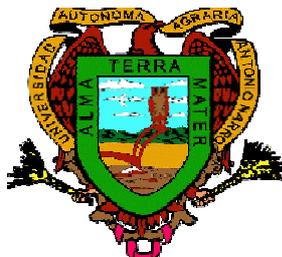


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”, UL.

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Efecto de la aplicación de la bacteria *Azospirillum sp.* en rendimiento y calidad de fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) híbrido “Río Supremo”, a cielo abierto en la Comarca Lagunera.

POR:

**RUSBI RUBEL VELAZQUEZ SANCHEZ**

**TESIS**

Presentada Como Requisito Parcial Para Obtener el Título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA.**

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre de 2011.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO", UL.**  
**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

Efecto de la aplicación de la bacteria *Azospirillum sp.* en rendimiento y calidad de fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) híbrido "Río Supremo", a cielo abierto en la Comarca Lagunera.

POR:

**RUSBI RUBEL VELAZQUEZ SANCHEZ**

**TESIS**

Que somete a consideración del comité asesor como requisito parcial para obtener el título de:

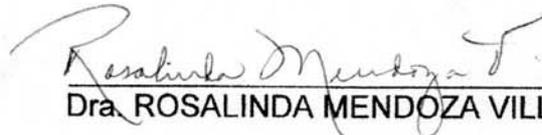
**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

APROBADO POR:

ASESOR PRINCIPAL

  
ME. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

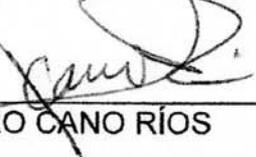
ASESOR EXTERNO

  
Dra. ROSALINDA MENDOZA VILLARREAL

ASESOR

  
Ph.D. VICENTE DE PAÚL ÁLVAREZ REYNA

ASESOR

  
Dr. PEDRO CANO RÍOS

  
Dr. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Coordinación de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2011

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO", UL.  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**TESIS DEL C. RUSBI RUBEL VELAZQUEZ SANCHEZ, QUE SOMETE A  
CONSIDERAR DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

APROBADO POR:

PRESIDENTE



ME. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

VOCAL



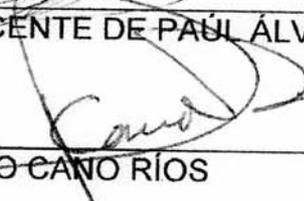
Dra. ROSALINDA MENDOZA VILLARREAL

VOCAL

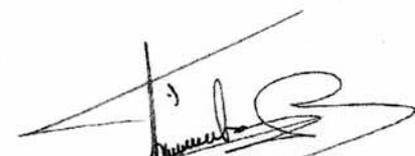


Ph.D. VICENTE DE PAUL ÁLVAREZ REYNA

VOCAL



Dr. PEDRO CANO RÍOS



Dr. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Coordinación de la División  
Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2011

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por haberme dado la vida y por permitirme terminar este proyecto, gracias por darme la fuerza y el coraje para superar obstáculos que se me presentan día con día. Porque eres un Dios que nunca espera nada a cambio y que siempre hace las cosas pensando en lo mejor para nosotros. Gracias “mil” gracias por darme regalos que inmerecidamente he recibido y por poner siempre en mi camino a personas buenas que me han ayudado en cada fase de mi vida.

.A mi familia por estar siempre conmigo en los buenos y en los malos momentos. Por haberme brindado su apoyo moral y económicamente, gracias a ustedes, por que sin su ayuda no lo hubiese logrado.

ME. Víctor Martínez Cueto, gracias por haberme brindado la oportunidad de trabajar en este proyecto, por todos sus conocimientos transmitidos y por su apoyo incondicional en cada momento.

Agradezco a mis asesores al ME. Víctor Martínez Cueto, Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal, Dr. Pedro Cano Ríos, Ph.D. Vicente de Paul Álvarez Reyna, por contribuir en las diferentes etapas que duró esta investigación y por aportar todos sus conocimientos y hacer posible esta tesis.

Al MC. Cesar Quiroz, por su colaboración en los análisis estadísticos e interpretación de datos. Porque a pesar de conocernos poco has demostrado ser una excelente persona.

Agradezco a mi “ALMA TERRA MATER”, las facilidades otorgadas durante mi estancia en los cuatro años y medio que duró mi preparación como profesionalista, siempre te llevaré en mi corazón, orgullosamente “BUITRE”.

## DEDICATORIAS

### ***Dedicado a la Memoria de mi Madre:***

#### **María Sánchez López**

Por haberme traído a este mundo y por haber sido la mejor madre. Hoy solo puedo decir, misión cumplida, gracias por tus sabias palabras y por haberme hecho prometerte que terminaría mis estudios. Por todo el amor inmenso que me brindaste en vida. Estas páginas son todo un esfuerzo de muchos años y están dedicadas a ti, sé que no estás con nosotros en vida pero siempre lo estarás en nuestros corazones. Espero que desde donde te encuentres festejes un logro más, que no es solo mío, sino el esfuerzo de toda tu familia.

### ***A mi padre:***

#### **Vicente Velázquez Morales**

Por su apoyo incondicional a pesar de las adversidades, por haberme enseñado a ver las cosas de una mejor manera y por ser la persona que me brindó todo su cariño y amor. Estoy muy feliz porque todavía te tenemos con nosotros. Con toda dedicación para ti querido padre.

### ***A mis hermanos:***

#### **Amadiola, Melitón, Ever Eneas, Claudia, Antonio y Mabí Esther.**

Para ustedes con todo cariño, porque nunca dejaron de creer en mí y siempre me apoyaron en las buenas y en las malas. Sinceramente, para mi han sido y seguirán siendo los mejores hermanos, gracias por su cariño y comprensión, porque, sin su ayuda no hubiese podido llegar a donde ahora estoy, las mejores dedicatorias para ustedes. Aprovecho también para decirles que siempre tendrán mi apoyo incondicional hoy, y siempre que la necesiten.

A mis cuñados **Rufino López, Marina Rodríguez, Floridalma Rodríguez**, por formar parte de mi familia y por su apoyo moral en muchas ocasiones. Sigamos luchando y preparándonos para ser mejores cada día en este mundo lleno de complejidades.

A **Sayda M. Vázquez**, por ser la persona que llego a mi vida en un momento tan difícil. Por todo su apoyo incondicional en estos largos cuatro años de mi carrera y por haberme brindado parte de su vida. Sabes que te quiero muchísimo y que siempre estarás en mi corazón.

A **mis amigos**: Elder Carrillo, Amanda Camas, Abel, Bellaner, Rita, Hugo, Dary, Leyber, Jimmy, Susi, Tania, Lety, Edy, Irene, Yoli, L. Gabriela, Heriberto, Luz M., Linder, Alberto, Moises, Otoniel, Karina, Anita, Mayra, Exal, Eversaí, Pablo, Toño, Emir, Enrique, Romairo, Carlos, Domingo, Domingo J., Sarain, Ferlín, Gudiel, Beiman. Por su amistad y su apoyo.

## ÍNDICE

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
AGRADECIMIENTOS.....	IV
DEDICATORIAS.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VII
ÍNDICE DE CUADROS.....	X
ÍNDICE DE APÉNDICE.....	XII
RESUMEN.....	XIII
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo.....	3
1.2 Hipótesis.....	3
1.3 Meta.....	3
II.- REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Generalidades del Tomate.....	4
2.1.1 Origen del Tomate.....	4
2.1.2 Clasificación Taxonómica.....	4
2.1.3 Descripción Botánica.....	5
2.1.3.1 Raíz.....	5
2.1.3.2 Tallo.....	5
2.1.3.3 Hoja.....	6
2.1.3.4 Estructura floral.....	6
2.1.3.5 Semilla.....	7
2.1.3.6 Fruto.....	7
2.1.4 Hábito de crecimiento.....	7
2.1.4.1 Crecimiento determinado.....	7
2.1.4.2 Crecimiento indeterminado.....	8
2.1.5 Requerimiento climático.....	8
2.1.5.1 Temperatura.....	8
2.1.5.2 Humedad.....	9
2.1.5.3 Luminosidad.....	10

2.1.6 Exigencia de suelo.....	10
2.1.7 Requerimiento nutricional.....	11
2.1.8 Requerimiento de agua.....	11
2.2 Importancia económica.....	11
2.3 Particularidad del cultivo a campo abierto.....	13
2.4 Biofertilizante.....	14
2.4.1 Importancia del Uso de Biofertilizante.....	15
2.4.2 Antecedentes de los Biofertilizantes en México.....	16
2.5 Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR).....	17
2.6 El género <i>Azospirillum</i> .....	18
2.6.1 Distribución del género <i>Azospirillum</i> .....	19
2.6.2 Características generales de <i>Azospirillum</i> .....	19
2.6.3 Interacción <i>Azospirillum</i> -planta.....	20
III.- MATERIALES Y METODOS.....	22
3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera.....	22
3.2 Localización del experimento.....	22
3.3 Diseño experimental.....	22
3.4 Prácticas culturales realizadas.....	23
3.4.1 Barbecho.....	23
3.4.2 Rastreo.....	23
3.4.3 Preparación de camas.....	23
3.5 Particularidades del cultivo.....	24
3.5.1 Marco de plantación.....	24
3.5.2 Siembra.....	24
3.5.3 Trasplante.....	24
3.5.4 Riego.....	25
3.5.5 Biofertilización.....	25
3.5.6 Deshierbe.....	27
3.5.7 Aporcado.....	27
3.5.8 Tutorado.....	27
3.5.9 Deshojado.....	27

3.6 Plagas y enfermedades.....	28
3.7 Cosecha.....	28
3.8 Variables evaluadas.....	28
3.8.1 Altura de planta.....	29
3.8.2 Peso de fruto.....	29
3.8.3 Diámetro polar.....	29
3.8.4 Diámetro ecuatorial.....	29
3.8.5 Sólidos solubles (Grados Brix).....	29
3.8.6 Número de lóculos.....	30
3.8.7 Espesor de pulpa.....	30
3.8.8 Rendimiento por planta.....	30
3.8.9 Rendimiento por hectárea.....	30
3.9 Análisis de datos.....	30
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1 Altura de planta.....	31
4.2 Peso de fruto.....	32
4.3 Diámetro polar.....	33
4.4 Diámetro ecuatorial.....	34
4.5 Sólidos solubles (Grados Brix).....	35
4.6 Número de lóculos.....	35
4.7 Espesor de pulpa.....	36
4.8 Rendimiento por planta.....	37
4.9 Rendimiento por hectárea.....	38
V.- CONCLUSIÓN.....	40
VI.- LITERATURA CITADA.....	41
VII.- APÉNDICE.....	48

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Rendimientos de tomate por distrito en el estados de Coahuila, México.....	12
<b>Cuadro 2.</b> Incrementos medios de rendimiento con biofertilizantes en relación a un testigo absoluto.....	17
<b>Cuadro 3.</b> Dosis de aplicación del biofertilizante a base de cepa 5 de <i>Azospirillum</i> sp y un testigo UAAAN, UL. 2011.....	26
<b>Cuadro 4.</b> Altura de planta del cultivo de tomate híbrido “Rio supremo”, bajo tres dosis diferentes de <i>Azospirillum</i> sp en condiciones de campo. UAAAN, UL. 2011.....	31
<b>Cuadro 5.</b> Peso de fruto de tomate híbrido “Rio supremo”, bajo tres dosis diferentes de <i>Azospirillum</i> sp en condiciones de campo. UAAAN, UL. 2011.	32
<b>Cuadro 6.</b> Diámetro polar del fruto de tomate híbrido “Rio supremo”, bajo tres dosis diferentes de <i>Azospirillum</i> sp en condiciones de campo. UAAAN, UL. 2011.....	33
<b>Cuadro 7.</b> Diámetro ecuatorial del fruto de tomate híbrido “Rio supremo”, bajo tres dosis diferentes de <i>Azospirillum</i> sp en condiciones de campo. UAAAN, UL. 2011.....	34
<b>Cuadro 8.</b> Sólidos solubles en fruto de tomate híbrido “Rio supremo”, bajo tres dosis diferentes de <i>Azospirillum</i> sp en condiciones de campo. UAAAN, UL. 2011.....	35

<b>Cuadro 9.</b> Número de lóculos del fruto de tomate híbrido “Rio supremo”, bajo tres dosis diferentes de <i>Azospirillum</i> sp en condiciones de campo. UAAAN, UL. 2011.....	36
<b>Cuadro 10.</b> Espesor de pulpa del fruto de tomate híbrido “Rio supremo”, bajo tres dosis diferentes de <i>Azospirillum</i> sp en condiciones de campo. UAAAN, UL. 2011.....	37
<b>Cuadro 11.</b> Rendimiento por planta del cultivo de tomate híbrido “Rio supremo”, bajo tres dosis diferentes de <i>Azospirillum</i> sp en condiciones de campo. UAAAN, UL. 2011.....	38
<b>Cuadro 12.</b> Rendimiento por hectárea del cultivo de tomate híbrido “Rio supremo”, bajo tres dosis diferentes de <i>Azospirillum</i> sp en condiciones de campo. UAAAN, UL. 2011.....	39

## ÍNDICE DE APÉNDICE

<b>Cuadro 1.</b> Análisis de varianza para la variable altura de planta en los tratamientos de <i>Azospirillum sp</i> y un testigo UAAAN, UL. 2011.....	48
<b>Cuadro 2.</b> Análisis de varianza para la variable peso de fruto en los tratamientos de <i>Azospirillum sp</i> y un testigo UAAAN, UL. 2011.....	48
<b>Cuadro 3.</b> Análisis de varianza para la variable diámetro polar en los tratamientos de <i>Azospirillum sp</i> y un testigo UAAAN, UL. 2011.....	48
<b>Cuadro 4.</b> Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial en los tratamientos de <i>Azospirillum sp</i> y un testigo UAAAN, UL. 2011.....	49
<b>Cuadro 5.</b> Análisis de varianza para la variable sólidos solubles en los tratamientos de <i>Azospirillum sp</i> y un testigo UAAAN, UL. 2011.....	49
<b>Cuadro 6.</b> Análisis de varianza para la variable número de lóculos en los tratamientos de <i>Azospirillum sp</i> y un testigo UAAAN, UL. 2011.....	49
<b>Cuadro 7.</b> Análisis de varianza para la variable espesor de pulpa en los tratamientos de <i>Azospirillum sp</i> y un testigo UAAAN, UL. 2011.....	50
<b>Cuadro 8.</b> Análisis de varianza para la variable rendimiento por planta en los tratamientos de <i>Azospirillum sp</i> y un testigo UAAAN, UL. 2011.....	50
<b>Cuadro 9.</b> Análisis de varianza para la variable rendimiento por hectárea en los tratamientos de <i>Azospirillum sp</i> y un testigo UAAAN, UL. 2011.....	50

## RESUMEN

El tomate es considerado uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia a nivel mundial incluyendo México. Respecto a esta hortaliza en el estado de Coahuila, la Comarca Lagunera es el mayor productor con 919.5 ha. Muchos de los suelos donde se desarrolla este cultivo presentan problemas como deficiencia de materia orgánica y suelos contaminados por el mal uso de fertilizantes, por lo que, la biofertilización es una alternativa para la producción sostenida de alimentos limpios y sanos.

Ante la necesidad de buscar alternativa de biofertilización y con el propósito de evaluar los efectos de *Azospirillum* en el cultivo de tomate, se utilizó el híbrido "Rio supremo" en condiciones de campo, el cual, se estableció bajo el diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones y cuatro tratamientos, el cual consistió en dosis baja (1 ml *Azospirillum* por litro de agua), dosis media (10 ml), dosis alta (100 ml) y un testigo (tecnogreen 3 cm<sup>3</sup> por litro de agua). El marco de plantación fue a hilera simple con 0.3 m entre plantas y camas de 1.8 m de ancho, obteniendo así, una densidad de 18,516.66 plantas por hectárea.

Se encontró que para altura de planta, variables de calidad en fruto y rendimiento el análisis estadístico no presentó diferencia significativa entre tratamientos. Sin embargo, en altura de planta la dosis media tendió a ser mejor (62 cm) en comparación con el testigo (54.9 cm). Para las variables de calidad en fruto; peso de fruto, tamaño (D. polar y ecuatorial), número de

lúcidos, la dosis alta fue la que tendió a ser mejor comparado con el testigo. En rendimiento por planta la dosis alta vuelve a tener una ligera tendencia a incrementar 0.65 kg con respecto al testigo, mientras que en rendimiento por hectárea se obtuvo un incremento de 12 toneladas por hectárea en comparación al testigo.

**Palabras Clave:** *Lycopersicon esculentum*, Biofertilizante, *Azospirillum*, Microorganismos, Quimiotaxis.

## I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es la hortaliza más importante en numerosos países, incluyendo México y su popularidad aumenta constantemente. En la actualidad este cultivo ha adquirido importancia económica en todo el mundo (Nuez y Esquinas, 2001). A nivel mundial se siembran unos tres millones de has que rinden unos 80 millones de toneladas de tomate. Los principales países productores son: China, Estados Unidos, Turquía, Italia y la India (Lesur, 2006). En México la producción ocupa el noveno puesto con 2.1 millones de toneladas, siendo China el mayor productor con 31,6 y Estados Unidos con el 12,7 (FAO, 2004).

En el estado de Coahuila, esta hortaliza la superficie sembrada a campo abierto y en sistemas protegidos en el año 2010, alcanzó las 943.5 ha con una producción total de 39,076.17 toneladas de tomate y rendimiento de 43.44 toneladas por hectárea. En la Comarca Lagunera la superficie sembrada fue de 919.50 hectáreas, con una producción de 38,440.00 toneladas y rendimiento de 43.86 ton/ha. (SIAP, 2010).

Muchos problemas son los que enfrenta la producción de tomate; sin embargo, la fertilización es uno de los más críticos de este cultivo. Las dosis de fertilización que se aplican, por lo general, son por encima del requerimiento del cultivo, como es el caso del Nitrógeno, que fluctúa entre 350 y 400 kg ha<sup>-1</sup> (Villarreal *et al.*, 2006). Estas aplicaciones de nutrientes pueden, en determinadas circunstancias, no ser perjudiciales para el rendimiento y calidad

de los frutos, pero inciden en los costos de producción y son un desperdicio de fertilizante y fuente de contaminación del suelo y mantos acuíferos subterráneos.

Una alternativa que permitiría disminuir la cantidad de agroquímicos utilizados para la producción de hortalizas, son los microorganismos tales como la bacteria del género *Azospirillum*. Esta alternativa además de contribuir a bajar costos, permitiría la producción sin un grave deterioro del agrosistema, manteniendo adecuadamente los recursos naturales.

En general se considera al *Azospirillum* como uno de los géneros de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal más estudiados en la actualidad debido a su capacidad de mejorar significativamente el crecimiento y desarrollo, así como el rendimiento de numerosas especies vegetales de interés agrícola (Bashan y Holguín, 1997). Entre los beneficios del uso de microorganismos en la agricultura están su capacidad de fijar Nitrógeno atmosférico, descomposición de residuos orgánicos, supresión de enfermedades en las plantas, aporte de nutrientes al suelo y producción de compuestos bioactivos como vitaminas y hormonas que estimulan el crecimiento de las plantas (Martínez, 2002).

En el grupo de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPFV), *Azospirillum* spp es considerado un sistema modelo para el estudio de la asociación entre bacterias y plantas que no nodulan (Bashan y Holguín, 1997).

Por la cual el siguiente trabajo de investigación tiene como finalidad evaluar el efecto de la aplicación de la bacteria *Azospirillum* sp respecto a rendimiento y calidad de fruto de tomate híbrido “Rio Supremo”, a cielo abierto.

### **1.1 Objetivo**

- Evaluar la aplicación de la bacteria *Azospirillum* sp. en la producción y calidad de tomate híbrido “Rio supremo”, bajo condiciones de cielo abierto.

### **1.2 Hipótesis**

- Es posible producir tomate con buen rendimiento y calidad de fruto aplicando *Azospirillum* sp.

### **1.3 Meta**

- Obtener buen rendimiento y calidad de fruto utilizando la bacteria *Azospirillum* sp.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades del Tomate

#### 2.1.1 Origen del Tomate

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), pertenece a la familia de las Solanáceas. Es originario de la faja costera del oeste en América del Sur, cerca de los 30° latitud sur de la línea ecuatorial. En la región andina del Perú se encuentran, a lo largo y ancho, numerosos parientes silvestres y cultivados del tomate, así como Ecuador, Bolivia e Isla Galápagos. Estos parientes comestibles del tomate ocupan diversas condiciones ambientales basadas en altitud y latitud, representando un amplio grupo de genes para el mejoramiento de la especie (Alcazar, 1981).

El cultivo y domesticación del tomate, parece ser que ocurrió fuera de su centro de origen, y fue realizado por los primeros pobladores de México. El nombre "tomate" viene del lenguaje náhuatl de México y las variantes han seguido al tomate en su distribución por el mundo (Heiser, 1969).

#### 2.1.2 Clasificación Taxonómica

La clasificación taxonómica del tomate es de la siguiente manera (Pérez, 2001):

Reino.....	Vegetal
División.....	Espermatofita
Subdivisión.....	Angiospermas

Clase.....	Dicotiledóneas
Orden.....	Solanaceae (Personatae)
Familia.....	Solanácea
Subfamilia.....	Solanoideae
Tribu.....	Solaneae
Genero.....	Lycopersicon
Especie.....	esculentum Mill.

### **2.1.3 Descripción Botánica**

#### **2.1.3.1 Raíz**

El sistema radical del tomate consta de una raíz principal típica de origen seminal y numerosas raíces secundarias y terciarias; la raíz principal puede alcanzar hasta 60 cm de profundidad; sin embargo, cuando la planta se propaga mediante trasplante, como sucede generalmente, la raíz principal se ve parcialmente detenida en su crecimiento, en consecuencia se favorece el crecimiento de raíces secundarias laterales, las que, principalmente se desenvuelven entre los 5 y 70 cm de la capa del suelo. Las porciones de tallo y en particular la basal, en condiciones adecuadas de humedad y textura del suelo, tienden a formar raíces adventicias (Garza, 1985).

#### **2.1.3.2 Tallo**

La planta de tomate es una herbácea, perenne cultivada como anual, es ramificada, con crecimiento indeterminado o determinado por un racimo floral. El tallo es el eje sobre el cual se desarrollan las hojas, flores y frutos; el diámetro puede ser de 2 a 4 cm y el porte puede ser de crecimiento

determinado e indeterminado. Los tallos son pubescentes en toda su superficie. En las axilas de las hojas del tallo principal surgen los tallos secundarios (Berenguer, 2003).

### **2.1.3.3 Hojas.**

Presenta hojas pinnado-compuestas. Tiene un foliolo terminal y hasta ocho foliolos laterales, que pueden a su vez ser compuestos. Son peciolados y lobulados irregularmente con bordes dentados. Las hojas compuestas se insertan sobre los diversos nudos, en forma alterna (Rodríguez *et al.*, 2001).

### **2.1.3.4 Estructura floral.**

El tomate es una planta hermafrodita que presenta flores bisexuales en forma de racimo simple, en la base de la planta o ramificado en la parte superior. Las flores son pequeñas, pedunculadas de color amarillo, formando corimbos axilares; el cáliz tiene cinco pétalos, corola soldada interiormente, con cinco pétalos que conforman un tubo pequeño, los cinco estambres están soldados, el estilo a veces sobresale de los estambres, el ovario contiene muchos óvulos. El número de flores depende del tipo de tomate. En tomate de grueso calibre el ramillete tiene de 4 - 6 flores; en tomate de calibre mediano aumenta de 10 – 12 flores por ramillete y en tomate tipo cereza o cherry no es extraño que se desarrollen hasta 100 flores por racimo (Berenguer, 2003).

### **2.1.3.5 Semilla**

La semilla del tomate es de forma lenticular, con dimensiones aproximadas de 5x4x2 mm y está constituida por el embrión, endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión lo forma una yema apical, dos cotiledones, el hipocotilo y radícula. La testa o cubierta seminal es de un tejido duro e impermeable. La germinación de la semilla ocurre de manera fácil (Berenguer, 2003).

### **2.1.3.6 Fruto**

El fruto de tomate son vallas carnosas con diferencias en forma (lisos, asurcado, aperado) e intensidad de coloración rojiza, con cavidades o lóculos internos variables, en donde se desarrollan las semillas de forma reniforme y aplanadas (Berenguer, 2003).

## **2.1.4 Hábito de Crecimiento**

### **2.1.4.1 Crecimiento determinado**

La planta con crecimiento determinado, proveniente de una mutación ocurrida en Florida en 1914, se caracteriza por la formación de flor y fruto en el extremo o ápice de cada rama, de tal manera que casi todas las ramas crecen la misma distancia del centro de la planta por lo que la floración ocurre en una época más corta y se facilita la recolección. Es un tomate generalmente de porte bajo y producción precoz, que se siembra en zonas en las que el periodo de cultivo es corto (Lesur, 2006).

#### **2.1.4.2 Crecimiento indeterminado**

El tomate determinado o tradicional tiene tallos que llegan hasta una altura de 2 o más metros, según el empalado que se use; presenta un crecimiento en el que las flores aparecen unas 6 semanas después de la siembra en la axila de la última hoja, no en el ápice de la rama, y se producen inflorescencias de forma continua, según crece, de manera que al largo del tallo principal se pueden ver, al mismo tiempo, hojas, flores y fruto. Según el vigor de la planta, surgen tallos secundarios y terciarios, con hojas, flores y frutos, igual que en el tallo principal (Lesur, 2006).

#### **2.1.5 Requerimiento Climático**

##### **2.1.5.1 Temperatura**

A la planta de tomate le favorece el clima caliente, sin embargo, bajo condiciones de baja luminosidad, la temperatura de la noche y el día se debe mantener baja, de lo contrario, se tendrá una planta raquítica y débil de floración pobre, como consecuencia de que la energía que proporciona la fotosíntesis es inadecuada para la velocidad de crecimiento. Una planta joven utiliza productos disponibles de la fotosíntesis, en primer lugar; para mantenimiento y crecimiento; segundo, para la raíz y tercero para formar el fruto. A temperatura alta, con relación a los niveles de luminosidad, el cultivar utiliza toda la energía en su mantenimiento y muy poca queda disponible para raíz y fruto (León, 2001).

La temperatura de desarrollo oscila entre 20 a 30° C durante el día y entre 15 y 17° C durante la noche; temperatura superior a 30 – 35° C afecta la fructificación por mal desarrollo de óvulos y el desarrollo de la planta en general y del sistema radical en particular. Temperatura inferior a 12 - 15° C también origina problemas en el desarrollo de la planta. A temperatura superior a 25°C e inferior a 12° C la fecundación es defectuosa o nula. La temperatura óptima para tomate es de 24 y 16°C durante el día y la noche respectivamente. La maduración del fruto es influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10° C así como superiores a los 30° C originan tonalidades amarillentas. No obstante, los valores de temperatura descritos son meramente indicativos, debiendo tener en cuenta las interacciones de la temperatura con el resto de los parámetros climáticos (Infoagro, 2004).

#### **2.1.5.2 Humedad**

La humedad relativa óptima para el crecimiento y desarrollo de esta especie oscila entre un 55 y un 75%. El rango adecuado durante la dehiscencia polínica y la consiguiente polinización, oscila entre 55 y 60%. Humedad relativa muy elevada favorece el desarrollo de enfermedades aéreas, agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores. El rajado del fruto igualmente puede tener su origen en un exceso de humedad edáfica o riego abundante tras un período de estrés hídrico (Maroto, 2002).

### **2.1.5.3 Luminosidad**

La luz solar es un pre-requisito para el crecimiento de la planta. El crecimiento es producido por el proceso de fotosíntesis, el cual se da sólo cuando la luz es absorbida por la clorofila (pigmento verde) en las partes verdes de la planta mayormente ubicadas en las hojas.

El tomate es un cultivo que no lo afecta el fotoperiodo, sus necesidades de luz oscilan entre las 8 y 16 horas; aunque requiere buena iluminación. Los días soleados y sin interferencia de nubes, estimulan el crecimiento y desarrollo normal del cultivo (Corpeño, 2004).

### **2.1.6 Exigencia de Suelo**

La planta de tomate no es muy exigente en cuanto a suelo, excepto en lo que se refiere al drenaje, aunque prefiere suelo suelto profundo de textura silíceo-arcillosa y rico en materia orgánica. No obstante se desarrolla perfectamente en suelo arcillo enarenado. En cuanto a pH el suelo puede ser de ligeramente ácido hasta ligeramente alcalino 6.5 a 7.5. Es la especie cultivada a campo abierto e invernadero que mejor tolera las condiciones de salinidad tanto del suelo como del agua de riego, sin embargo, en la mayoría de las variedades, la presencia de cloruro sódico reduce el tamaño del fruto. Es un cultivo exigente en Ca y Mg, no se adapta bien a suelo pobre en Ca. Es bastante sensible a exceso de humedad edáfica durante los períodos de maduración de fruto, aunque lo es más a la alternancia de períodos de estrés y exceso (Guzmán y Sánchez, 2000).

### **2.1.7 Requerimiento Nutricional**

La planta de tomate se clasifica como de alimentación pesada, con requerimientos altos de Potasio (K), Calcio (Ca), Hierro (Fe), Fósforo (P), y requerimientos moderados de Nitrógeno (N), Magnesio (Mg), Azufre (S), Boro (B), Cobre (Cu), Manganeso (Mn) y Zinc (Zn), (Lesur, 2006).

### **2.1.8 Requerimiento de agua.**

Existen diversos sistemas de riego (gravedad, aspersión y goteo) y su uso depende de la disponibilidad de recursos, pendiente del terreno, textura del suelo, abastecimiento y calidad de agua. Cualquier de los sistemas seleccionados debe evitar someter el cultivo a deficiencia o exceso de agua. Es importante una buena distribución del riego durante todo el ciclo del cultivo, principalmente antes de la formación de fruto.

El consumo diario de agua por planta adulta de tomate es aproximadamente 1.5 a 2 lt/día, el cual varía dependiendo de la zona, condiciones climáticas del lugar, época del año y tipo de suelo (Corpeño, 2004).

## **2.2 Importancia Económica**

El tomate es la hortaliza más importante en numerosos países, incluyendo México y su popularidad aumenta constantemente. En la actualidad este cultivo ha adquirido importancia económica en todo el mundo (Nuez y Esquinas, 2001). A nivel mundial se siembran unos tres millones de ha que rinden unos 80 millones de toneladas de tomate. Los principales países productores son:

China, Estados Unidos, Turquía, Italia y la India (Lesur, 2006). En cuanto a la producción México ocupa el noveno puesto con 2.1 millones de toneladas, siendo China el mayor productor con 31.6 y Estados Unidos con el 12.7 (FAO, 2004).

En el estado de Coahuila, la superficie sembrada a campo abierto y en sistemas protegidos en el año 2010, esta hortaliza alcanzó las 943.5 ha con una producción total de 39,076.17 toneladas de tomate y rendimiento de 43.44 ton/ha. En la Comarca Lagunera la superficie sembrada fue de 919.50 hectáreas, con producción de 38,440.00 toneladas y rendimiento de 43.86 ton/ha. (SIAP, 2010).

**Cuadro 1.** Rendimientos de tomate por distrito en el estado de Coahuila, México.

DISTRITO	Superficie Sembrada (Ha)	Superficie Cosechada (Ha)	Superficie Siniestrada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimien to (Ton/Ha)
1 FRONTERA	1.00	1.00	0.00	12.00	12.00
2 LAGUNA – COAHUILA	915.50	876.50	39.00	38,440.00	43.86
3 SALTILLO	27.00	22.00	5.00	624.17	28.37
<b>Totales</b>	<b>943.50</b>	<b>899.50</b>	<b>44.00</b>	<b>39,076.17</b>	<b>43.44</b>

Fuente: SIAP (2010).

### **2.3 Particularidad del cultivo a campo abierto.**

La siembra directa consiste en colocar la semilla en el campo mismo. Según el sistema de cultivo, se siembra encima o al pie del camellón. En otro caso, se siembra al borde de los surcos de riego por gravedad. La profundidad de siembra es de 1.5 cm colocando de 2 a 3 semillas por sitio. Se requiere aproximadamente 1 kg de semilla por hectárea, o sea, 10 veces más que mediante el sistema de trasplante (Mondoñedo, 2004). En cuanto al trasplante, las plantas provienen de charolas de invernadero, el tamaño de la plántula debe ser alrededor de 15 cm. se realiza en suelo húmedo para lo cual se debe regar hasta la profundidad que se espera llegue la raíz (Espinosa y Álvarez, 2002).

Otra de las labores es el aporcado, con esto, se consigue que la planta emita raíces adventicias, facilitando su desarrollo y anclaje. Suele realizarse a las 3-4 semanas de haber efectuado el trasplante (Maroto, 2002).

La poda consiste principalmente en eliminar brotes con el fin de conservar de uno a tres tallos. El tomate de tipo determinado no requiere poda porque es de floración apical, se controla mediante a sí misma.

Los objetivos del sistema de plantas tutoradas son, entre otros, prevenir el contacto entre fruto y suelo, facilitar un mejor control sanitario y obtener una producción continua. El sistema de plantas tutoradas se usa para la producción de tomate para el consumo directo. Este sistema requiere el uso de variedades de tipo indeterminado aunque también es común en variedades de crecimiento determinado (Mondoñedo, 2004).

En la poda hojas, se eliminan todas aquellas que se encuentran por debajo del último racimo que se va cosechando (Berenguer, 2003). El corte de la hoja debe ser limpio y a ras del tallo principal para evitar entrada de patógenos, con el deshojado se consigue una mayor ventilación y mejora el color de fruto. Esta actividad se realiza periódicamente, no quitando más de dos o tres hojas en una sola vez, para no estresar la planta en su balance hídrico y energético (Guzmán y Sánchez, 2000).

## **2.4 Biofertilizante**

Los biofertilizantes pueden definirse como un grupo de inoculantes a base de microorganismos del suelo que se asocian directa o indirectamente al sistema radical de las plantas, favorecen su nutrición y modifican su desarrollo; además son productores de hormonas de crecimiento que estimulan funciones de absorción o fijación de nutrientes en la raíz (Aguirre y Aveldaño, inédito).

Estos microorganismos pueden contener superpoblaciones desde 100 hasta 100,000 millones de unidades formadoras de colonias por mililitro (ufc/ml) que se utiliza para aplicar a la semilla o al suelo, con el objetivo de incrementar el número de estos microorganismos en el medio y acelerar los procesos microbianos, de tal forma que se aumenten las cantidades de nutrientes que puedan ser asimilados por las plantas.

La utilización de los biofertilizantes constituye uno de los procedimientos más económicos y beneficios. Varios de los procesos biotecnológicos relacionados con la biofertilización de las plantas son ya explotados

comercialmente en el mundo, mientras otros se encuentran en fase de investigación o de desarrollo tecnológico (Dibut, 2001).

#### **2.4.1 Importancia del Uso de Biofertilizante**

En el contenido biológico del suelo, se encuentran un sin número de bacterias, hongos, etc., las cuales en su gran mayoría aportan un beneficio productivo.

Una de estas bacterias, quizás la más desarrollada, es la denominada *Azospirillum brasilense*, bacteria considerada, como promotora del desarrollo vegetal (PGPR).

La inoculación de semilla, de una gran variedad de especies vegetales con esta bacteria, produce un cambio notable en el desarrollo vegetal, aumenta la producción de materia verde y de fruto, mejora la eficiencia de implantación, aumenta la velocidad de emergencia, acelera la biodegradación de las plantas, mejora la absorción de agua y nutrientes y nos permite disminuir la cantidad de fertilizantes químicos contaminantes, sin afectar el rendimiento. Todas estas ventajas, redundan en un beneficio directo para el sistema agrosostenible, dado que, es no contaminante, aumenta el rendimiento, disminuye los costos, preserva la calidad ambiental y por ende nuestra calidad de vida (Ferlini H. A., 2006).

#### **2.4.2 Antecedentes de los biofertilizantes en México**

En nuestro país, la UNAM constituyó el Centro de Investigación sobre la Fijación de Nitrógeno, que tomó este tema como eje de sus investigaciones científicas. En los años noventa, este Centro ya había construido un prestigio y reconocimiento mundial en materia de biofertilizantes, incluso logró patentar internacionalmente el *Rhizobium etli*, específico para el frijol, que tiene la capacidad de fijar 100% más nitrógeno atmosférico para la alimentación de esta especie.

Este centro fue de los primeros en el mundo que iniciaron los trabajos de investigación sobre la bacteria *Azospirillum brasilense*, que tiene efecto en gran variedad de cultivos, acumulando un conocimiento amplio y sólido sobre esta bacteria, que lo colocan a la vanguardia mundial.

La máxima autoridad gubernamental en materia agrícola conoce de los trabajos del Centro de Investigación sobre la fijación de Nitrógeno, con relación a los biofertilizantes, lo cual despierta su interés en difundirlos en el agro nacional, y establece un convenio con este centro. Así, estos biofertilizantes fueron aplicados masivamente en el país. En 1999 y 2000 fueron incorporados al programa de Alianza para el Campo, de la SAGARPA, y se utilizaron en cerca de tres millones de hectáreas en diversos cultivos en el territorio nacional. El seguimiento y evaluación de este programa estuvo a cargo del INIFAP. Los resultados obtenidos fueron altamente significativos en referencia a los testigos de promedios nacionales (Morales, 2006).

**Cuadro 2.** Incrementos medios de rendimiento con biofertilizantes en relación a un testigo absoluto.

Cultivo	<i>Azospirillum</i>	Micorriza	Azos + Mico
Maíz	10.5 %	11.5 %	26.0 %
Sorgo	22.9 %	10.8 %	28.3 %
Cebada	46.6 %	20.7 %	61.7 %
Avena forraje	10.8 %		
Avena grano	43.3 %		
	Rhizobium	Micorriza	Rhizo + mico
Frijol	30.6 %	22.1 %	46.0 %

Fuente: Morales, 2006.

## 2.5 Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR)

El término PGPR, de sus siglas en inglés (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) se conoce desde 1978, y se utiliza para describir a las bacterias que habitan en la rizósfera de las plantas, que promueven el desarrollo del vegetal y que pueden tener un efecto positivo sobre los cultivos (Dileep y Debut, 1992).

El efecto beneficioso de las Rizobacterias radica en diferentes mecanismos mediante las cuales ellas ejercen su acción (Kloepper *et al.*, 1989). Los cambios más marcados de la inoculación ocurren en el sistema radical de las plantas, lo que conlleva posteriormente a un incremento en la adquisición de sustancias nutritivas y agua (Bashan y Levanony, 1990).

Las bacterias rizosféricas son capaces de producir sustancias fisiológicamente activas como vitaminas, giberelinas, citoquininas, ácido-indol-acético en cantidades importantes, las cuales mediante su acción conjunta estimulan la germinación de la semilla, aceleran el desarrollo de las plantas e incrementan el rendimiento de los cultivos (Fendrik *et al.*, 1995) y (Martínez *et al.*, 1997).

Ciertos géneros bacterianos, fundamentalmente los de vida libre, fijan el nitrógeno atmosférico en proporciones considerables (Martínez y Dibut, 1996). Los géneros *Azospirillum* y *Azotobacter* producen polisacáridos extracelulares durante su crecimiento y proliferación (Goendi *et al.*, 1995). Estos compuestos son efectivos en la formación de agregados del suelo, lo que trae como consecuencia mejora en el intercambio gaseoso y en la capacidad hídrica del suelo.

## **2.6 El género *Azospirillum***

Aún cuando *Spirillum lipoferum* fue descrito en 1925 por Beijerinck, esta bacteria estuvo olvidada por varias décadas, son las observaciones de Peña *et al.*, 1989, las que iniciarían la época moderna de esta bacteria. Estudios taxonómicos de *S. lipoferum* conducen a su reclasificación en un género nuevo, *Azospirillum*.

Actualmente son reconocidas seis especies en el género *Azospirillum*. *A. lipoferum*, *A. brasilense*, *A. amazonense*, *A. halopraeferans*, *A. irakense* y *A. largomobile* siendo el nombre de esta especie corregido a *A. largimobile*.

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 de aumentar el rendimiento de los cereales promovió numerosos estudios sobre la ecología, fisiología y genética de esta bacteria (Caballero *et al.*, 1999).

### **2.6.1 Distribución del genero *Azospirillum***

Los azospirilla muestran una muy amplia distribución geográfica alrededor del mundo. Aún cuando son más abundantes en las regiones tropicales, también se les encuentra en las regiones templadas, frías y desérticas. En las regiones templadas del sur de Brasil, los Estados Unidos y Kenia la presencia de *Azospirillum* es menor al 10% en las muestras analizadas. El pH del suelo juega un papel importante en la presencia de las especies del género *Azospirillum*. Las especies de *A. brasilense* y *A. lipoferum* se encuentran en mayor abundancia en suelos con valores de pH cercanos a la neutralidad, aún cuando a pH abajo de 5 se les encuentra en forma esporádica y no lográndose su aislamiento de suelo con pH menor a 4.5 (New y Kennedy, 1989).

### **2.6.2 Características generales de *Azospirillum***

*Azospirillum* (subclase de las proteo bacterias) es una bacteria negativa, de vida libre, fijadora de nitrógeno y asociada a la rizosfera de la planta. Tiene un metabolismo carbonado muy versátil, lo que le permite adaptarse y establecerse en el competitivo entorno rizosférico. Como fuentes nitrogenadas, *azospirillum* puede utilizar un amplio rango de sustratos, amonio, nitratos, nitrito,

aminoácidos y nitrógeno molecular. En condiciones desfavorables, recubriéndose de una capa de polisacáridos produciéndose una acumulación de gránulos de  $\beta$ -hidroxibutirato, que sirve a la bacteria de reserva de fuente carbonada (Caballero *et al.*, 1999).

Es una bacteria móvil, que muestra gran variabilidad en el número y posición de sus flagelos. En medio líquido produce un solo flagelo mientras que en medio sólido se inducen diversos flagelos laterales, siendo diferente la cantidad y posición de estos para cada una de las especies de género *Azospirillum*. La presencia de flagelos proporciona la movilidad necesaria para dirigirse hacia lugares donde la presencia de nutrientes sea más favorable. Presenta quimiotaxis positiva hacia ácidos orgánicos, azúcares, aminoácidos, compuestos aromáticos, hacia exudados radicales. Esta capacidad de migración se ha visto afectada por la humedad del suelo. Este género además tiene tendencia a dirigirse hacia lugares donde la concentración de oxígeno sea la adecuada (denominada aerotaxis), ya que puede sobrevivir en condiciones microaerofílicas (Collados, 2006).

### **2.6.3 Interacción *azospirillum* – planta.**

Una vez que las células de *Azospirillum* se han adaptado a las condiciones del ambiente rizosférico y han logrado llegar a la superficie de la raíz, debido a sus características quimio y aerotácticas, se iniciará el establecimiento de la asociación. Diferentes estudios han mostrado que *A. brasilense* tiene la capacidad para adherirse a la raíz de plantas gramíneas

como el mijo (*Pennisetum purpureum*) y *Digitaria decumbens* (Umali *et al.*, 1980), trigo (Itzigsohn y Okon, 1995.), maíz (Gafny, 1986), así como a la raíz de plantas de otras familias que incluyen al algodón y tomate (Levanony y Bashan, 1991), e incluso a superficies inertes como poliestireno y arena. La capacidad de *Azospirillum* para adherirse a la raíz, al menos a las de mijo, es significativamente mayor que la mostrada por otras bacterias de la comunidad rizosférica como *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Klebsiella* o *Pseudomonas*, e incluso que *E. coli* (Umali *et al.*, 1980).

La asociación de *Azospirillum* con la raíz de las plantas se desarrolla en dos etapas completamente independientes (Michiels *et al.*, 1991). La primera consiste en una adsorción rápida, débil y reversible, la cual es dependiente de proteínas de la superficie bacteriana del tipo de las adhesinas en conjunto con la participación del flagelo polar (Croes *et al.*, 1991; Michiels *et al.*, 1991). La segunda fase consiste de un anclaje lento pero firme e irreversible que alcanza su máximo nivel 16 hrs después de la inoculación, el cual parece ser dependiente de un polisacárido extracelular de *Azospirillum* (Michiels *et al.*, 1991).

La inoculación de diversas plantas con *Azospirillum* ha mostrado que los principales sitios de colonización son las áreas de elongación celular y las bases de los pelos radicales (Levanony y Bashan, 1988; Kapulnik *et al.*, 1985). Sólo algunas células de *Azospirillum* llegan a adherirse a la cofia o a los pelos radicales (Kapulnik *et al.*, 1985).

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera**

La Región Lagunera se localiza en la parte central norte de México. Se encuentra ubicada en los paralelos 25° 05' y 26° 54' de latitud Norte y entre los meridianos 101° 40' y 104° 45' de longitud Oeste de Greenwich. La altitud en esta región es en promedio de 1, 139 msnm. La región cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localiza el área agrícola, así como las áreas urbanas.

El clima es seco-desértico con lluvia durante el verano, y su temperatura es caliente, con una media anual de 23.1 °C. (La media del mes más caluroso se encuentra entre los 28 °C); con una precipitación media anual de 253 mm. Los meses de Julio, Agosto y Septiembre son las que presentan la máxima precipitación.

#### **3.2 Localización del experimento**

El experimento se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna; ubicada en carretera periférico y Santa fé Km. 1.5, Torreón, Coahuila, México, en el ciclo Primavera-Verano del año 2010;

#### **3.3 Diseño experimental**

El híbrido de tomate utilizado fue "Rio Supremo" de crecimiento determinado, en condiciones de campo abierto. El experimento se estableció

bajo el diseño experimental de bloques al azar, con tres repeticiones. Los tratamientos fueron testigo (1), dosis baja (2), dosis media (3) y dosis alta (4). Las dosis aplicadas fue a base de un biofertilizante liquido con cepa 5 de *Azospirillum* sp (Ver cuadro 3).

### **3.4 Prácticas Culturales Realizadas**

#### **3.4.1 Barbecho**

El barbecho se realizó a 0.25 m de profundidad, con la finalidad de aflojar el suelo para tener una mayor retención de humedad, mejorar la aireación, y así tener un mejor desarrollo radical para las plantas; todo se realizó manualmente.

#### **3.4.2 Rastreo**

La actividad se realizó con la finalidad de desmoronar terrones, tener una buena nivelación del terreno, buscando facilitar la preparación de las camas; se realizó manualmente.

#### **3.4.3 Preparación de camas**

El levantamiento de las camas se realizó manualmente. Se levantaron dos camas a una altura de 0.30 m, de 1.8 m de ancho y 16 m de largo; se niveló la superficie de las camas, para no tener problemas con el riego.

### **3.5 Particularidades del Cultivo**

#### **3.5.1 Marco de plantación**

Se sembró en camas de 1.8 m de ancho a hilera simple, con distancia de 0.3 m entre planta. Con este marco de plantación se obtuvo una densidad de 18,516.66 plantas por hectárea.

#### **3.5.2 Siembra**

El primero de Abril del año 2010, se inoculó la semilla con el biofertilizante líquido a base de *Azospirillum* sp formulado con la cepa 5 ( $10^{10}$  UFC ml<sup>-1</sup>). Las semillas de tomate híbrido “Rio supremo” fueron sometidas a un proceso de imbibición por 12 hrs antes de realizar la siembra. Se colocó en caja petri y se aplicaron 5 ml del líquido bacteriano en medio litro de agua, excepto el testigo. Después se paso a sembrar en charolas el 31 de marzo de 2010, dentro del invernadero. A los 20 días después de la siembra y hasta su trasplante las plántulas de tomate se fertilizaron con Maxiquel que contiene microelementos, utilizando una dosis de 1 gr por litro de agua.

#### **3.5.3 Trasplante**

A los 35 días después de la siembra las plántulas ya estaban listas para ser trasplantadas, no obstante; el trasplante se realizó el primero de junio del año 2010, a hilera simple, en el centro de la cama, con una distancia de 0.30 m entre plantas, aplicando un riego profundo antes del trasplante y posteriormente.

### 3.5.4 Riego

El riego se realizó superficialmente utilizando cintilla marca aqua trax calibre 5000, con espacio entre líneas regantes de 15 cm y gasto del emisor de 1 lph. Se tuvo un intervalo de 4 a 5 días por cada riego. En los meses de junio y julio se presentaron precipitaciones pluviales por lo que no se aplicaron algunos riegos programados.

### 3.5.5 Biofertilización

Se inoculó la semilla con el biofertilizante líquido a base de *Azospirillum* sp formulado con la cepa 5 ( $10^{10}$  UFC ml<sup>-1</sup>). La semilla de tomate híbrido "Rio supremo" fue sometida a un proceso de imbibición 12 hrs antes de realizar la siembra. Se colocó en caja petri y se aplicaron 5 ml del líquido bacteriano en medio litro de agua, excepto el testigo. A los 20 días después de la siembra y hasta su trasplante las plántulas de tomate se fertilizaron con Maxiquel que contiene microelementos, utilizando una dosis de 1 gr por litro de agua.

La fertilización en campo se realizó con el biofertilizante a base de cepa 5 de la bacteria *Azospirillum* sp en tres dosis diferentes. El cuadro 3 muestra los tratamientos e indica que en el testigo no hay inoculación, la dosis baja (2) es 1 ml de *Azospirillum* sp por litro de agua equivale a  $10^7$  ufc ml<sup>-1</sup>, la dosis media (3) es 10 ml de *Azospirillum* sp por litro de agua ( $10^8$  ufc ml<sup>-1</sup>) y para la dosis alta (4) 100 ml de *Azospirillum* sp por litro de agua ( $10^9$  ufc ml<sup>-1</sup>).

**Cuadro 3.** Dosis de aplicación del biofertilizante a base de cepa 5 de *Azospirillum* sp y un testigo UAAAN, UL. 2010

N°	TRATAMIENTOS	<i>Azospirillum</i> POR LITRO DE AGUA.	LITROS DE AGUA	<i>Azospirillum</i> APLICADO (ufc ml <sup>-1</sup> )
1	Testigo	0 ml	0 Lt.	0 ml
2	Dosis baja	1 ml	5 Lt	10 <sup>7</sup> ufc ml <sup>-1</sup>
3	Dosis media	10 ml	5 Lt.	10 <sup>8</sup> ufc ml <sup>-1</sup>
4	Dosis alta	100 ml	5 Lt.	10 <sup>9</sup> ufc ml <sup>-1</sup>

La aplicación del biofertilizante se realizó en la base de la planta y en el suelo que cubrió el área foliar, se inoculó con un aspersor de 5 litros.

La primera aplicación se realizó el 30 de junio, la segunda se efectuó el ocho de julio, y la tercera aplicación del biofertilizante se realizó a un intervalo de 15 días, efectuándose el 23 de julio. En la cuarta aplicación se tomó un intervalo de ocho días, siendo aplicado el 28 de julio. Posteriormente se efectuaron cuatro aplicaciones más en intervalos de 5 días, siendo la última el 17 de Agosto.

Al testigo se le aplicó tecnogreen, un fertilizante foliar a base de aminoácidos, citocininas, giberelinas, auxina y elementos menores. La dosis aplicada fue de 3 cm<sup>-3</sup> por litro de agua. Se aplicaron en las mismas fechas que el biofertilizante.

### **3.5.6 Deshierbe**

El deshierbe se realizó manualmente utilizando azadón y machete, para evitar la competencia de las plantas con la maleza, así como la proliferación de insectos plagas.

### **3.5.7 Aporcado**

Se realizó 11 días después del trasplante (ddt), el 11 de junio de 2010, se realizó el primer aporcado; esta labor se realizó con la finalidad de dar a la planta mayor sostén y favorecer el desarrollo de la raíz al eliminar la compactación del suelo provocado por el agua de riego, también se mejora la aireación del suelo y se reduce la pérdida de humedad por evaporación.

### **3.5.8 Tutorado**

Cuando las plantas van creciendo deben tener una guía o tutor para sostén, con la finalidad de prevenir el contacto entre fruto y suelo, facilitar el control sanitario y obtener una producción continua. Razón por la cual el tutorado se efectuó en los primeros días de julio, utilizando maderas de 2 m de largo y rafia para sostener la planta.

### **3.5.9 Deshojado**

Se eliminaron hojas dañadas y hojas que estaban en contacto directo con el suelo. Esta labor también se realizó después de efectuar cosecha, obteniendo como resultado un buen control fitosanitario y buena aireación en el cultivo.

### **3.6 Plagas y Enfermedades**

Durante el ciclo del cultivo las plagas y enfermedades que se presentaron fueron: mosquita blanca (*Trialeurodes spp*; Bemisia tabaci) en cuanto a enfermedades se presento (damping off y *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* (Marchitez del tomate). Para controlar las plagas antes mencionadas se utilizó el insecticida Dimetoato en cuatro aplicaciones con una dosis de 60 cm<sup>3</sup> en 15 litros de agua, las aplicaciones se realizaron con un intervalo de 10 días. Para controlar la enfermedad se aplicó el fungicida correctivo Tecto 60 con una dosis de 4 gr por cada litro de agua, se realizaron 5 aplicaciones con intervalos de 5 días, esta enfermedad causó la muerte de 3 plantas que eran evaluadas en el tratamiento 3 (dosis media).

### **3.7 Cosecha**

La cosecha se realizó cuando los frutos ya estaban maduros, el indicador principal fue el color del fruto con una tonalidad roja, en total se hicieron cuatro cosechas, tres de las cuales se realizaron en el mes de Agosto, los días 18, 20, 27 y la cuarta, el cinco de Septiembre de 2010.

### **3.8 Variables Evaluadas**

Se evaluaron las siguientes variables: altura de planta, peso del fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, sólidos solubles (Grados Brix), número de lóculos, espesor de pulpa, rendimiento por planta (kg) y rendimiento por hectárea (ton ha<sup>-1</sup>).

### **3.8.1 Altura de planta**

A partir de los 14 ddt se efectuó la primera toma de datos de altura (14 de junio del 2010), posteriormente a esta fecha se realizaron mediciones cada 7 días, hasta la quinta medición (12 de julio del año 2010). La sexta y última medición de altura se llevó a cabo 14 días después de la quinta medición (26 de julio del año 2010).

### **3.8.2 Peso del fruto**

La medición del peso de fruto se hizo en gramos, utilizando una báscula eléctrica de presión con capacidad de cinco kilogramos, pesando a todos los frutos cosechados.

### **3.8.3 Diámetro polar**

Esta variable se determinó con un vernier, en el cual se colocó el fruto de manera vertical, tomando la longitud en cm., de una extremidad polar a la otra.

### **3.8.4 Diámetro ecuatorial**

Fue determinado con un vernier, colocando el fruto en forma transversal en la parte más ancha del fruto y determinando el diámetro en centímetros.

### **3.8.5 Sólidos solubles (Grados Brix)**

Esta variable se determinó al colocar el jugo del fruto de tomate directamente en la base de un refractómetro digital y tomando la lectura en grados Brix.

### **3.8.6 Número de lóculos**

Después de hacer un corte transversal en medio del fruto de tomate, el número de lóculos se determinó al contabilizar las cavidades del ovario de cada fruto.

### **3.8.7 Espesor de pulpa**

Se realizó un corte transversal, de la pulpa se tomó la parte carnosa del fruto. Se midió con una regla y se tomó el dato en milímetros.

### **3.8.8 Rendimiento por planta**

Los frutos cosechados, se pesaron para determinar los kilogramos por planta en cada tratamiento.

### **3.8.9 Rendimiento por hectárea**

En esta variable se tomaron los datos de kilogramos por planta y en base a la densidad de plantas se determinó las toneladas por hectárea, en cada tratamiento.

La toma de datos se efectuó en el laboratorio de horticultura, de la UAAAN, UL. Los materiales que se utilizaron en la toma de datos de las variables fueron: báscula eléctrica, refractómetro, agua destilada, vernier, regla.

## **3.9 Análisis de datos**

En el análisis de datos se utilizó el programa SAS V9.0 (2004).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Altura de planta

La altura de planta observada bajo los diferentes tratamientos evaluados se presenta en el cuadro 4. El análisis estadístico para esta variable no detectó diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo, se observa una tendencia a mayor altura de planta al incrementarse la dosis en comparación con el testigo. Este comportamiento probablemente se deba a la fijación de nitrógeno atmosférico por la bacteria *Azospirillum* sp., pero no en cantidades altas.

**Cuadro 4.** Altura de planta del cultivo de tomate híbrido “Rio supremo”, bajo tres dosis diferentes de *Azospirillum* sp en condiciones de campo. UAAAN, UL 2011.

N°	TRATAMIENTOS	ALTURA DE PLANTA (cm.)
3	Dosis media ( $10^8$ ufc ml <sup>-1</sup> )	62.00
4	Dosis alta ( $10^9$ ufc ml <sup>-1</sup> )	58.58
2	Dosis baja ( $10^7$ ufc ml <sup>-1</sup> )	57.50
1	Testigo (Tecnogreen)	54.97
MEDIA		58.26

Diferencia menos significativa (DMS) = 13.47

C.V = 11%

Experimentos realizados con *A. brasilense* muestran incrementos en peso fresco en tomate (Bashan y Levanony, 1990). En otro experimento se obtuvo un ligero incremento en altura de plántulas de tomate utilizando AzoFert (*Azospirillum* Brasilense) en comparación con un testigo sin inocular y 120 kg

N.ha<sup>-1</sup>, donde los tratamientos con AzoFert fueron superiores al testigo (Terry *et al.*, 2005).

#### 4.2 Peso de fruto

El análisis de varianza no mostró diferencia significativa entre tratamientos para peso de fruto (Cuadro 5). A pesar de que estadísticamente el peso de fruto fue similar entre tratamientos, se observa una tendencia a mayor peso de fruto al incrementar la dosis al igual que para altura, obteniéndose un peso de 119.5 g con dosis alta con respecto al testigo que fue de 104.94 g. Por lo tanto, la biofertilización tuvo efecto positivo al obtener fruto con peso promedio aceptable para su comercialización.

Esto posiblemente se debió a que *Azospirillum* produce hormonas de crecimiento que estimulan la función de absorción y/o fijación de nutrientes que se vio reflejado en el fruto (Bashan y Holguín, 1997).

**Cuadro 5.** Peso de fruto de tomate híbrido “Rio supremo”, bajo tres dosis diferentes de *Azospirillum* sp en condiciones de campo. UAAAN, UL. 2011.

N°	TRATAMIENTOS	PESO DE FRUTO (g.)
4	Dosis alta ( $10^9$ ufc ml <sup>-1</sup> )	119.50
2	Dosis baja ( $10^7$ ufc ml <sup>-1</sup> )	109.53
1	Testigo (Tecnogreen)	104.94
3	Dosis media ( $10^8$ ufc ml <sup>-1</sup> )	102.89
MEDIA		109.15

Diferencia menos significativa (DMS) = 13.47

C.V. = 18

### 4.3 Diámetro polar

En el cuadro 6 se presenta el diámetro polar del fruto de tomate, bajo los diferentes tratamientos evaluados. El análisis estadístico para diámetro polar no detectó diferencia significativa entre tratamientos. Sin embargo, se observa una tendencia a mayor diámetro polar con dosis alta con 6.55 cm por 6.2 cm., del testigo.

Lo anterior posiblemente se debe al híbrido utilizado en el experimento, sin embargo, las dosis de *Azospirillum* se comportaron similar al testigo, lo cual indica que se puede sustituir el uso de fertilizante químico por el biofertilizante sin afectar el tamaño del fruto.

**Cuadro 6.** Diámetro polar del fruto de tomate híbrido “Rio supremo”, bajo tres dosis diferentes de *Azospirillum* sp en condiciones de campo. UAAAN, UL. 2011.

N°	TRATAMIENTOS	DIAMETRO POLAR (cm.)
4	Dosis alta ( $10^9$ ufc ml <sup>-1</sup> )	6.55
2	Dosis baja ( $10^7$ ufc ml <sup>-1</sup> )	6.30
1	Testigo (Tecnogreen)	6.21
3	Dosis media ( $10^8$ ufc ml <sup>-1</sup> )	6.02
MEDIA		6.27

Diferencia menos significativa (DMS)=0.73

C.V. = 5

En un experimento con melón aplicando *Azospirillum* cepa (3, 5, 6 y 7) en 7 diferentes combinaciones y un testigo (urea) se obtuvieron resultados positivos, diferente a los obtenidos en este experimento (Aguilar, 2009). Sin

embargo, el biofertilizante no incrementa ni se reduce el diámetro polar del fruto, pero se obtiene fruto menos contaminado, y se reduce el uso de fertilizante químico y por ende la contaminación del suelo (Ferlini, 2006).

#### 4.4 Diámetro ecuatorial

En diámetro polar, el análisis de varianza no mostró diferencia significativa entre tratamientos. Esto indica que la respuesta a las dosis de *Azospirillum* fue similar al testigo. Sin embargo, se muestra una tendencia a mayor diámetro ecuatorial en la dosis alta con 5.84 cm en comparación al testigo con 5.63 cm respectivamente (cuadro 7).

La similitud entre tratamientos se atribuye posiblemente a la reducción de la fijación de nitrógeno, por exceso de agua producto de la lluvia, ya que esto reduce la población bacteriana. A pesar de esto, el uso del biofertilizante no redujo el tamaño del fruto respecto a la fertilización convencional.

**Cuadro 7.** Diámetro ecuatorial del fruto de tomate híbrido “Rio supremo”, bajo tres dosis diferentes de *Azospirillum* sp en condiciones de campo. UAAAN, UL. 2011.

N°	TRATAMIENTOS	D. ECUATORIAL (cm.)
4	Dosis alta ( $10^9$ ufc ml <sup>-1</sup> )	5.84
2	Dosis baja ( $10^7$ ufc ml <sup>-1</sup> )	5.68
1	Testigo (Tecnogreen)	5.63
3	Dosis media ( $10^8$ ufc ml <sup>-1</sup> )	5.41
MEDIA		5.64

Diferencia menos significativa (DMS) = 0.73

C.V. = 5

#### 4.5 Sólidos solubles

El análisis de varianza no mostró diferencia significativa entre tratamientos (Cuadro 8). Lo anterior indica que la biofertilización no tuvo efecto en los el contenido de sólidos solubles y su comportamiento fue similar al testigo. Todos los tratamientos presentaron bajo contenido de azúcares lo cual pudo deberse a que los frutos fueron cosechados en etapa de rayado.

Resultados similares fueron obtenidos en melón (Aguilar, 2009), pero, al reducir el uso de fertilizante disminuye el deterioro del suelo y se incrementa la actividad de los microorganismos benéficos en el suelo.

**Cuadro 8.** Sólidos solubles en fruto de tomate híbrido “Rio supremo”, bajo tres dosis diferentes de *Azospirillum* sp en condiciones de campo. UAAAN, UL. 2011.

N°	TRATAMIENTOS	SOLIDOS SOLUBLES (°Brix)
1	Testigo (Tecnogreen)	3.88
4	Dosis alta ( $10^9$ ufc ml <sup>-1</sup> )	3.74
2	Dosis baja ( $10^7$ ufc ml <sup>-1</sup> )	3.69
3	Dosis media ( $10^8$ ufc ml <sup>-1</sup> )	3.62
MEDIA		3.73

Diferencia menos significativa (DMS) = 0.66

C.V. = 8.8

#### 4.6 Número de lóculos

En el cuadro 9 se presenta el número de lóculos bajo los diferentes tratamientos evaluados. El análisis estadístico para esta variable no detectó

diferencia significativa entre tratamientos. Sin embargo, se observa una tendencia a incrementarse el número de lóculos en la dosis alta. Un mayor número de lóculos, indica una mayor vida de anaquel del fruto, y por ende calidad.

La similitud en los tratamientos se debió quizá al genotipo utilizado en el experimento cuya estructura genética tiene un rango definido en el número de lóculos que presenta el fruto, Martínez (2004).

**Cuadro 9.** Número de lóculos del fruto de tomate híbrido “Rio supremo”, bajo tres dosis diferentes de *Azospirillum* sp en condiciones de campo. UAAAN, UL. 2011.

N°	TRATAMIENTOS	NÚMERO DE LOCULOS
4	Dosis alta ( $10^9$ ufc ml <sup>-1</sup> )	3.99
1	Testigo (Tecnogreen)	3.82
3	Dosis media ( $10^8$ ufc ml <sup>-1</sup> )	3.81
2	Dosis baja ( $10^7$ ufc ml <sup>-1</sup> )	3.69
MEDIA		3.83

Diferencia menos significativa (DMS) = 0.52

C.V. = 6.8

#### 4.7 Espesor de pulpa

En el cuadro 10 se presenta el espesor de pulpa observado bajo los diferentes tratamientos evaluados. El análisis estadístico para la variable espesor de pulpa no detectó diferencia significativa entre tratamientos. Por lo

tanto las dosis de azospirillum no tuvieron efecto sobre este parámetro, posiblemente se debió al genotipo utilizado en el experimento e influencia del clima, ya que en los meses en que se presentó el cuajado y crecimiento de fruto, fueron lluviosos y pudo afectar la población de *Azospirillum* sp.

Resultados similares fueron obtenidos en melón, en el cual no se encontró diferencia significativa entre tratamientos, pero, los frutos producidos cumplieron los estándares de calidad para su comercialización (Aguilar, 2009).

**Cuadro 10.** Espesor de pulpa del fruto de tomate híbrido “Rio supremo”, bajo tres dosis diferentes de *Azospirillum* sp en condiciones de campo. UAAAN, UL. 2011.

N°	TRATAMIENTOS	ESPEJOR DE PULPA (mm.)
2	Dosis baja ( $10^7$ ufc ml <sup>-1</sup> )	6.91
1	Testigo (Tecnogreen)	6.77
4	Dosis alta ( $10^9$ ufc ml <sup>-1</sup> )	6.77
3	Dosis media ( $10^8$ ufc ml <sup>-1</sup> )	6.67
MEDIA		6.78

Diferencia menos significativa (DMS) = 0.83

C.V. = 6.16

#### 4.8 Rendimiento por planta

En el cuadro 11 se presenta el rendimiento por planta obtenido bajo los diferentes tratamientos evaluados. El análisis estadístico para esta variable no detectó diferencia significativa entre tratamientos. Lo anterior indica que las diferentes dosis evaluadas no tuvieron influencia sobre el rendimiento siendo

similares al testigo. Sin embargo, se observa una tendencia a incrementarse el rendimiento en la dosis alta obteniéndose 0.6 kg más con respecto al testigo que fue de 2 kg por planta. Lo cual es de esperar que se refleje en la producción por hectárea.

Experimentos realizados en el INIFAP obtuvieron un incremento medio de 10.5% en rendimiento con biofertilizantes en relación a un testigo absoluto en el cultivo de maíz (Morales, 2006). Los resultados pueden variar por diversidad de los factores ambientales tales como: características del suelo, clima, genotipo y cepa (Ramírez y Luna, 1995).

**Cuadro 11.** Rendimiento por planta del cultivo de tomate híbrido “Rio supremo”, bajo tres dosis diferentes de *Azospirillum* sp en condiciones de campo. UAAAN, UL. 2011.

N°	TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO POR PLANTA (kg.)
4	Dosis alta ( $10^9$ ufc ml <sup>-1</sup> )	2.65
2	Dosis baja ( $10^7$ ufc ml <sup>-1</sup> )	2.15
1	Testigo (Tecnogreen)	2.01
3	Dosis media ( $10^8$ ufc ml <sup>-1</sup> )	1.68
MEDIA		2.12

Diferencia menos significativa (DMS) = 1.19

C.V. = 28

#### 4.9 Rendimiento por hectárea

El análisis estadístico para la variable rendimiento por hectárea no detectó diferencia significativa entre tratamientos (Cuadro 12). Sin embargo la dosis alta

muestra una tendencia a ser superior en rendimiento con 49.04 ton ha<sup>-1</sup> por 37.21 ton ha<sup>-1</sup>.del testigo.

**Cuadro 12.** Rendimiento por hectárea del cultivo de tomate híbrido “Rio supremo”, bajo tres dosis diferentes de *Azospirillum* sp en condiciones de campo. UAAAN, UL. 2011.

N°	TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO (Ton ha <sup>-1</sup> )
4	Dosis alta (10 <sup>9</sup> ufc ml <sup>-1</sup> )	49.04
2	Dosis baja (10 <sup>7</sup> ufc ml <sup>-1</sup> )	39.96
1	Testigo (Tecnogreen)	37.21
3	Dosis media (10 <sup>8</sup> ufc ml <sup>-1</sup> )	31.05
MEDIA		39.31

Diferencia menos significativa (DMS) = 22.07

C.V. = 28

En la Comarca Lagunera el rendimiento en promedio es de 43.8 ton ha<sup>1</sup> SIAP (2010), en base a esto, se puede decir que *Azospirillum* presentó un efecto positivo ya que la dosis alta superó el rendimiento obtenido en la agricultura convencional. Experimentos realizados en el INIFAP a nivel nacional en el año 2000, obtuvieron un incremento de 22.9% en sorgo y 43.3 % en avena de grano (Morales, 2006). Esto indica que *Azospirillum* se comporta diferente en cada especie y en cada región.

## V. CONCLUSIÓN

El biofertilizante a base de cepa 5 de *Azospirillum* sp incrementó el peso de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, número de lóculos y rendimiento a una concentración de  $10^9$  ufc ml<sup>-1</sup> inoculado a la semilla y a la planta. Pero la concentración de  $10^8$  ufc ml<sup>-1</sup> incrementa la altura de planta en el híbrido de tomate "Río Supremo".

*Azospirillum* sp es una alternativa de biofertilización en el cultivo de tomate para la reducción de la contaminación del suelo por los fertilizantes químicos.

## VI. LITERATURA CITADA

- Aguilar, G.F. 2010. Tesis *in: efecto de Azospirillum sp* utilizado como biofertilizante en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.). UAAAN, UL. Torreón, Coah. México. Pp 29-33.
- Aguirre M., J. F. y Aveldaño S. R. Biofertilizantes: antecedentes y su potencial de utilización en frijol. *In: La producción de frijol en la región centro de México*. Acosta-Gallegos (Ed.). Chapingo, Estado de Méx., México, SAGAR, INIFAP-CIRCE, Campo Experimental Valle de México. 203-206 p. Libro Técnico Núm. 2, (En prensa).
- Alcazar E., 1981. Genetics resources of tomatoes and wild relatives. International Board for Plant Genetic Resources, Rome.
- Bashan, y Levanony. 1990. Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. *Can. J. Microbiol.* 36: 591-691.
- Bashan, Y. Holguín G. 1997. *Azospirillum*-plant relationships: environmental and physiological advances. *Canadian Journal of Microbiology.* 43: 103-121.
- Berenguer, J. 2003. Manejo del cultivo de tomate en invernadero. En: Javier Z.Castellanos. y José de Jesús Muñoz. (Eds.) Curso Internacional de Producción de Hortalizas en Invernadero.
- Caballero, M J., L. López R. and R. Bustillos C. 1999. Presence of 16S RNA genes in multiple replicons in *Azospirillum brasilense*. *FEMS Microbiol. Lett.* 178:283-288.

- Collados, C. 2006. Impacto de inoculantes basados en *Azospirillum* modificado genéticamente sobre la diversidad y actividad de los hongos de la micorriza arbuscular en rizósfera de trigo y maíz. Tesis doctoral. UGFC, España, p 4-11.
- Corpeño, B. 2004. Manual del Cultivo de Tomate. Centro de inversión, desarrollo y exportación de agro negocios. El salvador. Pp 2,6.
- Croes, C. L., E. Van Bastelaere, E. Declercq, M. Eyers, J. Vanderleyden, and K. W. Michiels. 1991. Identification and mapping of the involved in motility, adsorption to wheat roots, colony morphology, and growth in minimal medium on the *Azospirillum brasilense* Sp7 90-MDa plasmid. Plasmid 26:83-93.
- Dibut, B. 2001. Obtención de un biofertilizante y bioestimulador del crecimiento vegetal para su empleo en la cebolla. Tesis de doctorado, La Habana, 104 pp.
- Dileep, B. C. Y. H.C. Dubet. 1992. Seed bacterization with a fluorescent pseudomonas for enhanced plant growth, yield and disease control. Soil Biology and biochemistry 24(6): 539-542.
- Espinosa, Z., C. y S. Álvarez. 2002. Producción de plántulas de chile en charolas en Durango. Desplegable para productores Núm. 28. Campo Experimental "Valle del Guadiana". INIFAP.
- FAO.2004.([http://www.alimentosargentinos.gov.ar/03/revistas/r\\_31/cadenas/tomate\\_indus.htm](http://www.alimentosargentinos.gov.ar/03/revistas/r_31/cadenas/tomate_indus.htm)).

- Fendrik, I., M. del Gallo., J. Vanderleyden., M. de Zamaroczy. 1995. *Azospirillum* and relate microorganisms genetic-physiology-ecology. *Ecologica Sciensces* 37 (12): 557.
- Ferlini, H. A. 2006. Importancia del uso de Biofertilizante en Sistema de Producción Agrosostenible. (<http://inforganic.com/node/1166>).
- Gafny, R., Y. Okon, Y. Kapulnik, and M. Fischer. 1986. Adsorption of *Azospirillum brasilense* to corn roots. *Soil Biol. Biochem.* 18:69-75.
- Garza, L., J. 1985. Las hortalizas cultivadas en México: Características botánicas. Fitotecnia, UACH, México.
- Goendi, D.H.R. Saraswati and J.A. Adiningsih. 1995. Nutret-solubilizing and aggregate-stabilizing microbes isolated from selected humid tropical soil. *Menara-Perkebunam (Indonesia)* 63 (2):60-66.
- Guzmán, M. y A. Sánchez. 2000. Sistemas de Explotación y Tecnología de Producción. En: J. Z. Castellanos y M. Guzmán Palomino (Eds). *Ingeniería, Manejo y Operación de invernaderos para la Producción Intensiva de Hortalizas*. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola, S. C.
- Heiser, C.J. 1969. Lave apples. In *Nightshades: The Paradoxican Plants*. Freeman San Francisco CA, pp. 53-55. Infoagro. 2004. El Cultivo de Tomate. León G., H. M. 2001. *Manual para el cultivo de tomate en invernadero*. Gobierno del Estado de Chihuahua.
- Infoagro. 2004. El Cultivo de Tomate. Primera parte. (<http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>). Consulta: 25/10/2011.

- Itzigsohn, R., and Y. Okon. 1995. The development of *Azospirillum* as a commercial inoculant for improving crop yields. *Biotechnol. Adv.* 13:415-424.
- Kapulnik, Y., M. Feldman, Y. Okon, and Y. Henis. 1985. Contribution of nitrogen fixed by *Azospirillum* to the N nutrition of spring wheat in Israel. *Soil Biol. Biochem.* 17:509-515.
- Kloepper, J. W. R. Lifshitz y R. M. Zablotowilz. 1989. Hortalizas de fruto *in* Manual del cultivo maduro. Editorial Vecchi. Barcelona, España. 35-39.
- León, G., H. M. 2001. Manual para el cultivo de tomate en invernadero. Gobierno del Estado de Chihuahua.
- Lesur, L. 2006. Manual del cultivo de tomate. 1<sup>ra</sup> ed. Editorial Trillas. México, DF. Pág. 12-14.
- Levanony, H., and Y. Bashan. 1988. Enhancement of cell division in wheat root tips and growth of root elongation zone induced by *Azospirillum brasilense* Cd. *Can. J. Bot.* 67:2213-2216.
- Levanony, H., and Y. Bashan. 1991. Active attachment of *Azospirillum brasilense* to root surface of non-cereal plants and to sand particles. *Plant Soil* 91-97.
- Maroto, J. V. 2002. Hortalizas Aprovechables por sus frutos. En: horticultura herbácea especial. Ed., Grupo Mundo-Prensa. España. pp., 403-407.
- Martínez, R., Dibut, B., I. Casanova., M. Ortega. 1997. Acción estimuladora de *Azotobacter chroococum* sobre el cultivo de tomate en suelo

ferralítico rojo. Efecto sobre los semilleros. *Agrotecnia de Cuba* 27 (1): 23-26.

Martínez, R. y Dibut, B. 1996. Los biofertilizantes como pilares básicos de la agricultura sostenible. En INIFAT. Curso Taller "Gestión medio ambiental de desarrollo rural". Cuba: INIFAT, p63-81.

Martínez, M. J. (2004) Respuesta de la biofertilización en el crecimiento y rendimiento de sorgo de grano en Linares, Nuevo León. In: memoria del simposio de Biofertilización. A. Diaz-Franco, N. Mayec-Pérez, A. Mendoza, N Maldonado-Moreno (eds). 25 de noviembre de 2004. Rio Bravo, Mexico. pp: 42-52.

Martínez, U. R. 2002. Biofertilización y producción Agrícola sostenible. Retos y perspectivas. XIII Congreso Científico del INCA. La Abana.

Michiels, K. W., C. L. Croes, and J. Vanderleyden. 1991. Two different modes of attachment of *Azospirillum brasilense* Sp7 to wheat roots. *J. Gen. Microbiol.* 137:2241-2246.

Mondoñedo, J. R. 2004. Manuales para Educación Agropecuaria, Producción Vegetal; 16. Ed. Trillas. México, DF. Pp. 35-38.

Morales, I. M. 2006. Análisis, en: Los Biofertilizantes. Una alternativa productiva, económica y sustentable. UNAM, México, DF. Pp., 107-109. ([http://www.pa.gob.mx/publica/rev\\_36/Marcel%20Morales%20Ibarrera.pdf](http://www.pa.gob.mx/publica/rev_36/Marcel%20Morales%20Ibarrera.pdf)).

New, P. B., and I. R. Kennedy. 1989. Regional distribution and pH sensitivity of *Azospirillum* associated with wheat roots in Eastern Australia. *Microb. Ecol.* 17:299-309.

- Nuez, F. y Esquinas. 2001. El cultivo del tomate. Ediciones mundi – prensa Madrid, Barcelona, México. Pp. 16-32.
- Peña, C., H. Sánchez S., J.J. Mertens, R. Willmitzer, L. And Prat, S. 1989. Abscisic acid is involved in the wound-induced expression of the proteinase inhibitor II gene in potato and tomato. Proc Natl Acad Sci USA 86:9851-9855.
- Pérez, M. D. 2001 evaluación de micro nutrientes aplicados en las solución nutritiva y foliarmente para la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de hidroponía. Tesis de licenciatura. UAAAN UL. Torreón Coahuila México. Pp. 35.
- Ramírez G. R., B. Luna M. (1995) Simbiosis asociativas. *In:* Agromicrobiología. Elemento útil en la Agricultura sostenible. R. ferrera-Cerrato, J. Pérez M (eds). Colegio de postgraduados. Montecillo, México. Pp: 143-165.
- Rodríguez, R.; Tabares, J.M. y Medina, J.A. 2001. Cultivo moderno del tomate. 2ª. Ed. Mundi-Prensa. España.
- SIAP.2010.([http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=351](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351)).
- Terry, E.A., Leyva A., Hernández A. 2005. Microorganismos Benéficos Como Biofertilizantes Eficientes Para el Cultivo de Tomate (*Lycopersicon Esculentum*, Mill). Rev. Colomb. de Biotecnol. Vol. VII, Numero 002. Pp 49-51.

Umali G, M., D. H. Hubbell, M. H. Gaskins, and F. B. Dazzo. 1980. Association of *Azospirillum* with grass roots. *Appl. Environ. Microbiol.* 39:219226.

Villareal R.M., Hernández V.S., Sánchez P.P., García E. R.(2006). Efecto de cobertura con leguminosas en rendimiento y calidad del tomate. *Terra Latinoam.* 24: 549-550.

## VII. APÉNDICE

Cuadro A1. Análisis de varianza para la variable altura de planta en los tratamientos de *Azospirillum sp* y un testigo UAAAN, UL. 2011.

CAUSA DE VARIANZA	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA
Tratamiento	3	76.4155	25.4718	0.56	Ns
Repetición	2	54.8423	27.4211	0.60	Ns
Error	6	272.8136	45.4689		
Total	11	404.0714			

Ns = no significativo

C.V. = 11.57

Cuadro A2. Análisis de varianza para la variable peso de fruto en los tratamientos de *Azospirillum sp* y un testigo UAAAN, UL. 2011.

CAUSA DE VARIANZA	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA
Tratamiento	3	477.4412	159.1470	0.40	Ns
Repetición	2	923.9906	461.9953	1.17	Ns
Error	6	2378.6905	396.4450		
Total	11	3780.10			

Ns = no significativo

C.V. = 18.24

Cuadro A3. Análisis de varianza para la variable diámetro polar en los tratamientos de *Azospirillum sp* y un testigo UAAAN, UL. 2011.

CAUSA DE VARIANZA	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA
Tratamiento	3	0.4312	0.1437	1.07	Ns
Repetición	2	0.5433	0.2716	2.02	Ns
Error	6	0.8088	0.1348		
Total	11	1.7834			

Ns = no significativo

C.V. = 5.85

Cuadro A4. Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial en los tratamientos de *Azospirillum sp* y un testigo UAAAN, UL. 2011.

CAUSA DE VARIANZA	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA
Tratamiento	3	0.2806	0.0935	0.98	Ns
Repetición	2	0.2561	0.1280	1.34	Ns
Error	6	0.5748	0.0958		

Total 11 1.1116

Ns = no significativo

C.V. = 5.48

Cuadro A5. Análisis de varianza para la variable sólidos solubles en los tratamientos de *Azospirillum sp* y un testigo UAAAN, UL. 2011.

CAUSA DE VARIANZA	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA
Tratamiento	3	0.1149	0.0383	0.35	Ns
Repetición	2	1.4018	0.7009	6.41	*
Error	6	0.6559	0.1093		

Total 11 2.1727

Ns = no significativo

\* = Significativo

C.V. = 8.85

Cuadro A6. Análisis de varianza para la variable número de lóculos en los tratamientos de *Azospirillum sp* y un testigo UAAAN, UL. 2011.

CAUSA DE VARIANZA	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA
Tratamiento	3	0.1343	0.0447	0.65	Ns
Repetición	2	0.2041	0.1020	1.47	Ns
Error	6	0.4163	0.0693		

Total 11 0.7547

Ns = no significativo

C.V. = 6.87

Cuadro A7. Análisis de varianza para la variable espesor de pulpa en los tratamientos de *Azospirillum sp* y un testigo UAAAN, UL. 2011.

CAUSA DE VARIANZA	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA
Tratamiento	3	0.0874	0.0291	0.17	Ns
Repetición	2	0.9906	0.4953	2.84	Ns
Error	6	1.0482	0.1747		

Total 11 2.1262

Ns = no significativo

C.V. = 6.16

Cuadro A8. Análisis de varianza para la variable rendimiento por planta en los tratamientos de *Azospirillum sp* y un testigo UAAAN, UL. 2011.

CAUSA DE VARIANZA	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALC	SIGNIFICANCIA
Tratamiento	3	1.4636	0.4878	1.37	Ns
Repetición	2	2.6125	1.3062	3.66	Ns
Error	6	2.1389	0.3564		

Total 11 6.215

Ns = no significativo

C.V. = 28.10

Cuadro A9. Análisis de varianza para la variable rendimiento por hectárea en los tratamientos de *Azospirillum sp* y un testigo UAAAN, UL. 2011.

CAUSA DE VARIANZA	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA
Tratamiento	3	503.3382	167.7794	1.37	Ns
Repetición	2	890.4901	445.2450	3.65	Ns
Error	6	732.3806	122.0634		

Total 11 2126.2

Ns = no significativo

C.V. = 28.09