

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Efecto de Rizobacterias sobre los Caracteres Morfológicos  
de la Planta de Tomate Var. Río Grande

Por:

**JAVIER ALEJANDRO JIMÉNEZ ZAMBRANO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Efecto de Rizobacterias sobre los Caracteres Morfológicos  
de la Planta de Tomate Var. Río Grande

Por:

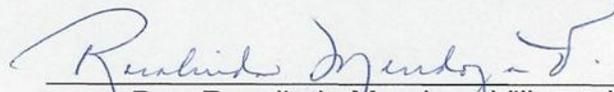
**JAVIER ALEJANDRO JIMENEZ ZAMBRANO**

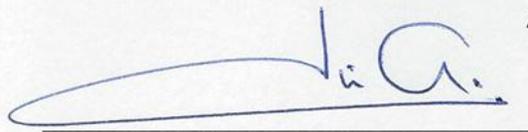
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

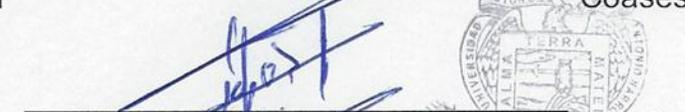
**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

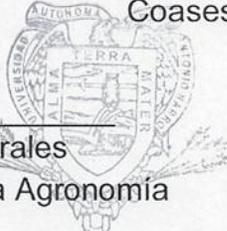
Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal  
Asesor Principal

  
Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar  
Coasesor

  
Dra. Francisca Ramírez Godina  
Coasesor

  
Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de la Agronomía



Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre 2015

## AGRADECIMIENTOS

A dios todopoderoso por darme la oportunidad de culminar esta gran etapa en la vida y por darme su sabiduría y entendimiento para seguir adelante.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por recibirme y abrirme sus puertas brindándome sus conocimientos e inculcándome valores, así como la oportunidad de formarme profesionalmente.

A la **Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal**, por su tiempo dedicado a esta investigación así como la confianza brindada para realizarla y por su sencillez mostrada durante este tiempo. ¡Muchas gracias!

Al **MC. Oscar Ávila Peralta**, por su valiosa aportación a este trabajo y el tiempo brindado durante este tiempo así como su paciencia prestada.

Al **Dr. Alberto Sandoval Rangel**, por su apoyo en estos últimos momentos para culminar mi carrera.

A la **Dra. Francisca Ramírez Godina**, por su valioso tiempo y al mismo tiempo por su conocimiento impartido en clase.

Al **Dr. Navarro**, por su ayuda durante mi estancia en mí Alma Terra Mater y su amistad brindada.

A la **Dra. Alejandra**, le doy las gracias por sus conocimientos brindados.

Al **MC. Oscar Ángel Sánchez Flores** por su apoyo en este trabajo y su amistad brindada por años.

Gracias a la laboratorista **Martina de la Cruz Casillas** del departamento de horticultura por su apoyo y material utilizado.

## DEDICATORIAS

A mi madre Leticia Zambrano Iturbide le doy gracias por darme la vida porque sin ella no estaría aquí y por su apoyo en todo momento, siempre estaré agradecido con mi madre por lo que fue y por lo que es gracias mama te quiero mucho y aunque hemos tropezado nunca me olvidare de usted y estoy muy orgulloso. La quiero mucho

A Cristóbal Robles García que es como mi segundo padre por su apoyo en el momento y por su atención a mi madre y mis hermanos gracias espero dios le de muchos años más de vida.

A mi padre Javier Jiménez Avalos que aunque no se encuentra conmigo sé que desde donde esta se encuentra muy orgulloso de mí, porque a pesar de todo salí adelante y él fue mi inspiración para hacerlo, aunque sabe los momentos difíciles que estoy pasando no he caído gracias papá.

A mis hermanos Cristóbal, Berenice y Nancy. Que me han acompañado en todo momento y porque hemos vivido un mundo difícil pero aquí estamos y están conmigo, espero que yo sea un ejemplo para ustedes para salir adelante cuídense y no se olviden de su hermano que los quiere mucho. A mi hermanita Lupita que aunque ya no estas con nosotros también eres parte de mi dedicatoria.

A mi esposa e hija Norma Chávez Torres y Mía Charlotte Jiménez Chávez, a ustedes les doy mil gracias porque me apoyaron en esta etapa muy difícil de culminar y porque ustedes apostaron por mi cuando nadie más lo hizo, las amo y dios sabe porque hace las cosas, ahora a echarle ganas y un paso adelante fue demostrar que si pudimos.

A mi abuela María del Refugio Iturbide Galicia que desde que tuve razón siempre estuvo a mi lado y nunca me ha dejado solo, para mí es mi segunda madre porque hasta en este momento me sigue apoyando la quiero mucho. Estaré agradecido toda la vida

Al Lic. Martin Chávez González y Eva Torres quienes son muy importantes en mi vida por su confianza, amistad, generosidad, apoyo y cuidados durante la culminación de mi carrera con ellos estaré agradecido toda la vida por su apoyo incondicional en todo momento. Muy agradecido con ustedes.

A mis tíos Carlos Cortez y Elizabeth Zambrano por su apoyo en el momento, por su amistad y sobre todo porque también fueron parte de este proyecto gracias muy agradecido toda la vida con ustedes y cuentan con migo.

A mi familia Lourdes, Jesús, Concepción, Alicia, Raúl, cuñados, por su apoyo en todo momento dios los bendiga y muchas gracias.

A mis compañeros y amigos Armando, Ismael, Javier, Víctor, Diego, Antonio, José Luis, Barbosa, Israel, Marco, Òscar Ángel y todos que me acompañaron durante mi estancia en la universidad, por los buenos y malos momentos que pasamos juntos gracias por su amistad.

Por siempre Buitres de la Narro.....

# ÍNDICE

ÍNDICE .....	vi
ÍNDICE DE CUADROS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
RESUMEN .....	xii
INTRODUCCIÓN .....	1
Objetivo General .....	3
Objetivos Específicos .....	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Origen del Tomate.....	4
Importancia del cultivo.....	4
El cultivo de tomate en invernadero .....	5
Ventajas y desventajas de producir tomate en invernadero y a campo abierto. ....	6
Clasificación taxonómica según Villarreal (2005) .....	6
Clasificación Agronómica .....	7
Determinadas .....	7
Indeterminadas .....	7
Calidad del Fruto .....	7
Requerimientos de cultivo .....	8
Fertilizantes .....	8
Biofertilizantes .....	9

Bacterias promotoras de crecimiento .....	10
Géneros más usados.....	10
Importancia.....	11
<i>Azospirillum</i> .....	12
Trabajos con <i>Azospirillum Azotobacter</i> y <i>Acetobacter</i> .....	13
VARIABLES MODIFICADAS CON LA APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTES .....	14
Biomasa.....	14
Altura de planta.....	15
Longitud de raíz .....	16
MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
Localización del área experimental .....	17
Descripción del experimento .....	17
Material vegetal .....	17
Siembra de la semilla .....	17
Trasplante.....	18
Fertirriego .....	18
Inoculación .....	18
Descripción de tratamientos .....	18
Diseño experimental.....	20
Variables evaluadas .....	20
Altura de planta.....	20
Diámetro de tallo.....	20
Longitud de raíz.....	20
Peso seco de planta y raíz .....	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
Diámetro de tallo .....	23
Longitud de raíz.....	25
Peso seco de raíz.....	27

Peso seco de planta .....	29
Biomasa total.....	31
CONCLUSIONES .....	33
LITERATURA CITADA.....	34
APÉNDICE.....	46

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Página</b>
1	Tratamientos evaluados en túnel con plantas de tomate. Var. Rio grande 19
1A	Efecto de la inoculación de bacterias en altura y diámetro de plantas de tomate cv. Rio grande. Inoculadas con 13 cepas de rizobacterias.....46
2A	Efecto de la inoculación de bacterias sobre longitud de raíz, peso seco de raíz, peso seco de planta y biomasa de planta, en plantas de tomate cv. Rio grande. Inoculadas con 13 cepas de rizobacterias. ....47
3A	Análisis de varianza de altura de planta de tomate lectura 1 (APTL1). Inoculadas con 13 cepas de rizobacterias.....48
4A	Análisis de varianza de altura de planta de tomate lectura 2 (APTL2). Inoculadas con 13 cepas de rizobacterias.....48
5A	Análisis de varianza de altura de planta de tomate lectura 3 (APTL3). Inoculadas con 13 cepas de rizobacterias.....48
6A	Análisis de varianza del diámetro de tallo del tomate lectura 1 (DTTL1). Inoculadas con 13 cepas de rizobacterias.....48
7A	Análisis de varianza del diámetro de tallo del tomate lectura 2 (DTTL2). Inoculadas con 13 cepas de rizobacterias.....49
8A	Análisis de varianza del diámetro de tallo del tomate lectura 3 (DTTL3). Inoculadas con 13 cepas de rizobacterias.....49
9A	Análisis de varianza de la longitud de raíz de tomate (LRT). Inoculadas con 13 cepas de rizobacterias.....49

10A	Análisis de varianza del peso seco de raíz de tomate (PSRT). Inoculadas con 13 cepas de rizobacterias.....	50
11A	Análisis de varianza de peso seco de planta de tomate (PSPT). Inoculadas con 13 cepas de rizobacterias.....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Efecto de bacterias rizosféricas en la altura de plantas de tomate var. Rio grande.....	22
2	Efecto de la inoculación de bacterias rizosféricas en el diámetro de tallo en plantas de tomate var. Rio grande.....	24
3	Efecto de la inoculación de bacterias rizosféricas en la longitud de raíz en plantas de tomate var. Rio grande.....	26
4	Efecto de la inoculación de bacterias rizosféricas en el peso seco de raíz en el cultivo de tomate variedad Rio grande.....	28
5	Efecto de la inoculación de bacterias rizosféricas en el peso seco de planta en el cultivo de tomate var. Rio grande.....	30
6	Efecto de la inoculación de bacterias rizosféricas en la biomasa total en plantas de tomate var. Rio grande.....	32

Correo electronico; Javier Alejandro Jiménez Zambrano, [javi\\_secret09@hotmail.com](mailto:javi_secret09@hotmail.com)

## RESUMEN

El campo necesita utilizarse de forma responsable y sustentable a través de tecnologías que favorezcan la productividad y calidad de los cultivos, encontrando microorganismos del suelo responsables de transformación y desarrollo. Entre los beneficios del uso de microorganismos están: su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, descomposición de residuos orgánicos, aporte de nutrientes al suelo y la producción de compuestos bioactivos como vitaminas y hormonas que estimulan el crecimiento de las plantas.

Por tal motivo el presente estudio tuvo como objetivo efecto de la inoculación de *Azospirillum*, *Acetobacter sp* y *Azotobacter*, en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum L.*), variedad Rio Grande sobre los caracteres morfológicos: altura de planta, grosor de tallo, longitud de raíz y biomasa total.

El experimento consistió en estudiar la inoculación con *Azospirillum*, *Acetobacter* y *Azotobacter* de  $10^8$  ufc ml<sup>-1</sup> y la aplicación del 100% al Testigo y 50% a los tratamientos de Nitrógeno, con 14 tratamientos y 3 repeticiones. El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completamente al azar, los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias fue de acuerdo con Tukey ( $P\alpha \leq 0.05$ ) donde indica que la aplicación de *Azospirillum* ( $10^8$  ufc ml<sup>-1</sup>) de rizósfera de nopal con el 50 % de N incrementa la altura de planta, sin embargo para diámetro de tallo a los 12 y 24 días no hubo diferencia significativa, en cambio a los 36 días con la aplicación de *Azospirillum* ( $10^8$  ufc ml<sup>-1</sup>) de rizósfera de chile y nopal con el 50 % de N y el testigo sin la aplicación de *Azospirillum* con 100 % de N obtuvieron los mejores resultados, con el 50 % de N con *Azospirillum* y *Acetobacter sp* ( $10^8$  ufc ml<sup>-1</sup>) de rizósfera de nopal se incrementó la longitud de raíz y con la aplicación de *Azospirillum* ( $10^8$  ufc ml<sup>-1</sup>) de rizósfera de nopal con el 50 % de N obtuvo resultados positivos para la biomasa total de la planta de tomate. Esto indica que *Azospirillum* y *Acetobacter* ( $10^8$  ufc ml<sup>-1</sup>) de rizósfera de nopal y chile con el 50% de N tienen efectos positivos en calidad de planta de tomate var. Río Grande

**Palabras clave:** *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Acetobacter sp*, tomate.

## INTRODUCCIÓN

El tomate o jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), es la hortaliza más cultivada en todo el mundo y la de mayor valor económico, siendo el segundo cultivo más importante de todas las hortalizas a nivel mundial, junto con la papa (*Solanum tuberosum*). Su demanda aumenta continuamente y con ella su producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento, y en menor proporción al aumento de la superficie. En el año 2013, se alcanzó una producción mundial de 160 millones de ha, a partir de 4.73 millones de ha cosechadas FAOSTAT (2013); mientras que en México se obtuvo una producción total de 2.7 millones de toneladas, en una superficie sembrada de 48 mil ha, teniendo un rendimiento de 57.21 ton/ha, con un valor de 15, 045, 508.72 pesos, en la modalidad riego más temporal SIAP (2013). Dentro del sistema de producción de este cultivo, los fertilizantes químicos tienen un papel importante porque incrementan los rendimientos, además, este tipo de fertilización es la forma más conocida, empleada y la manera más rápida de reponer los nutrientes perdidos del suelo; sin embargo, su costo es cada vez más elevado e inalcanzable para el pequeño productor, ya que entre el 10 y 25 % del valor total de producción es por fertilizantes químicos Salgado *et al.*, (2010). Así mismo, la evidente degradación de los recursos naturales debido a las actividades agrícolas Santillana (2006) y el uso indiscriminado de productos químicos conllevan a tener diferentes alternativas en la producción, por lo que un elemento tecnológico que coadyuve a la sustentabilidad en el sistema agrícola es importante porque promueve la sanidad de los cultivos y reduce la utilización de agroquímicos sintéticos Díaz-Franco *et al.*, (2012).

En este sentido los biofertilizantes pueden ser una alternativa, estos pueden ser de origen vegetal o microbiológico, son aplicados al suelo, plantas y/o semillas con el fin de sustituir la fertilización química y sintética Armenta *et al* (2010), además promueven tejido vascular asociado con la raíz de la planta favoreciendo el desarrollo de la misma Pajarito-Ravelero (2012) y por consiguiente una disminución en la contaminación por agroquímicos. En este contexto la agricultura moderna intensiva de los países subdesarrollados, deben tener una tendencia a combinar la utilización de biofertilizantes de origen microbiano debido a que los procesos microbiológicos tienen la ventaja de ser tecnologías limpias “no contaminantes del medio ambiente” Martínez (1994). Por lo anterior, y aprovechando los microorganismos que habitan en la rizósfera del suelo en estrecha relación con la planta (Vergara, 1990), se han obtenido cepas de *Azospirillum*, *Azotobacter* y *Acetobacter sp*, de diferentes cultivos para evaluar el efecto de estas sobre los caracteres morfológicos de la planta del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) Variedad Río Grande bajo cubierta.

## **Objetivo General**

- Evaluar el efecto de *Azospirillum*, *Azotobacter*, y *Acetobacter sp*, sobre los caracteres morfológicos de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) variedad Río Grande bajo cubierta plástica.

## **Objetivos Específicos**

- Analizar la altura de la planta, grosor de tallo, longitud de raíz y biomasa total en las plantas de tomate (*Solanum Lycopersicum L.*) var. Río grande bajo cubierta plástica. Inoculadas con las cepas *Azospirillum*, *Azotobacter* y *Acetobacter*.
- Identificar las cepas que indujeron mejor desarrollo de las plantas de tomate (*Solanum Lycopersicum L.*) var. Río grande bajo cubierta plástica.

## **Hipótesis**

Al menos una de las cepas de *Azospirillum*, *Azotobacter* y *Acetobacter sp* mejorará los caracteres morfológicos del cultivo de tomate.

# REVISIÓN DE LITERATURA

## Origen del Tomate

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de las solanáceas. El origen del género *Lycopersicum* sp. se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile, fue llevado por los distintos pobladores de un extremo a otro, extendiéndolo así por todo el continente (Esquinas *et al.*, 2001).

El centro de domesticación del tomate ha sido controvertido; sin embargo, se cree que el origen de su domesticación es México, porque existe mayor similitud entre los cultivares europeos y los silvestres de México que con los de la zona andina. A la llegada de los españoles a América el tomate estaba integrado a la cultura Azteca. Además el nombre moderno tiene su origen en la lengua náhuatl de México donde se le llamaba "tomatl" (Esquinas y Nuez, 2001; Rodríguez *et al.*, 2001).

## Importancia del cultivo

Los frutos poseen cualidades muy esenciales para adecuarse a la dieta alimenticia, para su consumo en fresco o procesado, representa una rica fuente de sales minerales y de vitaminas A y C principalmente, además de utilizarse en la industria cosmética, farmacéutica y ornamental. Su popularidad se debe al aceptable sabor y disponibilidad del fruto en una amplia gama de ambientes, así como a su facilidad para ser cultivado (Cruz, 2007).

La planta es potencialmente perenne y muy sensible a las heladas, lo que determina su ciclo anual, de distinta duración según la variedad (Rodríguez *et al.*, 2001).

Es utilizado para ensaladas y jugo en fresco, en la industria alimenticia se utiliza en diversas formas; purés, jugos, conserva, salsas, saborizantes, entre otros (SAGARPA, 2014).

### **El cultivo de tomate en invernadero**

Es el segundo cultivo más importante de todas las hortalizas a nivel mundial, es claro que el tomate, es uno de los cultivos hortícolas más importantes de nuestro país, debido al valor de su producción, mano de obra y generación de divisas. En el año 2013, se alcanzó una producción mundial de 160 millones de ha, a partir de 4.73 millones de ha cosechadas (FAOSTAT, 2013)

En invernadero, produce de tres a cuatro veces más, aún en épocas críticas, que los cultivos desarrollados a campo abierto en condiciones normales. La alta productividad, asociada a la posibilidad de producción y comercialización en la época más oportuna, compensa la inversión inicial, con ganancias adicionales para el productor. El manejo del cultivo es la clave para obtener altos rendimientos y calidad del fruto (Castellanos, 2011).

## **Ventajas y desventajas de producir tomate en invernadero y a campo abierto**

La producción bajo invernadero presenta algunas ventajas en comparación con la producción al aire libre (Bot, 2003). Mediante el uso de técnicas de cultivo sin suelo, se reduce la posibilidad de infecciones por patógenos edáficos (Gruda, 2005). Por otro lado, bajo invernadero se pueden minimizar muchas enfermedades fisiológicas y otros problemas abióticos debido a un cambio correcto de cultivar con características de resistencia.

A pesar de las ventajas en comparación con la producción al aire libre, los invernaderos nunca están completamente libres de la influencia de situaciones de estrés, especialmente con respecto al calor y la energía luminosa (Peet, 1999; tognoni *et al*, 1999).

Además, los vegetales cultivados en invernadero suelen ser más sensibles a enfermedades que los plantados en el campo (Gruda, 2005).

### **Clasificación taxonómica según Villarreal (2005)**

Reino: Metaphyta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Lycopersicon*

Especie: *L. esculentum* Mill

## **Clasificación Agronómica**

### **Determinadas**

Las plantas determinadas son de tipo arbustivo, de porte bajo, pequeñas y de producción precoz, se caracteriza por la forma de inflorescencia en el extremo del ápice.

### **Indeterminadas**

La planta de tipo indeterminada crece hasta alturas de dos metros, o más, según el entutorado que se aplique. El crecimiento vegetativo es continuo. Unas seis semanas después de la siembra inicia su comportamiento generativo produciendo flores en forma continua y de acuerdo a la velocidad de su desarrollo. La inflorescencia no es apical sino lateral.

### **Calidad del Fruto**

La calidad del fruto de tomate está principalmente relacionada en su color, forma, tamaño, ausencia de defectos, firmeza y sabor, unidos a su capacidad de almacenamiento y resistencia, Castilla (2001).

## Requerimientos de cultivo

Temperatura.-La óptima oscila de 23°C en el día y de 13-17° durante la noche.  
Humedad.-Oscila entre 60 y 80%.

Luminosidad.-0.85 Megajoules por m<sup>2</sup> óptimos para floración y cuajado.  
Suelo.-PH de 6.2 a 6.8 (SAGARPA 2010).

## Fertilizantes

El objetivo principal de la fertilización es suministrar al cultivo los nutrimentos necesarios, en cantidad adecuada, usando los fertilizantes más eficientes, y aplicándolos en la época más oportuna, de acuerdo al uso y demanda de la planta. Un buen programa de fertilización se traducirá en un buen establecimiento del cultivo, un desarrollo y crecimiento vigoroso de la planta, y finalmente en un alto rendimiento y calidad del producto (Villegas, 1999). Pero en los últimos 50 años las tierras agrícolas de la región Norte-centro de México han sido trabajadas con muchos fertilizantes por lo que se han deteriorado los suelos provocando la disminución de la materia orgánica del suelo, según Mariscal *et al* (2000), lo cual indica que los suelos son muy pobres, afectando directamente las propiedades de este. También se ha afectado la población microbiana además de las propiedades físico-químicas de los suelos, lo que lleva a la pérdida de la fertilidad del suelo y el rendimiento de los cultivos (Saghir *et al.*, 2009). Todos estos aspectos pueden ser mejorados a través de la biofertilización con microorganismos del suelo, entre los que destacan las bacterias rizosféricas y los hongos micorrícicos arbusculares, los cuales se utilizan como inoculantes microbianos en la agricultura, ya que se dice que incrementan la disponibilidad de nutrientes debido a su efecto de fijación, solubilización y absorción de elementos minerales (Hernández-Díaz &Chailloux-Laffita *et al.*, 2001, Hernández *et al.*, 2009).

## Biofertilizantes

Los biofertilizantes han sido definidos como sustancias que contienen microorganismos vivos que al aplicarse al suelo, semillas y plantas, generan un efecto positivo como una colonización de la rizósfera promoviendo el crecimiento y aumentando la disponibilidad de los nutrientes así como la sanidad vegetal de la planta hospedera (Vessey, 2003). En pruebas experimentales y de campo el efecto de los biofertilizantes ha sido reconocido como una forma de manejo sostenible de los agroecosistemas (Dobbelaere *et al.*, 2003; Lucy *et al.*, 2004); sin embargo, estos autores mencionan, que el éxito de la utilización de estos biopreparados reside en el estudio de las cepas compatibles y muchas veces específicas a un cultivo y las condiciones ecológicas del suelo. El uso de los Biofertilizantes es una de las técnicas empleadas por el hombre para obtener elevados rendimientos en los cultivos, sin causarle daños al ambiente. Se plantea que una tecnología que esté vinculada con este concepto es la inclusión de microorganismos en las semillas (inoculación), tales como hongos micorrízicos, bacterias fijadoras de N<sub>2</sub> y/o solubilizadoras de fósforo, los cuales producen efectos aditivos, de particular importancia en la productividad de los cultivos y en mejor calidad fitosanitaria, además de aumentar el contenido de materia orgánica del suelo (Noda, 2009). Los biofertilizantes se clasifican en dos grupos: de acción directa e indirecta. Los primeros agrupan microorganismos que habitan en algún componente de los tejidos vegetales, y por ellos la acción benéfica se realiza en la planta y no en su medio circundante, es el caso de la fijación biológica de nitrógeno (FBN) y las micorrizas. En tanto, en la acción indirecta la biofertilización es aprovechada primero por el suelo y lo transmite hacia los cultivos, por medio de la solubilización de nutrientes como el fósforo. (Pizzani, *et al.* 2009).

## **Bacterias promotoras de crecimiento**

Son bacterias que forman un grupo de diferentes especies de bacterias que ayudan al incremento del crecimiento de las plantas, entre los organismos más conocidos están los Géneros *Rhizobium*, *Pseudomonas* y *Azospirillum*. Las BPCV se pueden clasificar en 2 grupos, las primeras son promotoras de crecimiento en plantas, los mecanismos que estas bacterias utilizan pueden ser a través de su propio metabolismo (solubilizando fosfatos, produciendo hormonas o fijando nitrógeno), afectando directamente el metabolismo de la planta (incrementando la toma de agua y minerales), mejorando el desarrollo radicular, incrementando la actividad enzimática de la planta o “ayudando” a otros microorganismos benéficos para que actúan de mejor manera sobre las plantas. La segunda tiene la capacidad de control biológico las cuales promueven el crecimiento de las plantas al suprimir los patógenos (Bashan y Holguin, 2004). En el grupo de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV), *Azospirillum* sp. Es considerado un sistema modelo para el estudio de la asociación entre bacterias y plantas (Bashan y Holguín, 1997). Las bacterias pertenecientes a este género son muy promisorias como inoculantes de las plantas; pues tienen un número de características interesantes que las hace adaptables para establecerse ellas mismas en el extremadamente complejo medio competitivo de la rizósfera (Burdman, Jurkevitch y Okon, 2000).

### **Géneros más usados**

Buenos resultados se han publicado resaltando el beneficio de la inoculación de diversos hongos micorrízicos y bacterias promotoras de crecimiento en tomate. Los géneros más estudiados son *Azotobacter*, *Acetobacter* sp y *Azospirillum*.

Actualmente los microorganismos empleados como biofertilizantes son hongos micorrízicos de los géneros: *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Scutellospora*, *Sclerocystis* y *Glomus*, pertenecientes a la familia Endogonaceae de la clase Zygomycetos, y especies de bacterias de géneros como *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azotobacter*, *Frankia*, *Beijerinckia* y *Azospirillum* (Pajarito-Ravelero e Ibarra-Flores, 2012).

## **Importancia**

Estos microorganismos del suelo comunes en la rizósfera son capaces de producir cantidades de antibióticos y fitohormonas, producción que tiene un pronunciado efecto sobre crecimiento y desarrollo de las plantas, (Iglesias *et al.*, 2001). Pero no solo los microorganismos ejercen su efecto sobre las plantas, si no que esta también actúa, a través de sus exudados, determinando la composición de la comunidad rizosférica, incluso en las diferentes zonas de las raíces varían las estructuras y las especies de la comunidad rizosférica. Por ejemplo, en la raíces nuevas se ubican preferentemente microorganismos que utilizan azúcares fácilmente degradables y ácidos orgánicos; en cambio, en las raíces más antiguas, predominan las bacterias y hongos adaptados a condiciones oligotróficas y capaces de degradar compuestos más recalcitrantes como lignina y hemicelulosa (Yang y-Crowley, 2000).

El suelo es un hábitat complejo donde un gran número de poblaciones microbianas interactúan con los diversos sustratos, estando muchas de estas poblaciones asociadas a las raíces de las plantas en la zona rizosférica (Reyes *et al.*, 2006). En los microambientes de esta zona están asentadas poblaciones microbianas asociadas a la presencia de los exudados radicales y que participan en la formación de los microagregados rizosféricos ricos en metabolitos microbianos principalmente del tipo aminoácidos y polisacáridos (Caesar-Ton That *et al.*, 2007).

Además estas poblaciones microbianas rizosféricas son capaces de generar también disolución y mineralización de los fosfatos, fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico y producción de sideroforos (Vessey, 2003).

Los beneficios del uso de microorganismos en la agricultura están en su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, la descomposición de residuos orgánicos, la desintoxicación con plaguicidas, la supresión de enfermedades en las plantas, el aporte de nutrientes al suelo y la producción de compuestos bioactivos como vitaminas y hormonas que estimulan el crecimiento de las plantas (Martínez, 2002).

### ***Azospirillum***

La bacteria de *Azospirillum*, fue descrita por primera vez en 1925 por Martinus Willem Beijerinck, luego de lo cual la bacteria permaneció en el olvido por varias décadas. Las observaciones de Juan José Peña-Cabriales y Johanna Döbereiner en 1973, inician la época moderna de este microorganismo. *Azospirillum sp* fue estudiado también por J. Döbereiner por su capacidad de fijar nitrógeno y ocurrencia en la rizósfera, formando diferentes clases de asociaciones con plantas no leguminosas. *Azospirillum sp* es una rizobacteria fijadora de nitrógeno con potencial para incrementar los rendimientos de cereales y gramíneas de importancia económica en diferentes regiones climáticas. Los efectos benéficos sobre el crecimiento de las plantas no están dados solamente por la fijación de nitrógeno en la rizósfera, si no también está relacionado por la capacidad para reducir nitrato, solubilizar fosfatos, sintetizar antibióticos y sustancias promotoras del crecimiento de las plantas, incluyendo fitohormonas y sideróforos. Los efectos positivos de la inoculación bacteriana están principalmente asociados al mejoramiento del desarrollo de las raíces y consecuentemente incrementar la tasa de absorción de agua y minerales (Dalla *et al.*, 2004).

Actualmente son reconocidas seis especies en el género: *Azospirillum lipoferum*, *A. brasilense*, *A. amazonense*, *A. halopraeferans*, *A. irakense* y *A. largimobile* con base a algunas relaciones filogenéticas (Ecker *et al*, 2001 y Bashan *et al.*, 2004). Pocos años después del redescubrimiento de *Azospirillum* y hasta alrededor de 1993, este género fue el más estudiado entre las bacterias asociadas a plantas. La capacidad de *Azospirillum*, para estimular el crecimiento de las plantas y aumentar el rendimiento de los cereales generó numerosos estudios sobre la ecología, fisiología y genética de esta bacteria (Caballero, 2002).

### **Trabajos con *Azospirillum* *Azotobacter* y *Acetobacter* sp**

Martín, (2005), en su trabajo de tesis reporta que la inoculación de cepas del género *Azospirillum* sp en plántulas de pimiento con acolchado de plásticos de colores genera diferencia estadística entre tratamientos para la variable peso seco de tallo con una concentración de  $10^9$  bacterias/ml con un peso de 0.024 gr superando al testigo en un 22%.

Por su parte. Díaz *et al*, (2001) reporta mejores pesos secos de raíz al evaluar cepas de *azospirillum* en plantas de lechuga. Mientras que Mendoza (1996) analizó el efecto de cepas nativas de *Azospirillum*. Aisladas de raíces de maíz sobre el rendimiento y calidad de grano de maíz (Lucio Blanco, AN-361) comparando estos efectos con los obtenidos en fertilización química bajo condiciones de invernadero y campo abierto. Obteniendo que la inoculación de *Azospirillum* genero efectos positivos en la fenología del cultivo como el mejoramiento de la emergencia, floración, altura de planta y madurez fisiológica, Molina *et al.*, (2009) reportan que la mezcla de diferentes cepas de *Azospirillum* es una buena alternativa para la germinación de semillas de tomate cherry ya que encontraron que a una concentración de  $10^9$  ufc ml<sup>-1</sup>, de *Azospirillum* se promueve la germinación y aumenta el contenido de materia seca en plántulas de tomate, en comparación con un testigo comercial (Byosime).

En el caso de *Azotobacter*, Pérez (1992). Encontró un aspecto interesante, las plantas inoculadas con esta cepa nativa, presentaron mayores contenidos de nitrógeno.

Nuncio-Orta *et al*, (2015) encontraron un incremento del 32% en la variable longitud de raíz en comparación al testigo con *Acetobacter* sp aislada de plantas de tomate de torreón, indicando que la producción de ácido indolacético y la actividad nitrogenasa de la cepa influye en la ganancia de peso en plántulas de Chile.

### **Variables modificadas con la aplicación de biofertilizantes**

#### **Biomasa**

La aplicación de biofertilizantes aumenta la biomasa de las plantas, por ejemplo *Azospirillum*, ayuda a la asimilación de los nitratos, (Fernández e Ileana Peláez, 1990). El desarrollo de las raíces, se ve también favorecido por efecto de la inoculación de las bacterias, y se manifiesta directamente en mayor crecimiento de la parte aérea y en la raíz del cultivo, Pereira *et al.*, (1998) y Kloepper *et al.*, (1991), mencionan que las bacterias promotoras de crecimiento como *Pseudomonas fluorescens*, se caracterizan por incrementar el desarrollo radical, lo que repercute directamente en el rendimiento del cultivo. Se ha determinado que en las primeras semanas después de la germinación, el número de pelos radicales aumenta con la inoculación de estos microorganismos que, aunque no provocan un cambio significativo en la masa de las raíces para esta etapa, más tarde se da lugar a un incremento de la biomasa de las mismas. Este efecto, ha sido adjudicado a la producción de sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal.

## Altura de planta

Medina *et al.*, (1997) en su trabajo de investigación al evaluar la respuesta del cultivo del tomate a la aplicación de biopreparados en concentraciones de  $10^7$  para *A. brasilenses* y *A. lipoferum* y  $10^8$  para *A. Chroococcum*, reportaron diferencia significativa entre tratamientos para la altura de planta y la biomasa fresca al momento del trasplante en comparación al testigo sin inocular. Por su parte Elein Terry (1998), planteó que *Azospirillum* produce hormonas como las auxinas y estas juegan un importante papel, dado que su efecto fisiológico está relacionado con el alargamiento y la división celular esto provoca que las plantas inoculadas con *Azospirillum* incrementen su altura, mientras que lo referente a la masa fresca, los tratamientos inoculados con rizobacterias tienden a incrementar la biomasa radical. Terry (2005), al seleccionar géneros de, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus* y *Streptomyces* e inocularlas en plantas de tomate causaron un efecto positivo principalmente sobre la altura de las plantas superando al testigo en un 11%.

Finalmente Hernández y Chailloux, (2004), obtuvieron buenos resultados con la aplicación de rizobacterias, en grosor de tallo, afirman que no solo se debe a las características genéticas del cultivo, si no al papel importante de las rizobacterias que tienen la capacidad de producir metabolitos estimuladores de crecimiento vegetativo.

## Longitud de raíz

Con respecto a esta variable, Toniutti y Fornasero, (2008) encontraron resultados similares ya que *A. brasilense* incrementó en 82% la longitud radicular de las plantas de *S. lachnea* en comparación con las plantas no inoculadas. Con relación a longitud de raíz, Greer-Philips *et al.*, (2004), mencionan que especies de *Azospirillum brasilense* están asociadas con las raíces de muchos cultivos de importancia agrícola, como el trigo, el maíz y el arroz, la bacteria coloniza la superficie de la raíz y promueve el crecimiento radicular de las plantas, por ello estos microorganismos son atractivos para ser utilizados como biofertilizantes.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización del área experimental**

El presente trabajo se llevó a cabo en un microtúnel, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, saltillo, Coahuila, México. Ubicado a una latitud de 25° 21' 24.93" Norte, una longitud de 101° 02' 05.06" Oeste y a una altitud de 1762 msnm.

### **Descripción del experimento**

#### **Material vegetal**

Se utilizó como material experimental plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) Var "Río grande" de crecimiento determinado.

#### **Siembra de la semilla**

Se sembró semilla de tomate en charolas de 200 cavidades utilizando como sustrato peatmoss + perlita en relación 3:1, se sembró el día 28 de septiembre del 2014 y se trasplanto el día 15 de octubre del 2014 teniendo 17 días después del trasplante .

## **Trasplante**

Se realizó en contenedores de 5 litros, obteniendo un total de 42 contenedores con plantas.

## **Fertirriego**

Se iniciaron los riegos inmediatamente después del trasplante con pura agua buscando aclimatar las plántulas posteriormente se aplicó una solución Steiner al 25% de N a los tres días después del trasplante, se aumentó la concentración al 50% de acuerdo a la edad de las plantas. Se aplicó al testigo a los tres días de trasplante una solución Steiner al 100%

## **Inoculación**

Se realizaron 3 inoculaciones cada 12 días después del trasplante, se aplicaron 10 ml por planta de bacterias a una concentración de  $10^8$  ufc ml<sup>-1</sup>.

## **Descripción de tratamientos**

Se inocularon plantas de tomate con las bacterias de *Azotobacter*, *Acetobacter sp* y *Azospirillum* a una concentración de  $10^8$  ufc ml<sup>-1</sup>, el estudio constó de 14 tratamientos con tres repeticiones obteniendo así un total de 42 plantas. (Cuadro 1)

Cuadro 1. Cepas de rizobacterias evaluadas en túnel con plantas de tomate. Var. Rio grande.

Tratamientos	Concentración de bacterias	Solución Steiner (% N)
TN1 AZOT	10 <sup>8</sup>	50
TN2 AZOT	10 <sup>8</sup>	50
TT1 ACET	10 <sup>8</sup>	50
TT2 ACET	10 <sup>8</sup>	50
GCN1 ACET	10 <sup>8</sup>	50
GCN2 ACET	10 <sup>8</sup>	50
GCN1 AZOS	10 <sup>8</sup>	50
TN1 AZOS	10 <sup>8</sup>	50
GCT AZOS	10 <sup>8</sup>	50
TN2 AZOS	10 <sup>8</sup>	50
TCH1 AZOS	10 <sup>8</sup>	50
GCN2 AZOS	10 <sup>8</sup>	50
TCH2 AZOS	10 <sup>8</sup>	50
TESTIGO	Sin aplicar	100

: AZOT= *Azotobacter*, ACET= *Acetobacter* y AZOS= *Azospirillum*. TN1 y TN2 = cepas aisladas de raíces de nopal de Torreón; TT1 y TT2= cepas aisladas de raíces de tomate de Torreón; TCH1 y TCH2= cepas aisladas de raíces de chile de Torreón GCN1 y GCN2= cepas aisladas de raíces de nopal de General Cepeda.

## **Diseño experimental**

El análisis estadístico se realizó con la ayuda del programa estadístico Statical Analisis System (SAS 9.1), con un diseño bloques completamente al azar, los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias fue de acuerdo con Tukey ( $P\alpha \leq 0.05$ )

## **Variables evaluadas**

### **Altura de planta**

Esta variable se midió con la utilización de una cinta métrica, colocando la cinta métrica de la base de planta hasta la última hoja de la parte aérea de esta, se tomaron 3 lecturas.

### **Diámetro de tallo**

Se realizó a una misma altura de los tallos con ayuda de un vernier digital de precisión (Auto TEC™), se midieron tres plantas por repetición.

### **Longitud de raíz**

Esta variable se midió con la utilización de una cinta métrica, las raíces se lavaron y secaron, posteriormente fueron colocadas en la mesa del laboratorio de cultivo de tejidos y ahí se llevaron a cabo las mediciones.

### **Peso seco de planta y raíz**

Las plantas se dividieron en parte aérea y raíz después se colocaron en una estufa de secado por 72 horas a 65°C, para posteriormente pesarlas con la ayuda de una báscula digital marca AND EK- 1200 en el laboratorio de cultivos de tejidos de horticultura.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la variable altura de planta a los 12 días después del trasplante las mejores cepas son la GCN1 AZOS Y TN2 AZOS con 50% de N superando al testigo un 21%, mientras que la cepa TN1 AZOT es la que genera la menor altura en las plantas de tomate (**Figura 1A**), en cambio para la segunda lectura a los 24 días las mejores cepas son GCN1 AZOS Y GCN2 AZOS con 50% de N superando al testigo en un 30% y la menor altura se obtuvo con la cepa TCH1 AZOS con 50% de N (**Figura 1B**), para la última lectura la mejor altura de planta se obtiene con la inoculación de la cepa GCN1 AZOS con 50% de N imponiéndose al testigo un 22% , siendo igual estadísticamente a las cepas TN2 AZOT, TT1 ACET, TT2 ACET, GCN1 ACET, GCN2 ACET, TN1 AZOS, GCT AZOS, TN2 AZOS, GCN2 AZOS, TCH2 AZOS con 50% de N, la menor altura se obtiene con la inoculación de las cepas, TN1 AZOT Y TCH1 AZOS con 50 % de N .(**Figura 1 C**). La inoculación de la cepa GCN1 AZOS como se puede ver es la cepa que mejor altura provoca en todo el ciclo de evaluación del cultivo, esta cepa fue sacada del género *Opuntia* y como manifiesta (Elein *et al*, 2005) la efectividad y el uso de estos microorganismos se logra cuando se dan las condiciones óptimas para metabolizar los sustratos con disponibilidad de agua, oxígeno, pH y temperatura, así como la disponibilidad de fuentes energéticas, por lo tanto puede ser que esta cepa de GCN1 AZOS con 50% de N tuvo a su disponibilidad las características antes mencionadas, estos resultados también concuerdan con (Elein Terry,1998), quien al inocular cepas de *Azospirillum sp* encontró que la altura de las plantas se incrementa, pero este mismo autor manifiesta que este tipo de microorganismos producen hormonas como las auxinas y estas juegan un importante papel, dado que su efecto fisiológico está relacionado con el alargamiento y la división celular esto provoca que las plantas inoculadas con *azospirillum sp* incrementen su altura, a su vez las cepas TN1 AZOT Y TCH1 AZOS con 50% de N son las que provocan las peores alturas en las plantas.

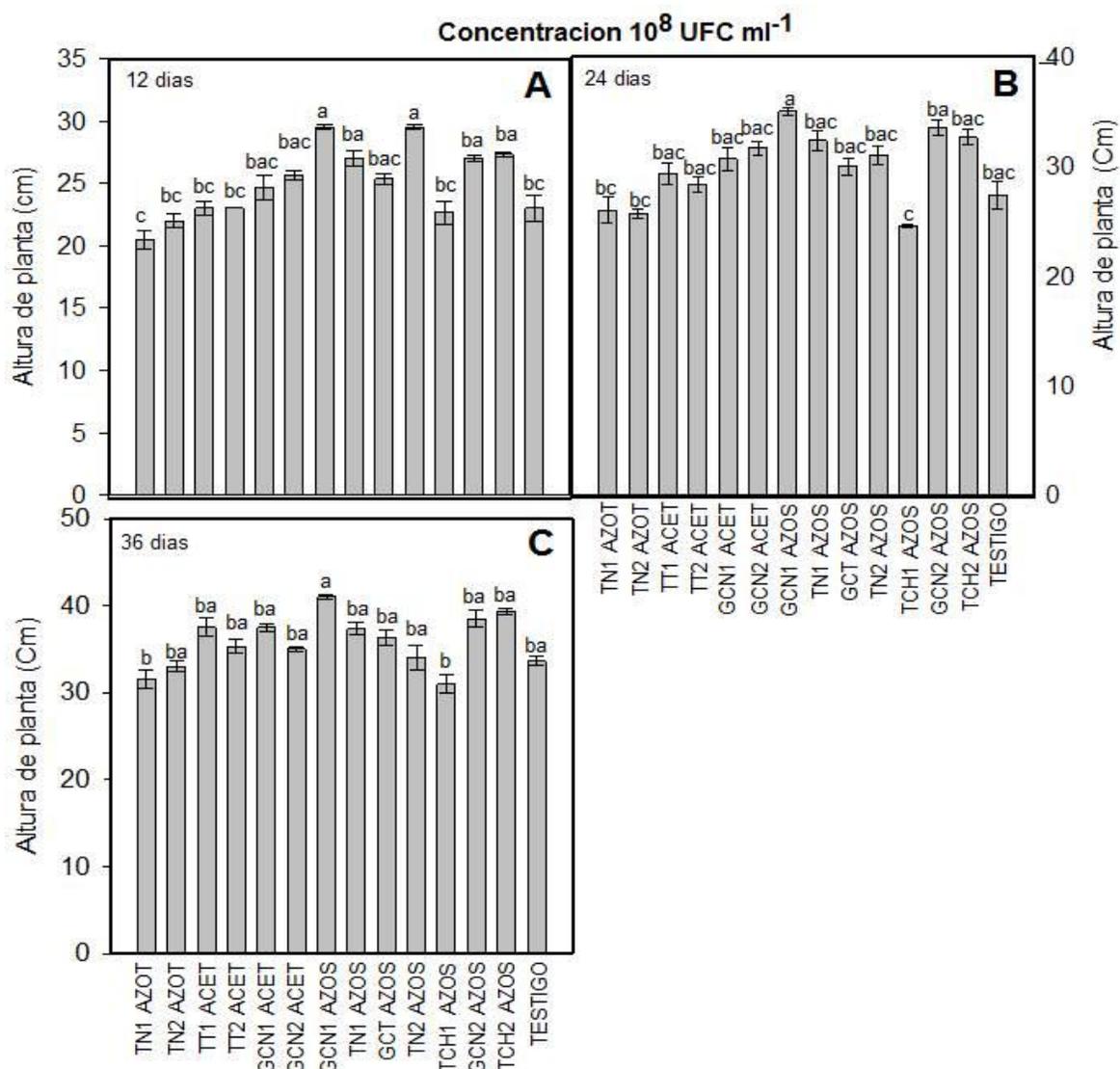


Figura 1. Efecto de la inoculación de bacterias rizosfericas en la altura en plantas de tomate var. Río grande.

Letras diferentes indican diferencias significativas a nivel Tukey ( $P\alpha \leq 0.005$ ). AZOT= *Azotobacter*, ACET= *Acetobacter* y AZOS= *Azospirillum*. TNI y TN2 = cepas aisladas de raíces de nopal de Torreón; TT1 y TT2= cepas aisladas de raíces de tomate de Torreón; TCH1 y TCH2= cepas aisladas de raíces de chile de Torreón GCN1 y GCN2= cepas aisladas de raíces de nopal de General Cepeda.

## **Diámetro de tallo**

En el diámetro de tallo de las plantas de tomate a los 12 y 24 días después del trasplante no se presenta efecto por la inoculación de las cepas de bacterias (Figura 2 A- B). En cambio para la última lectura de diámetro de tallo con la inoculación de las cepas TT2 ACET, TCH1 AZOS, GCN2 AZOS, TCH2 AZOS con 50% de N supera al testigo en un 4%. Mientras que el menor diámetro de tallo se obtuvo con la inoculación de las cepas TN2 AZOT con 50% de N. (**Figura 2C**), esto puede deberse a que la actividad de algunos microorganismos afecta el crecimiento y la fisiología de las plantas de tomate, (Dardanelli y García, 2011) por otro lado se ha reportado que la inoculación de *A. brasilense* promueve el crecimiento de las plantas, tanto en altura como en diámetro de tallo, debido a que favorece la asimilación de nitrógeno elemento esencial para el crecimiento, (García- Olivares *et al.* 2007).

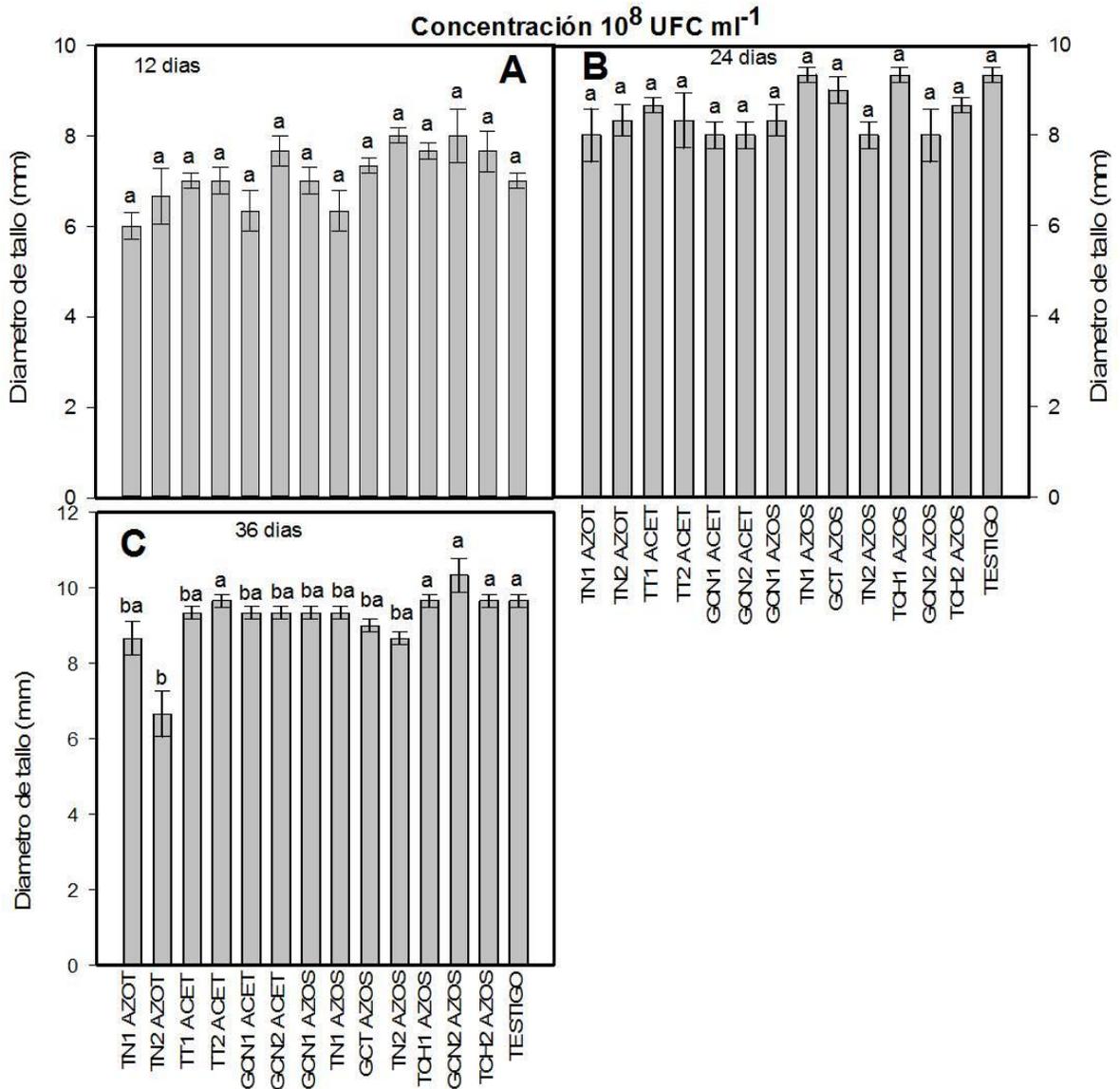


Figura 2. Efecto de la inoculación de bacterias rizosfericas en el diámetro de tallo en plantas de tomate var. Río grande.

Letras diferentes indican diferencias significativas a nivel Tukey ( $P\alpha \leq 0.005$ ). AZOT= *Azotobacter*, ACET= *Acetobacter* y AZOS= *Azospirillum*. TNI y TN2 = cepas aisladas de raíces de nopal de Torreón; TT1 y TT2= cepas aisladas de raíces de tomate de Torreón; TCH1 y TCH2= cepas aisladas de raíces de chile de Torreón GCN1 y GCN2= cepas aisladas de raíces de nopal de General Cepeda.

## Longitud de raíz

La mejor longitud de raíz en plantas de tomate se encontró con la inoculación de las cepas GCN2 ACET y la GCN1 AZOS con 50% de N superando en un 20% al testigo, siendo iguales estadísticamente a las cepas TT1 ACET, TN1 AZOS, GCT AZOS y TCH2 AZOS con 50% de N, no difieren tanto de las cepas que provocan mejor crecimiento, mientras que la inoculación de las cepas GCN1 ACET, TN1 AZOT y TCH1 AZOS con 50% de N. (**Figura 3**) provocan un crecimiento más lento de las raíces, este comportamiento pudo ser debido a que los microorganismos al estar en contacto con los sustratos compiten con la microbiología nativa de estos así también son sensibles al pH, CE y concentración nutrimental, por lo que en este contexto se puede especular que las cepas de bacterias que provocan menor crecimiento radical pudieron ser afectadas por el pH, CE y concentración de nutrientes (Blanco y salas 1997)., además se reporta que este tipo de bacterias que se inocularon si promueven el crecimiento radical de las plantas (Greer-Philips *et al.*, 2004), tales efectos se encontraron con la inoculación de las cepas GCN2 ACET, GCN1 AZOS (Figura 3).

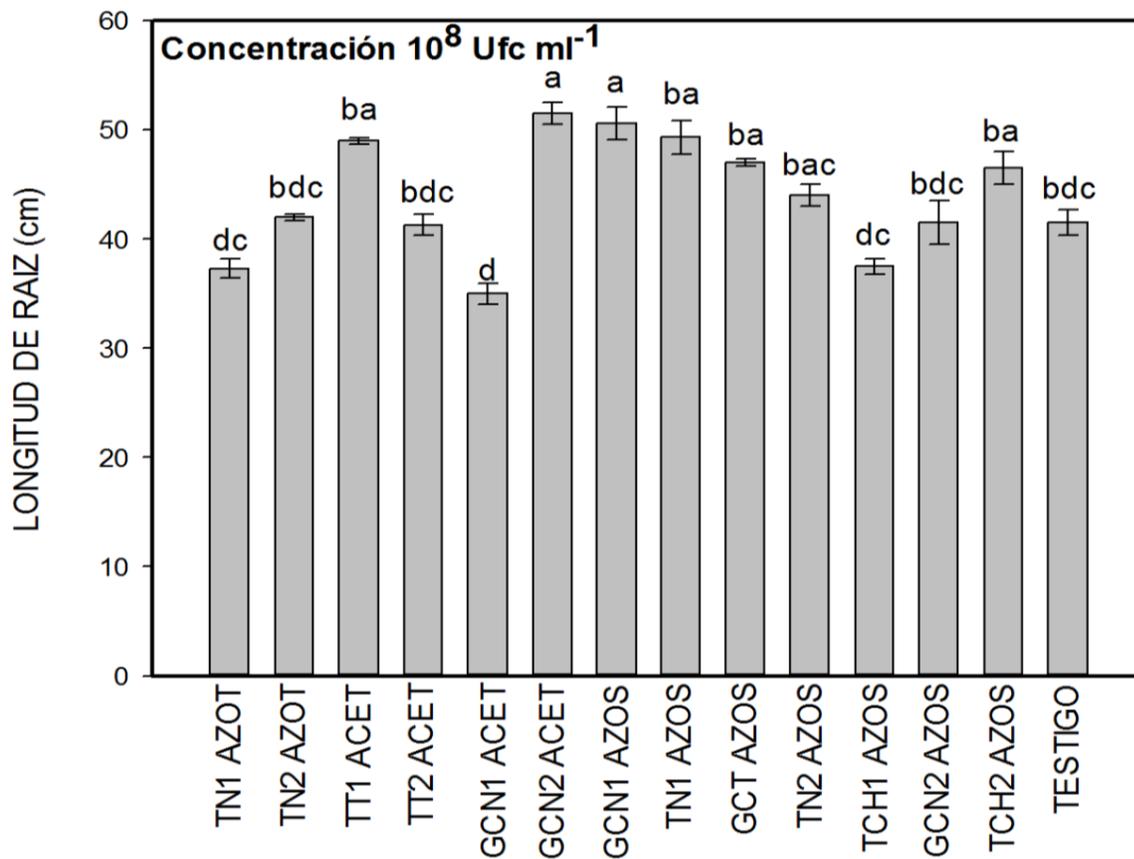


Figura 3. Efecto de la inoculación de bacterias rizosfericas en la longitud de raíz en plantas de tomate var. Río grande.

Letras diferentes indican diferencias significativas a nivel Tukey ( $P\alpha \leq 0.005$ ). AZOT= *Azotobacter*, ACET= *Acetobacter* y AZOS= *Azospirillum*. TN1 y TN2 = cepas aisladas de raíces de nopal de Torreón; TT1 y TT2= cepas aisladas de raíces de tomate de Torreón; TCH1 y TCH2= cepas aisladas de raíces de chile de Torreón GCN1 y GCN2= cepas aisladas de raíces de nopal de General Cepeda.

## **Peso seco de raíz**

El mejor peso seco de raíz se obtuvo con la inoculación de la cepa TCH2 AZOS con 50% de N mejorando 24% al testigo, seguida de la cepa TN1 AZOS con 50% de N, estas cepas fueron obtenidas de plantas de los géneros Capsicum y Opuntia, estadísticamente no difieren, mientras que la inoculación de las cepas TN1 AZOT, TT1 ACET Y TT2 ACET con 50% de N. (**Figura 4**) provocan los menores pesos secos de raíz. Los resultados positivos encontrados concuerdan con Molla *et al.* (2001) quienes mencionan que *Azospirillum brasilense* produce grandes cantidades de ácido indolacético extracelular, lo cual favorece el contenido de materia seca en plantas, por otro lado Díaz *et al.* (2007) encontraron que al evaluar 30 cepas fijadoras de nitrógeno se mejoró el peso seco de raíz en comparación con las plantas testigo.

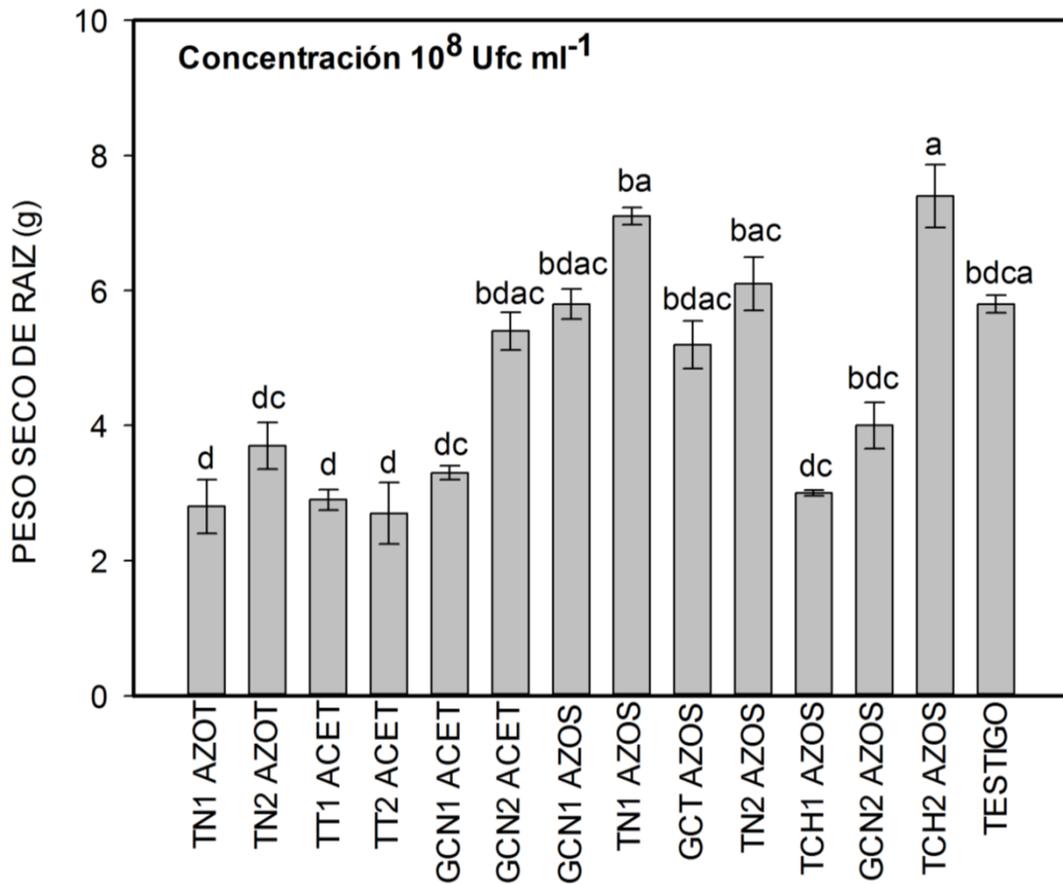


Figura 4. Efecto de la inoculación de bacterias rizosfericas en el peso seco de raíz en el cultivo de tomate var. Río grande.

Letras diferentes indican diferencias significativas a nivel Tukey ( $P\alpha \leq 0.005$ ). AZOT= *Azotobacter*, ACET= *Acetobacter* y AZOS= *Azospirillum*. TNI y TN2 = cepas aisladas de raíces de nopal de Torreón; TT1 y TT2= cepas aisladas de raíces de tomate de Torreón; TCH1 y TCH2= cepas aisladas de raíces de chile de Torreón GCN1 y GCN2= cepas aisladas de raíces de nopal de General Cepeda.

## Peso seco de planta

La aplicación de las cepas GCN2 AZOS Y TN1 AZOS con 50% de N, son las que obtienen mejores resultados con relación a peso seco, ya que se encontró que superan al testigo un 28%, estas cepas fueron obtenidas del género opuntia, las cepas GCT AZOS, TN2 AZOS Y TCH2 AZOS con 50% de N fueron iguales estadísticamente por lo que también podrían ser utilizadas como buenas cepas para un buen peso seco de planta. **(Figura 5)**, estos resultados concuerdan con Molina *et al.* (2009) quienes al inocular cepas de *Azospirillum* a una dosis de  $10^9$  UFC ml<sup>-1</sup> en plantas de tomate obtuvieron un incremento de la materia seca, en comparación con las plantas testigo, por su parte Nuncio-Orta *et al* , (2015) encontraron que la inoculación de *Azospirillum sp* .aislada de plantas de tomate de Torreón a una concentración de  $10^8$  UFC ml<sup>-1</sup> incremento el peso seco de plantas.

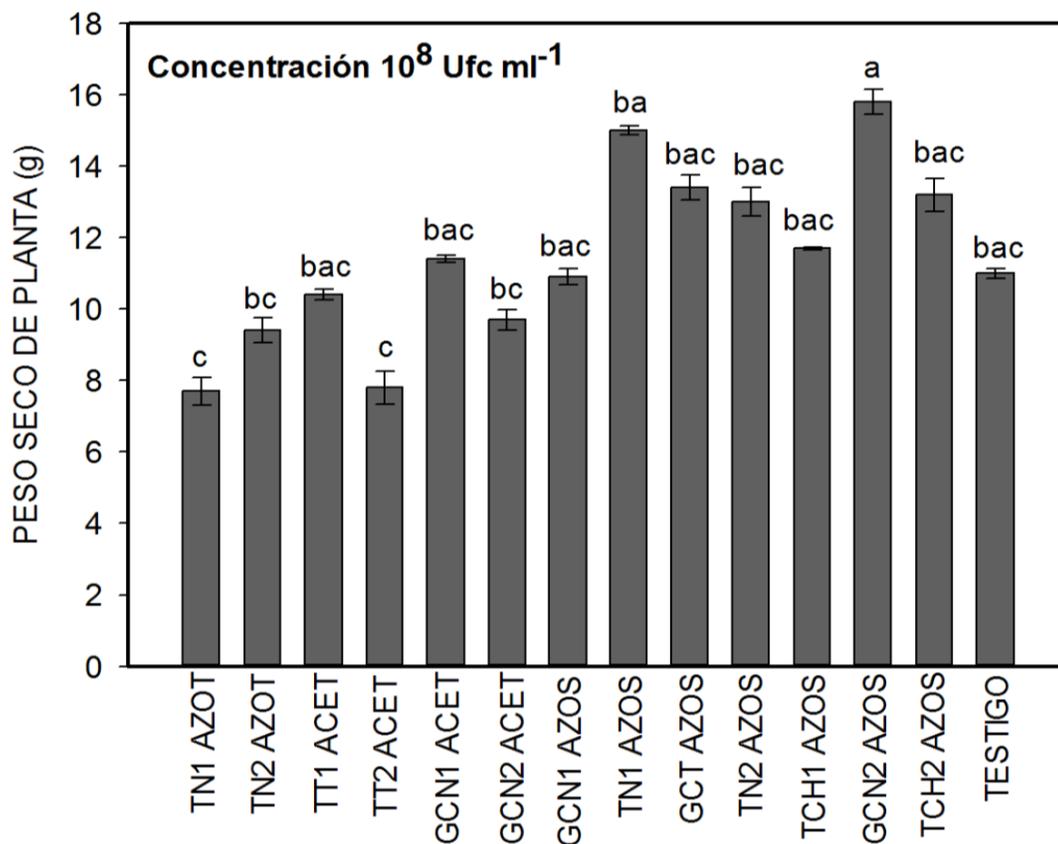


Figura 5. Efecto de la inoculación de bacterias rizosfericas en el peso seco de planta en el cultivo de tomate var. Río grande.

Letras diferentes indican diferencias significativas a nivel Tukey ( $P\alpha \leq 0.005$ ). AZOT= *Azotobacter*, ACET= *Acetobacter* y AZOS= *Azospirillum*. TNI y TN2 = cepas aisladas de raíces de nopal de Torreón; TT1 y TT2= cepas aisladas de raíces de tomate de Torreón; TCH1 y TCH2= cepas aisladas de raíces de chile de Torreón GCN1 y GCN2= cepas aisladas de raíces de nopal de General Cepeda.

## **Biomasa total**

La cepa que provoca la mejor biomasa de planta es la TN1 AZOS a una concentración de  $10^8$  UFC  $\text{ml}^{-1}$  con 50% de N seguida de la cepa TCH2 AZOS igualmente con 50% de N superando al testigo 27%, estas cepas fueron obtenidas de plantas del género opuntia, mientras que la inoculación de las cepas TN1 AZOT y TT2 ACET con 50% de N son las que generan menores biomásas de la planta. **(Figura 6).**

Los resultados positivos con las dos cepas antes mencionadas puede ser debido a que estos microorganismos al estar en simbiosis con la rizósfera de la plantas provocaron un mejor transporte de nutrimentos siendo esto de suma importancia debido a que se refleja de manera directa la acumulación de biomasa y de reservas en la planta como consecuencia de la actividad fotosintética, en este sentido Minag (2003) al evaluar bacterias fijadoras de nitrógeno en plantas de tomate encontró que las plantas inoculadas fueron superiores en biomasa seca con respecto a las plantas testigo. Subbiah (1990) Al estudiar la interacción *Azospirillum brasilense* – nitrógeno en el cultivo de tomate, encontró que la biomasa es superior en los tratamientos inoculados

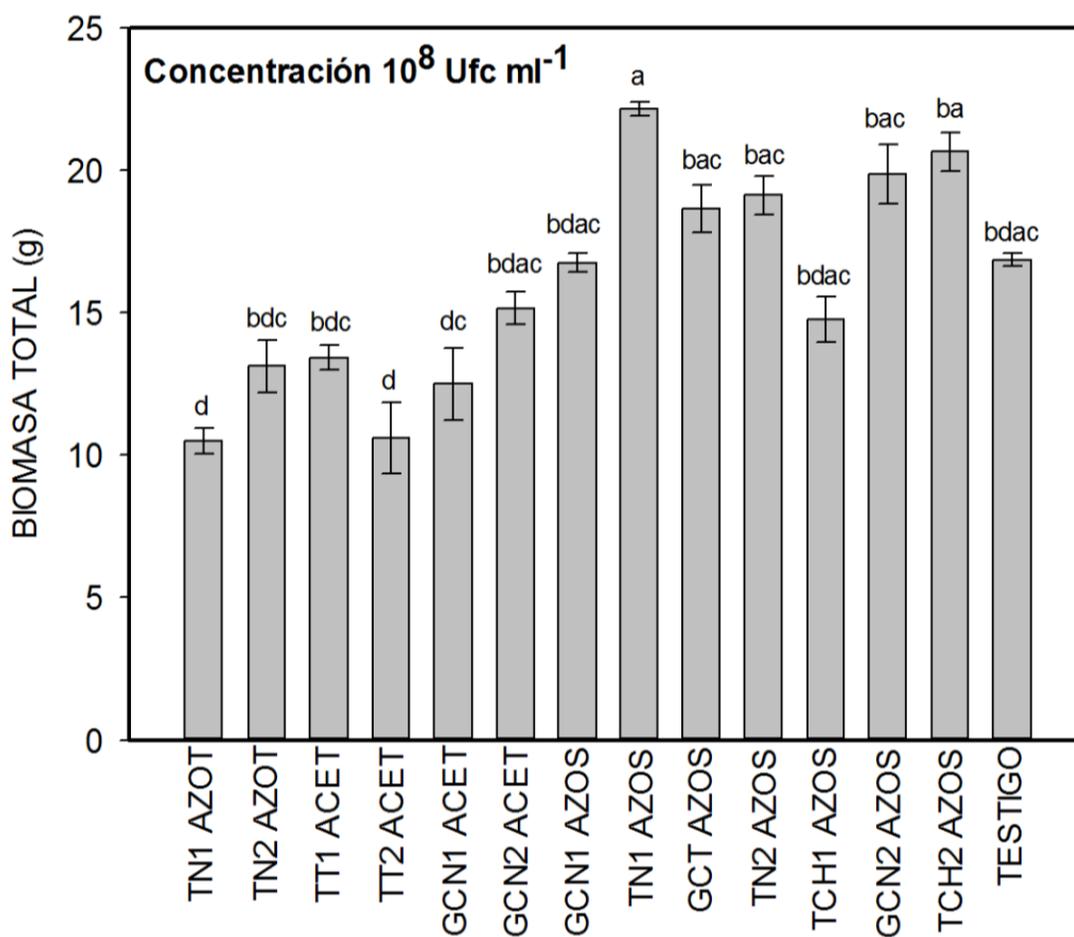


Figura 6. Efecto de la inoculación de bacterias rizosfericas en la biomasa total en plantas de tomate var. Río grande.

Letras diferentes indican diferencias significativas a nivel Tukey ( $P\alpha \leq 0.005$ ). AZOT= *Azotobacter*, ACET= *Acetobacter* y AZOS= *Azospirillum*. TN1 y TN2 = cepas aisladas de raíces de nopal de Torreón; TT1 y TT2= cepas aisladas de raíces de tomate de Torreón; TCH1 y TCH2= cepas aisladas de raíces de chile de Torreón GCN1 y GCN2= cepas aisladas de raíces de nopal de General Cepeda.

## CONCLUSIONES

Los resultados antes relatados indican que el uso de biofertilizantes a base de rizobacterias, aunado a una concentración de  $10^8$  ufc ml<sup>-1</sup> produce efectos positivos en los caracteres morfológicos de planta de tomate, obteniendo resultados más altos y favorables a dosis de fertilización química sintética alta, lo cual tiende a reducir costos, reducir el impacto ambiental debido al uso excesivo de fertilizantes químicos, ya que lo más importante en una agricultura sustentable y ecológica es obtener altos rendimientos por unidad de superficie.

En plantas de tomate var. Río Grande se concluye que:

La mejor altura de planta se obtuvo con la inoculación de la cepa de *Azospirillum*  $10^8$  ufc ml<sup>-1</sup> con el 50% de N de rizósfera de nopal, para diámetro de tallo a los 36 días se obtuvo que las cepas de *Azospirillum*  $10^8$  ufc ml<sup>-1</sup> con el 50% de N y 100% de N para el testigo obtuvieron los mejores resultados, mientras que para longitud de raíz las mejores cepas fueron *Acetobacter sp* y *Azospirillum*  $10^8$  ufc ml<sup>-1</sup> de rizósfera de nopal con 50% de N, la biomasa de las plantas de tomate se vieron mejor favorecidas con la inoculación de la cepa de *Azospirillum*  $10^8$  ufc ml<sup>-1</sup> de rizósfera de nopal con 50% de N. Esto indica que *Azospirillum* y *Acetobacter sp* ( $10^8$  ufc ml<sup>-1</sup>) de rizósfera de nopal y chile con el 50% de N tienen efectos positivos en calidad de planta de tomate var. Río Grande

## LITERATURA CITADA

- Armenta, B. A. D., G. C. García, B. J. R. Camacho, S. M. A. Apodaca, L. G. Montoya, P. E. Nava. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. Ra-Ximhai 6: 51- 56 pp.
- Bashan, Y., Holguin, G., & de Bashan, L. E. (2004). *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances. Can. J. Microbiol., 50(1) 52: 1-577 pp.
- Bashan, Y.;Holguín, G. 1997. *Azospirillum*-plant relationship: Environmental and physiological advances. Canadian Journal of Microbiology. 43:121 p.
- Bot 2003. The solar greenhouse; technology for low energy consumption. Acta Hort. 611, 61-69 pp.
- Blanco A., Salas A. 1997. Micorrizas en la agricultura: contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica. Agronomía Costarricense 21. (1): 55-67pp.

- Burdman, S.; Jurkevitch, E.; Okon, Y. 2000. Recent advances in the use of plant growth promoting rhizobacteria Sorghum rizoplan contaminated or not by the parasitic plant: Striga. *Advances in Applied Microbiology*. 35: 195-253 pp.
- Castilla P. N. 2001. Manejo de cultivo intensivo con suelo (N. F. Nuez (Ed) el cultivo del tomate. Edición Mundi-prensa. México, pp.191-225.
- Caesar-TonThat, T.C., A.J. Caesar, J.F. Gaskin, U.M. Sainju y W.J. Busscher. 2007. Taxonomic diversity of predominant culturable bacteria associated with microaggregates from two different agroecosystems and their ability to aggregate soil in vitro. *Applied Soil Ecology*. 36: 10-21 pp.
- Caballero Mellado, Jesús. 2002. El género *Azospirillum* sp, *Microbios en Línea* Cap, 2002, vol. 14. Obtenido el día 19 de Noviembre de 2015 en: <http://biblioweb.dgsca.unam.mx/libros/microbios/Cap10/imagenes/c10im2.html>.
- Castellanos, J. Z. 2011. Manual de Producción de Tomate en Invernadero. Guanajuato, México: Intagri. Ocma.1st ed., pp. 45–204.
- Cruz B. L. 2007. Calidad de semilla de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) por efecto de potenciales osmóticos, calcio y podas bajo condiciones de invernadero. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 177 p.

- Dardanelli, S. M., Carletti S. M., Paulucci N. S., Medeot D. B., E. A., Rodríguez Caceres., Vita F. A., García. 2011. Benefits of plant growth-promoting rhizobacteria and rhizobia in agricultura. Microbiology monographs. 2011.
- Dalla S., Carlos R. S., Pedro R. J., Ramona F. H., Georgina L. M. A., Herta S. D. S., Ashok P. 2004 Effects of inoculation of Azospirillum sp. in maize seeds under field conditions. Food, Agriculture and Environment, 2: pp. 238-242.
- Díaz-Franco, A., G. J. Salinas, G. J. R. Valadez, E. H. M. Cortinas, O. C. Loredó, Q. V. Pecina, R. A. Pajarito, A. J. Amado, G. D. González. 2012. Impacto de la Biofertilización del Maíz en el Norte de México. Folleto Técnico No. Mx-0310301- 25-03-13-09-54. Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Rio Bravo, Tamaulipas. México, pp. 2-7.
- Díaz, V.P., Ferrera-Cerrato, R., Almaraz-Suárez, J.J. y Alcanzar G.G. 2001 Inoculación de bacterias de crecimiento en lechuga. Terra 19: 327-335 pp.
- Dobbelaere, S., J. Vanderleyden y Y. Okon. 2003. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. Critical Reviews un plant Sciences 22: 107-149 pp.
- Ecker B., Baller O., Kirchhof G. Halbritter A., Stoffels M., Hartman A. 2001. Azospirillum doebereineriae spp. Now, a nitrogen-fixing bacterium

associated with the C4- grass Miscanthus. Internat. J. Sistem. Evolut. Microbiol. 51: 17-26 pp.

- Elein .T, A, Angel. L, Annia. Hernández. (2005). Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum, Mill*). Rev. Colomb. Biotecnol. 6: pp. 47-54.
- Esquinas- Alcázar J. & F.V. Nuez. 2001. Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate. In: El cultivo del Tomate. F. Nuez. Mundi Prensa. España pp. 13-42.
- FAOSTAT. 2013. Production Crops: Time-Series and Cross Sectional Data Relating to Food and Agriculture for Some 245 Countries. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fernández, A., Peláez, I.1990. Evaluación de plantas de Zea mays inoculadas con *Azospirillum I*. Actividad de la nitrato reductasa y contenido de proteínas solubles en las hojas. Ciencias en la agricultura, p. 39.
- García-Olivares, J. G; Moreno V. R.; Rodríguez I. C; Mendoza H; y Mayek, P. 2007 “Efecto de cepas de *Azospirillum brasilense* en el crecimiento y rendimiento de grano del maíz”, Rev. Fitotec. México. 30: 23-131 pp.

- G. Nuncio-Orta, R. Mendoza-Villarreal\*, V. Robledo-Torres, M. Vázquez-Badillo y J.J. Almaraz-Suárez ITEA 2015. Influencia de Rizobacterias en la Germinación y Vigor de Semillas de Chile jalapeño (*Capsicum annum* L. 'var. Grande') 11: 26-33 pp.
- Gruda, N., 2005. Impact of environmental factors on product quality of greenhouse Vegetables for fresh consumption. *Critical rev. Plant Sci.* 24: 227-247 pp.
- Greer- Phillips S. E., Stephens B. B., & Alexandre Gladys. 2004. An Energy Taxis Transducer Promotes Root Colonization by *Azospirillum brasilense*. *J. Bacteriol.* 186: 6595-6604 pp.
- Hernández-Díaz M. I. & Chailloux-Laffita M. 2001. La nutrición mineral y la biofertilización en el cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Tema de ciencia y tecnología*, 15: 11-27 pp.
- Hernández, M. I. & Chailloux. 2004. Las micorrizas arbusculares y las bacterias rizosféricas como alternativa a la nutrición mineral del tomate. *Cultivos Tropicales* 25: 5-12 pp.

- Hernández J. P., Bashan L. E., Rodríguez D. J., Rodríguez Y. & Bashan Y. 2009. Growth promotion of the freshwater microalga *Chlorella vulgaris* by the nitrogen-fixing, plant growth-promoting bacterium *Bacillus pumilus* from arid zone soils. *European Journal of Soil biology* 45: 88 – 93 pp.
- Iglesias, M., Lifschitz, V., Miceli, G., Romero, E., Díaz, I. 2001. Inoculación y co-inoculación con *Azospirillum* spp y *Saccharomyces* sp en el transplante del Tomate. *Jornada de ciencia y técnica*. (CD-ROM) p. 077.
- Kloepper, W. and Adesemoye, A. O. 2011. Plant-Microbes Interactions in Enhanced Fertilizer-use Efficiency. Mini-Review, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85: 1-12 pp.
- Lucy, M., E. Reed y Bernard R. Glick. 2004. Applications of free living growth-promoting rhizobacteria. *Antonie Van Leeuwenhoek* 86 (1): 1-25 pp.
- Martínez, V.R. 1994. El uso de biofertilizantes. *Curso de Agricultura Orgánica*. ICA. 4<sup>ta</sup>. La Habana, Cuba, p. 67.
- Martínez, R. y B. Dibut. 2002. Biofertilización y producción agrícola sostenible. Retos y perspectivas. In: XIII Congreso Científico del INCA. Programa y Resúmenes. La Habana, Cuba. p 45.

- Mariscal A., G., J.P. Amado A. Y P. Ortiz F. 2000. Limitantes edáficas en la producción frutícola de manzano en el noroeste de chihuahua. Variedad frutícola. Asociación de Manzaneros de Cuauhtémoc, Chihuahua. 4: pp. 3-4.
- Mendoza V. R. 1996. Respuesta del maíz (*Zea mays* L.) variedad Lucio Blanco (AN-361) a la inoculación de *Azospirillum lipoferum*, *Azospirillum brasilense*, *Azospirillum* sp. en Derramadero Coahuila. Tesis. Maestría. UAAAN. México. 81 p.
- Medina, B. Nicolás, F. Cuevas Pérez, G. Díaz López 1997. Efecto de la biofertilización con bacterias rizosféricas en el cultivo del tomate. Instituto nacional de ciencias agrícolas. Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. 2: 1562-3297 pp.
- Minag 2003: Manual para la producción protegida de hortaliza. asoc. Ilh. Liliana Dimitrova y cultivos varios, 113 pp.
- Molina A. G.S., Mendoza V. R., Torres T. A., Sifuentes S. D. M., Rojas M. B. A. 2009. Germinación de semillas de tomate cherry (*Lycopersicon pimpinellifolium*) Inoculadas con diferentes cepas de *Azospirillum* sp XIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas A. C. Memorias de resúmenes.

- Molla AH, Shamsuddin ZH, Saud HM (2001). Mechanism of root growth and promotion of nodulation in vegetable soybean by *Azospirillum brasilense*. Communications in Soil Science Plant Analysis 32: 2177-2187 pp.
- G. Nuncio-Orta, R. Mendoza-Villarreal, V. Robledo-Torres, M. Vázquez-Badillo y J.J. Almaraz-Suárez. 2015. Influencia de rizobacterias en la germinación y vigor de semillas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. var. Grande). ITEA, 111: pp. 18-33.
- Pajarito-Ravelero, A., J. M. Ibarra-Flores. 2012. Uso de biofertilizantes en la producción de grano y forraje de maíz en Durango. Libro técnico Núm. 1. Campo Experimental Valle del Guadiana. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP. México.5: pp. 46-48.
- Pizzani, P. et al., 2009. Fósforo total, fósforo fítico y actividad fitásica en los frutos de árboles forrajeros de los Llanos Centrales de Venezuela Total phosphorus, phyticphosphorus and phytaseactivity in thefruits of foragertreesfromthe Central Plains, Venezuela. 32: pp.165–174.
- Peet MM, 1999. Greenhouse crop stress management. Acta Hort. 481: 643-654 pp.

- Pereira, J.A.R., V.A. Cavalcante, J.I. Baldani y J. Dobereiner. 1988. Sorghum and rice inoculation with *Azospirillum* sp. y *Herbaspirillum seropedicae* in field. *Plant Soil* 110: 269-274 pp.
- Pérez, L. 1992. Banco de datos foliares. Laboratorio de Camagüey. Tesis de Maestría. Cuba, pp. 31-35.
- Reyes, I., A. Valery y Z. Valduz. 2006. Phosphate-solubilizing microorganisms isolated from rhizospheric and bulk soils of colonizer plants at an abandoned rock phosphate mine. *Plant and Soil* 287: 69-75 pp.
- Rodríguez, R. Tavares, R. y Medina, 2001. Cultivo moderno del tomate. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. España. 255 p.
- SAGARPA. 2010. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentos. Jitomate. Obtenido el día 23 de julio de 2015 en: <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/Monografias/Jitomate.pdf>.
- SAGARPA. 2014. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentos. Tomate Rojo (jitomate). Obtenido el día 19 de Noviembre de 2015 en: <http://www.siap.gob.mx/tomate-rojo-jitomate/>.

- Saghir-Khan M., Zaidi. A., Wani. P. A., Ahemad. M. &Oves. M. 2009. Functional Diversity Among Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Microbial Strategies for Crop Improvement. Current Status. pp. 105-132.
- Salgado-García, S., R. Núñez-Escobar. 2010. Manejo de fertilizantes Químicos y Orgánicos. 2010. Colegio de Posgraduados. Mundi-Prensa. México. 1ª edición, pp. 158.
- Santillana, V. N. 2006. Producción de biofertilizantes utilizando *Pseudomonas* sp. Ecología Aplicada 2: 87-91 pp.
- SIAP, 213. Cierre de la Producción Agrícola por Cultivo: Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentos. Cierre de la Producción Agrícola por Estado. Obtenido el día 20 de junio de 2015 en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>.
- Soto, M. Martin A. 2005. Efecto de la inoculación con *Azospirillum* sp y plásticos de colores en plántulas de pimiento. Tesis de licenciatura. UAAAN, p. 41.
- Subbiah, R. Nitrogen and *Azospirillum* interaction on fruit yield and nitrogen use efficiency in tomate 1990. South indian horticulture 38: 342-344 pp.

- Terry, A. E., Leyva, A., Hernandez A. 2005. Microorganismos benéficos como Biofertilizantes eficientes para el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Rev. Colomb. Biotecnol. 6: 47-54 pp.
- Toniutti, M. A. y Fornasero L. V. 2008. Efecto de la inoculación de *Azospirillum brasilense* sobre el crecimiento y desarrollo de *Setaria Lachnea* (Nees) Kunth. Revista FAVE - Ciencias Agrarias, 7: 33-41 pp.
- Vergara, M.A. 1990 Biofertilizantes (*Azospirillum* spp); alternativa nutricional en maíz (*Zea mays* L). Chapingo 15: 69-70 pp.
- Vessey, K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and soil 255: 571-586 pp.
- Minúsculas. Q.J.A. 2005. Apuntes de la Materia Botánica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Villegas V. C. 1999. Principios básicos de nutrición vegetal aplicada a la producción de cultivos. Memoria del 4<sup>o</sup> simposium internacional de Fertilización, Guadalajara, Jalisco, México.

- Yang, C.H. and Crowley, D.E. 2000. Rhizosphere microbial community structure in relation to root location and plant iron nutritional status. *Applied and Environmental Microbiology*. 66: 345-351 pp.
- Yolai Noda 2009. Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba. E-mail: [noda@indio.atenas.inf.cu](mailto:noda@indio.atenas.inf.cu) versión impresa ISSN 0864-0394 Pastos y Forrajes 32: 2 p. Matanzas abr.-jun. 2009.

## APÉNDICE

Cuadro 1 A. Valores medios del efecto de la inoculación de bacterias en altura y diámetro de plantas de tomate cv. Rio grande. Inoculadas con 13 cepas de rizobacterias

Bacteria 10 <sup>8</sup> ufc ml <sup>-1</sup>	Altura 1 (cm)	Altura 2 (cm)	Altura 3 (cm)	Diámetro1(m m)	Diámetro 2 (mm)	Diámetro 3(mm)
TN1Azot	20.50c	26.00bc	31.50b	6.00a	8.00a	8.66ba
TN2Azot	22.00bc	25.66bc	33.00ba	6.66 <sup>a</sup>	8.33a	6.66b
TT1Acet	23.00bc	29.33bac	37.50ba	7.00a	8.66a	9.33ba
TT2Acet	23.00bc	28.33bac	35.33ba	7.00a	8.33a	9.66a
GCN1Acet	24.66bac	30.66bac	37.50ba	6.33 <sup>a</sup>	8.00a	9.33ba
GCN2Acet	25.66bac	31.66bac	35.00ba	7.66 <sup>a</sup>	8.00a	9.33ba
GCN1Azos	29.50 <sup>a</sup>	35.00a	41.00a	7.00a	8.33a	9.33ba
TN1Azos	27.00ba	32.33bac	37.33ba	6.33a	9.33a	9.33ba
GCTAzos	25.33bac	30.00bac	36.33ba	7.33a	9.00a	9.00ba
TN2Azos	29.50 <sup>a</sup>	31.00bac	34.00ba	8.00a	8.00a	8.66ba
TCH1Azos	22.66bc	24.50c	31.00b	7.66a	9.33a	9.66a
GCN2Azos	27.00ba	33.50ba	38.50ba	8.00a	8.00a	10.33a
TCH2Azos	27.33ba	32.66bac	39.33ba	7.66a	8.66a	9.66a
Testigo	23.00bc	27.33bac	33.66ba	7.00a	9.33a	9.66a
ANOVA	0.001	0.001	0.005	ns	ns	ns
CV (%)	8.12	9.37	7.86	16.79	14.68	10.46

P≤ns, 0.005 y 0.001= no significativo y significativo. Azot= azotobacter sp. Acet= acetobacter sp. Azos= azospirillum sp. AZOT= *Azotobacter*, ACET= *Acetobacter* y AZOS= *Azospirillum*. TNI y TN2 = cepas aisladas de raíces de nopal de Torreón; TT1 y TT2= cepas aisladas de raíces de tomate de Torreón; TCH1 y TCH2= cepas aisladas de raíces de chile de Torreón GCN1 y GCN2= cepas aisladas de raíces de nopal de General Cepeda. ANOVA= Análisis de varianza, CV= Coeficiente de variación. Las letras a,b y c son las categorías obtenidas de la comparación de medias de tukey ( $\alpha \leq 0.005$ )

Cuadro 2 A. Valores medios del efecto de la inoculación de bacterias sobre longitud de raíz, peso seco de raíz, peso seco de plata y biomasa de planta, en plantas de tomate cv. Rio grande. Inoculadas con 13 cepas de rizobacterias.

Bacteria 10 <sup>8</sup> ufc ml <sup>-1</sup>	Longitud de raíz (cm)	Peso seco de raíz(g)	Peso seco de planta (g)	Biomasa (g)
TN1Azot	37.33dc	2.80d	7.70c	10.50d
TN2Azot	42.00bdc	3.70dc	9.43bc	13.13bdc
TT1Acet	49.00ba	2.96d	10.46bac	13.43bdc
TT2Acet	41.33bdc	2.76d	7.83c	10.60d
GCN1Acet	35.00d	3.36dc	11.43bac	12.50dc
GCN2Acet	51.50a	5.43bdac	9.73bc	15.16bdac
GCN1Azos	50.66a	5.86bdac	10.90bac	16.76bdac
TN1Azos	49.33ba	7.10ba	15.06ba	22.16 <sup>a</sup>
GCTAzos	47.00ba	5.20bdac	13.46bac	18.66bac
TN2Azos	44.00bac	6.10bac	13.03bac	19.13bac
TCH1Azos	37.50dc	3.06dc	11.73bac	14.76bdac
GCN2Azos	41.50bdc	4.06bdc	15.80a	19.86bac
TCH1Azos	46.50ba	7.46 <sup>a</sup>	13.20bac	20.66ba
Testigo	41.50bdc	5.86bdac	11.00bac	16.86bdac
ANOVA	0.001	0.001	0.005	
CV (%)	6.26	22.07	16.95	

P≤ns, 0.005 y 0.001= no significativo y significativo. Azot= azotobacter sp. Acet= acetobacter sp. Azos= azospirillum sp. AZOT= *Azotobacter*, ACET= *Acetobacter* y AZOS= *Azospirillum*. TN1 y TN2 = cepas aisladas de raíces de nopal de Torreón; TT1 y TT2= cepas aisladas de raíces de tomate de Torreón; TCH1 y TCH2= cepas aisladas de raíces de chile de Torreón GCN1 y GCN2= cepas aisladas de raíces de nopal de General Cepeda. ANOVA= Análisis de varianza, CV= Coeficiente de variación. Las letras a,b y c son las categorías obtenidas de la comparación de medias de tukey ( $\alpha \leq 0.005$ ).

Cuadro 3 A. Análisis de varianza de altura de planta de tomate lectura 1 (APTL1) Inoculadas con 13 cepas de rizobacterias.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr>F
Trat	15	307.2797619	20.4853175	4.1332418	0.0002
Error	26	107.4642857	4.1332418		
Total	41	414.7440476			
Correcto					

Cuadro 4 A. Análisis de varianza de altura de planta de tomate lectura 2 (APTL2) Inoculadas con 13 cepas de rizobacterias.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr>F
Trat	15	398.0595238	26.5373016	3.39	0.0031
Error	26	203.5833333	7.8301282		
Total	41	601.6428571			
Correcto					

Cuadro 5 A. Análisis de varianza de altura de planta de tomate lectura 3 (APTL3) Inoculadas con 13 cepas de rizobacterias.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr>F
Trat	15	353.3452381	23.5563492	2.98	0.0071
Error	26	205.7261905	7.9125458		
Total	41	559.0714286			
Correcto					

Cuadro 6 A. Análisis de varianza del diámetro de tallo del tomate lectura 1 (DTTL1) Inoculadas con 13 cepas de rizobacterias.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr>F
Trat	15	19.21428571	1.28095238	0.90	0.5774
Error	26	37.19047619	1.43040293		
Total	41	56.40476190			
Correcto					

Cuadro 7 A. Análisis de varianza del diámetro de tallo del tomate lectura 2 (DTTL2) Inoculadas con 13 cepas de rizobacterias.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr>F
Trat	15	11.76190476	0.78412698	0.50	0.9180
Error	26	40.71428571	1.56593407		
Total	41	52.47619048			
Correcto					

Cuadro 8 A. Análisis de varianza del diámetro de tallo del tomate lectura 3 (DTTL3) Inoculadas con 13 cepas de rizobacterias.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr>F
Trat	15	28.42857143	1.89523810	2.05	0.0526
Error	26	24.04761905	0.92490842		
Total	41	52.47619048			
Correcto					

Cuadro 9 A. Análisis de varianza de la longitud de raíz de tomate (LRT) Inoculadas con 13 cepas de rizobacterias.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr>F
Trat	15	1130.267857	75.351190	9.98	<.0001
Error	26	196.261905	7.548535		
Total	41	1326.529762			
Correcto					

Cuadro 10 A. Análisis de varianza del peso seco de raíz de tomate (PSRT) Inoculadas con 13 cepas de rizobacterias

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr>F
Trat	15	107.2859524	7.1523968	6.65	<.0001
Error	26	27.9638095	1.0755311		
Total	41	135.2497619			
Correcto					

Cuadro 11 A. Análisis de varianza de peso seco de planta de tomate (PSPT) Inoculadas con 13 cepas de rizobacterias.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr>F
Trat	15	238.2185714	15.8812381	4.19	0.0007
Error	26	98.5928571	3.7920330		
Total	41	336.8114286			
Correcto					