cantidad g l ⁻¹	Observaciones
H ₃ BO ₃	2.88	La cantidad total (5.181 g) de la mezcla de los nutrientes se disuelve en un litro de agua destilada. Al preparar las soluciones nutritivas es necesario agregar 1 ml de la mezcla de micronutrientes por cada litro de solución
MnSO ₄ .H ₂ O	1.81	
ZnSO ₄ .7H ₂ O	0.22	
CuSO ₄ .5H ₂ O	0.18	
NaMoO ₄ .2H ₂ O	0.035	
CoCl ₂ .6H ₂ O	0.034	
NiCl ₂	0.22	
TOTAL	5.181	
Agua destilada	1 litro	

A3. Guía para la preparación de las soluciones nutritivas (Sánchez, *et al.*, 2001)

Solución madre	N	meq l ⁻¹	ml l ⁻¹
SOLUCION NUTRITIVA CON N			
Ca(NO ₃) ₂ 4H ₂ O	1	9	9
KNO ₃	1	3	3
K ₂ SO ₄	0.5	3	6
KH ₂ PO ₄	1	1	1
MgSO ₄ 7H ₂ O	1	4	4
Mezcla de micronutrientes	-	-	1
Fe-EDTA	-	-	0.5
SOLUCION NUTRITIVA SIN N			
K ₂ SO ₄	0.5	2	4
MgSO ₄ 7H ₂ O	1	3	3
KH ₂ PO ₄	1	2	2
CaSO ₄ 2H ₂ O	-	8	0.688g
Mezcla de micronutrientes	-	-	1
Fe-EDTA	-	-	0.5

A4. Análisis de varianza en la primera fecha de muestreo (30 DDT) del contenido de nitrógeno en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización nitrogenada.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F
Tratamientos	11	5.2503	0.4773	9.39	0.0003 **
Cepa (C)	2	0.0779	0.0389	0.77	0.4864
Micorriza (M)	1	0.0151	0.0151	0.30	0.5958
Nitrógeno (N)	1	4.9544	4.9544	97.46	0.0001 **
C*M	2	0.0093	0.0047	0.09	0.9129
C*N	2	0.1526	0.0763	1.50	0.2619
M*N	1	0.0409	0.0409	0.80	0.3875
C*M*N	2	0.0000	0.0000	0.00	0.9999
Error	12	0.6100	0.0508		
Total	23	5.8603			
	C.V.	11.0675			

A5. Análisis de varianza en la segunda fecha de muestreo (60 DDT) del contenido de nitrógeno en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización nitrogenada.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F
Tratamientos	11	6.8751	0.6250	8.47	0.0004 **
Cepa (C)	2	0.0182	0.0091	0.12	0.8852
Micorriza (M)	1	0.1597	0.1597	2.16	0.1670
Nitrógeno (N)	1	6.0557	6.0557	82.09	0.0001 **
C*M	2	0.1040	0.0520	0.71	0.5134
C*N	2	0.2745	0.1372	1.86	0.1978
M*N	1	0.2085	0.2085	2.83	0.1186
C*M*N	2	0.0546	0.0273	0.37	0.6984
Error	12	0.8853	0.0738		
Total	23	7.7604			
	C.V.	17.3295			

A6. Análisis de varianza en la tercera fecha de muestreo (90 DDT) del contenido de nitrógeno en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización nitrogenada.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F
Tratamientos	11	16.2120	1.4738	59.82	0.0001 **
Cepa (C)	2	0.1082	0.0541	2.20	0.1539
Micorriza (M)	1	0.0043	0.0043	0.18	0.6825
Nitrógeno (N)	1	15.2478	15.2478	618.86	0.0001 **
C*M	2	0.1163	0.0581	2.36	0.1367
C*N	2	0.0658	0.0329	1.34	0.2994
M*N	1	0.2236	0.2236	9.07	0.0108 **
C*M*N	2	0.4461	0.2230	9.05	0.0040 **
Error	12	0.2957	0.0246		
Total	23	16.5077			
	C.V.	9.0174			

A7. Análisis de varianza en la cuarta fecha (130 DDT) de muestreo del contenido de nitrógeno en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización nitrogenada.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F
Tratamientos	11	14.8509	1.3501	10.23	0.0002 **
Cepa (C)	2	0.0936	0.0468	0.35	0.7085
Micorriza (M)	1	0.3669	0.3669	2.78	0.1213
Nitrógeno (N)	1	12.8342	12.8342	97.25	0.0001 **
C*M	2	0.3673	0.1837	1.39	0.2860
C*N	2	0.2398	0.1199	0.91	0.4292
M*N	1	0.2452	0.2452	1.86	0.1978
C*M*N	2	0.7039	0.3519	2.67	0.1101
Error	12	1.5837	0.1320		
Total	23	16.4346			
	C.V.	21.9703			

A8. Análisis de varianza en la quinta fecha (160 DDT) de muestreo del contenido de nitrógeno en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización nitrogenada.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F
Tratamientos	11	13.3347	1.2122	7.55	0.0008 **
Cepa (C)	2	0.2590	0.1295	0.81	0.4691
Micorriza (M)	1	0.0003	0.0003	0.00	0.9645
Nitrógeno (N)	1	12.4414	12.4414	77.53	0.0001 **
C*M	2	0.0867	0.0434	0.27	0.7677
C*N	2	0.2193	0.1096	0.68	0.5236
M*N	1	0.0225	0.0225	0.14	0.7143
C*M*N	2	0.3055	0.1527	0.95	0.4134
Error	12	1.9257	0.1605		
Total	23	15.2604			
	C.V.	24.5679			

A9. Análisis de varianza de la relación de nitrógeno hoja apical/hoja basal en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F
Tratamientos	11	36.0473	3.2770	8.52	0.0001 **
Cepa (C)	2	1.5554	0.7777	2.02	0.1373
Micorriza (M)	1	1.0237	1.0237	2.66	0.1057
Nitrógeno (N)	1	27.3435	27.3435	71.11	0.0001 **
C*M	2	0.9888	0.4944	1.29	0.2806
C*N	2	2.7455	1.3727	3.57	0.0315 **
M*N	1	1.8928	1.8928	4.92	0.0286 **
C*M*N	2	0.4976	0.2488	0.65	0.5256
Error	108	41.5268	0.38451		
Total	119	77.5741			
	C.V.	34.0394			

A10. Análisis de varianza del contenido de nitrógeno a los 30 DDT de la relación hoja apical/hoja basal en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F
Tratamientos	11	0.2406	0.0219	1.09	0.4398
Cepa (C.)	2	0.0537	0.0268	1.34	0.2988
Micorriza (M)	1	0.0222	0.0222	1.11	0.3133
Nitrógeno (N)	1	0.0376	0.0376	1.88	0.1959
C*M	2	0.0172	0.0086	0.43	0.6604
C*N	2	0.0575	0.0288	1.43	0.2765
M*N	1	0.0009	0.0009	0.05	0.8321
C*M*N	2	0.0513	0.0257	1.28	0.3138
Error	12	0.2408	0.0201		
Total	23	0.4813			
	C.V.	11.4810			

A11. Análisis de varianza de la relación nitrógeno hoja apical/hoja basal en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización a los 60 DDT

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F
Tratamientos	11	4.0177	0.3652	2.39	0.0753 *
Cepa (C.)	2	0.4773	0.2386	1.56	0.2501
Micorriza (M)	1	0.0633	0.0633	0.41	0.5322
Nitrógeno (N)	1	2.2596	2.2596	14.76	0.0023 **
C*M	2	0.1651	0.0826	0.54	0.5966
C*N	2	0.8005	0.4002	2.61	0.1141
M*N	1	0.1489	0.1489	0.97	0.3435
C*M*N	2	0.1031	0.0515	0.34	0.7207
Error	12	1.8368	0.1531		
Total	23	5.8546			
	C.V.	20.43198			

A12. Análisis de varianza de la relación nitrógeno hoja apical/hoja basal en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización a los 90 DDT

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F
Tratamientos	11	15.0354	1.3669	11.10	0.0001 **
(C) Cepa	2	0.3184	0.1592	1.29	0.3101
(M) Micorriza	1	1.2362	1.2362	10.04	0.0081 **
(N) Nitrógeno	1	10.7277	10.7277	87.13	0.0001 **
C*M	2	0.0469	0.0235	0.19	0.8289
C*N	2	0.4376	0.2188	1.78	0.2109
M*N	1	1.6134	1.6134	13.10	0.0035 **
C*M*N	2	0.6551	0.3276	2.66	0.1106
Error	12	1.4775	0.1231		
Total	23	16.5129			
	C.V.	17.7226			

A13. Análisis de varianza de la relación nitrógeno hoja apical/hoja basal en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización a los 130 DDT.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F
Tratamientos	11	23.7457	2.1587	5.62	0.0030 **
(C) Cepa	2	1.0803	0.5402	1.41	0.2825
(M) Micorriza	1	1.7459	1.7459	4.55	0.0543
(N) Nitrógeno	1	12.5349	12.5349	32.65	0.0001 **
C*M	2	2.7537	1.3769	3.59	0.0601
C*N	2	1.9290	0.9645	2.51	0.1226
M*N	1	1.0684	1.0684	2.78	0.1211
C*M*N	2	2.6334	1.3167	3.43	0.0664
Error	12	4.6067	0.3839		
Total	23	28.3524			
	C.V.	30.30			

A14. Análisis de varianza de la relación nitrógeno hoja apical/hoja basal en chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización a los 160 DDT

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F
Tratamientos	11	13.5487	1.2317	6.69	0.0014 **
Cepa (C.)	2	0.5095	0.2548	1.38	0.2879
Micorriza (M)	1	0.0544	0.0544	0.30	0.5968
Nitrógeno (N)	1	10.1351	10.1351	55.05	0.0001 **
C*M	2	0.3762	0.1881	1.02	0.3892
C*N	2	1.2888	0.6444	3.50	0.0635
M*N	1	0.1689	0.1689	0.92	0.3570
C*M*N	2	1.0159	0.5079	2.76	0.1033
Error	12	2.2091	0.1841		
Total	23	15.7579			
C.V.		22.17			

A15. Análisis nutrimental de las plantas Chile Guajillo "Don Ramón"

Identificación	Org. Muestreo	Nitrógeno Total %	Fósforo %	Potasio %	Calcio %	Magnesio %	Azufre %	Hierro ppm	Zinc ppm	Manganeso ppm	Cobre ppm
Micoriza SC	HOJA	2,82	0,18	4,49	1,34	0,44	0,40	70,1	226	84,1	6,07
Micoriza SC	HOJA	2,68	0,18	4,67	1,38	0,48	0,40	68,8	193	98,6	6,31
INI1R2 + Micorriza SC	HOJA	2,54	0,14	4,27	1,47	0,49	0,43	71,0	334	97,0	5,78
INI1R2 + Micorriza SC	HOJA	2,62	0,14	4,85	1,23	0,45	0,45	59,0	258	98,0	6,35
INI-270901 + Micorriza SC	HOJA	2,67	0,20	4,99	1,69	0,52	0,47	68,3	440	136	6,57
INI-270901 + Micorriza SC	HOJA	2,68	0,22	5,80	1,56	0,52	0,48	63,2	199	117	5,36
Testigo S/Inocular SC	HOJA	2,75	0,11	5,24	1,58	0,52	0,47	71,2	239	85,4	4,86
Testigo S/Inocular SC	HOJA	2,54	0,09	3,56	1,07	0,34	0,36	54,7	198	43,9	4,80
INI1R2 SC	HOJA	2,51	0,13	4,24	1,53	0,54	0,38	64,2	197	92,7	6,85
INI1R2 SC	HOJA	2,41	0,09	4,15	1,58	0,52	0,40	57,2	184	78,5	7,31
INI-270901 SC	HOJA	2,79	0,11	4,76	1,69	0,56	0,41	71,2	273	73,4	5,30
INI-270901 SC	HOJA	2,72	0,14	4,14	1,36	0,44	0,47	51,4	230	76,9	5,18
Micoriza SSN	HOJA	1,19	0,52	3,41	1,34	0,60	0,50	74,6	105	57,9	4,18
Micoriza SSN	HOJA	1,04	0,59	3,89	1,31	0,56	0,56	94,4	112	58,1	4,74
INI1R2 + Micorriza SSN	HOJA	1,09	0,58	3,79	1,27	0,63	0,45	88,7	99,6	50,6	6,36
INI1R2 + Micorriza SSN	HOJA	1,26	0,70	4,02	1,37	0,66	0,50	96,9	118	63,7	5,60
INI-270901+ Micorriza SSN	HOJA	1,00	0,61	3,63	1,20	0,61	0,47	104	93,3	59,8	3,84
INI-270901+ Micorriza SSN	HOJA	1,03	0,38	2,31	1,22	0,48	0,31	77,32	99,9	40,1	2,93
Testigo S/Inocular SSN	HOJA	1,21	0,67	3,81	1,42	0,74	0,57	99,4	119	66,1	4,86
Testigo S/Inocular SSN	HOJA	1,28	0,65	4,12	1,54	0,76	0,57	110	131	66,6	6,69
INI1R2 SSN	HOJA	1,07	0,61	3,66	1,20	0,50	0,52	91,3	76,6	60,0	3,50
INI1R2 SSN	HOJA	1,16	0,59	3,64	1,15	0,55	0,48	78,9	72,8	59,3	4,20
INI-270901 SSN	HOJA	1,16	0,63	3,90	1,43	0,66	0,52	63,6	82,0	64,5	6,41
INI-270901 SSN	HOJA	1,10	0,72	3,88	1,55	0,79	0,59	80,7	116	85,4	3,63

Nota: Fecha Reporte: 26/02/2008 por el Laboratorio Nacional de Suelos y Nutrición Vegetal del INIFAP, Chile guajillo mirasol Don Ramón, Mpio San Luis Potosí, S.L.P

A16. Análisis de varianza del rendimiento de fruto de chile mirasol en el primer corte, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* con fertilización sin N.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F
Tratamientos	5	12.2924	2.4585	0.89	0.5183
C (Cepa)	2	9.7900	4.8950	1.77	0.2122
M (Micorriza)	1	0.0347	0.0347	0.01	0.9127
C*M	2	2.4677	1.2338	0.45	0.6504
Error	12	33.2047	2.7671		
Total	17	45.4971			
	C.V.	166.2525			

A17 Análisis de varianza del rendimiento de fruto de chile mirasol en el segundo corte, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* con fertilización sin N.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F	
Tratamientos	5	78.8879	15.7776	4.25	0.0186	**
C (Cepa)	2	61.3666	30.6833	8.27	0.0055	**
M (Micorriza)	1	8.5560	8.5560	2.31	0.1547	
C*M	2	8.9652	4.4826	1.21	0.3324	
Error	12	44.4970	3.7081			
Total	17	123.3849				
	C.V.	48.4844				

A18. Análisis de varianza del rendimiento de fruto de chile mirasol en el tercer corte, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* con fertilización sin N.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F	
Tratamientos	5	36.5126	7.3025	3.01	0.0545	
C (Cepa)	2	27.3417	13.6709	5.64	0.0187	**
M (Micorriza)	1	5.2272	5.2272	2.16	0.1676	
C*M	2	3.9436	1.9718	0.81	0.4662	
Error	12	29.0742	2.4229			
Total	17	65.5868				
	C.V.	30.0880				

A19. Análisis de varianza del rendimiento de fruto de chile mirasol en el primer corte, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo fertilización con N.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F
Tratamientos	5	126.3493	25.2699	2.68	0.0754
C (Cepa)	2	28.2149	14.1075	1.49	0.2634
M (Micorriza)	1	74.7049	74.7049	7.91	0.0157 **
C*M	2	23.4294	11.7147	1.24	0.3238
Error	12	113.3026	9.4419		
Total	17	239.6519			
	C.V.	35.3801			

A20. Análisis de varianza del rendimiento de fruto de chile mirasol en el segundo corte, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* con fertilización con N.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F
Tratamientos	5	163.3268	32.6654	0.15	0.9746
C (Cepa)	2	162.2347	81.1174	0.38	0.6896
M (Micorriza)	1	0.0080	0.0080	0	0.9952
C*M	2	1.0840	0.5420	0	0.9974
Error	12	2539.3189	211.6099		
Total	17	2702.6457			
	C.V.	40.1427			

A21. Análisis de varianza del rendimiento de fruto de chile mirasol en el tercer corte, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* con fertilización con N.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F
Tratamientos	5	3391.13	678.23	3.51	0.0347 **
C (Cepa)	2	1350.48	675.24	3.49	0.0637
M (Micorriza)	1	1972.76	1972.76	10.21	0.0077 **
C*M	2	67.89	33.95	0.18	0.8410
Error	12	2318.61	193.22		
Total	17	5709.74			
	C.V.	19.35			

A22. Análisis de varianza del rendimiento de fruto de chile mirasol en el cuarto corte, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* con fertilización con N.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F
Tratamientos	5	4093.2084	818.6417	0.99	0.4658
C (Cepa)	2	3602.9958	1801.4979	2.17	0.1571
M (Micorriza)	1	377.2089	377.2089	0.45	0.5132
C*M	2	113.0037	56.5018	0.07	0.9346
Error	12	9970.7711	830.8976		
Total	17	14063.9795			
	C.V.	33.5772			

A23. Análisis de varianza del volumen radical de chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus intraradices* bajo dos niveles de fertilización.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F
Tratamientos	33	20742.04	628.55	10.56	0.0001 **
(C) Cepa	2	11.74	5.87	0.10	0.9062
(M) Micorriza	1	74.76	74.76	1.26	0.2644
(N) Nitrógeno	1	12221.57	12221.57	205.25	0.0001 **
(F) Corte	4	7163.34	1790.83	30.08	0.0001 **
C*M	2	139.13	69.57	1.17	0.3138
C*N	2	1.13	0.57	0.01	0.9905
C*F	8	460.79	57.60	0.97	0.4639
M*N	1	20.00	20.00	0.34	0.5631
M*F	4	11.62	2.90	0.05	0.9955
C*M*F	8	637.96	79.75	1.34	0.2286
Error	146	8693.42	59.54		
Total	179	29435.45			
	C.V.	40.81			

A24. Análisis de varianza de la biomasa radical de chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus* intraradices bajo dos niveles de fertilización.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F
Tratamientos	33	269.23	8.16	12.95	0.0001
(C) Cepa	2	1.32	0.66	1.05	0.3531
(M) Micorriza	1	1.61	1.61	2.56	0.1117
(N) Nitrógeno	1	127.61	127.61	202.57	0.0001 **
(F) Corte	4	119.93	29.98	47.59	0.0001 **
C*M	2	0.27	0.13	0.21	0.8083
C*N	2	0.70	0.35	0.56	0.5750
C*F	8	9.48	1.19	1.88	0.0671
M*N	1	2.10	2.10	3.33	0.0700
M*F	4	1.23	0.31	0.49	0.7435
C*M*F	8	4.98	0.62	0.99	0.4483
Error	146	91.98	0.63		
Total	179	361.21			
	C.V.	44.72			

A25. Análisis de varianza de la longitud de Raíz de chile mirasol, bioinoculado con dos cepas bacterianas diazotróficas y *Glomus* intraradices bajo dos niveles de fertilización.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F
Tratamientos	33	3000.11	90.91	1.91	0.0049 **
(C) Cepa	2	80.39	40.19	0.85	0.4315
(M) Micorriza	1	49.19	49.19	1.03	0.3108
(N) Nitrógeno	1	587.17	587.17	12.35	0.0006 **
(F) Corte	4	1251.08	312.77	6.58	0.0001 **
C*M	2	8.51	4.26	0.09	0.9144
C*N	2	8.91	4.45	0.09	0.9107
C*F	8	413.92	51.74	1.09	0.3748
M*N	1	40.99	40.99	0.86	0.3547
M*F	4	127.94	31.99	0.67	0.6120
C*M*F	8	432.01	54.00	1.14	0.3429
Error	146	6942.69	47.55		
Total	179	9942.81			
	C.V.	17.46			

