

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Impacto de *Azospirillum* sp y Selenio Sobre el Cultivo de
Tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Por:

NAZARIO ORTEGA OCAMPO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre de 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Impacto de *Azospirillum* sp y Selenio Sobre el Cultivo de
Tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Por:

NAZARIO ORTEGA OCAMPO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada


Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal
Asesor Principal


Dr. Adalberto Benavides Mendoza
Coasesor


Dra. Francisca Ramírez Godina
Coasesor


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía
Coordinación
División de Agronomía
Saltillo, Coahuila, México

Noviembre de 2014

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso, por permitirme llegar a esta etapa tan importante de mi vida, gracias señor por darme sabiduría y la habilidad de haber concluido mi carrera profesional, gracias de todo corazón.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) por darme la oportunidad de ofrecermé sus servicios y conocimientos, con ella obtuve mi formación como Ingeniero Agrónomo gracias **ALMA TERRA MATER**.

A la Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal, por darme la oportunidad de trabajar en este proyecto de investigación, la atención brindada en todo momento y su conocimiento transmitido en la realización de este trabajo.

A la Dra. Francisca Ramírez Godina por su atención brindada y la orientación necesaria sobre esta investigación.

Al Dr. Adalberto Benavides Mendoza, por brindarme la atención prestada y la orientación necesaria sobre mi trabajo de investigación.

Al M.C. Daily Vázquez Morales por aceptarme en su proyecto de investigación, por todo sus conocimientos compartidos y sus consejos

A T.A. Martina de la Cruz Casilla por apoyarme en todo momento y compartir su tiempo en este trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres: Nazario Ortega Calderon Y Lucia Ocampo Salgado

Gracias a ellos que me dieron la vida, que lograron que yo pudiera cumplir mis metas y mi sueños, gracias a ellos soy lo que soy ahora, mil gracias por su apoyo incondicional, por haberme sabido educar, guiarme por el camino del bien, brindarme todo su amor, comprensión y depositar toda su confianza. Le doy gracias a dios por tenerlos conmigo mil gracias los amo.

A mi carnal: Oscar Ortega Ocampo

Gracias por sus ánimos y motivación para salir adelante, por confiar en mí y apoyarme en todo lo que se requería y fuese necesario, gracias carnal.

A mi novia: Itzel Bastida Rodríguez gracias por caminar conmigo en este arduo camino, por confiar y creer en mí, por tu gran apoyo y motivación incondicional, esto es el sacrificio de ambos.

A mi tía que es casi para mí como mi segunda madre: **Elena Ocampo**, a mis tíos **Ranulfo Ocampo**, **Bernabé Calderon** y mi única abuela **Ángela Calderon**, gracias por sus sabios consejos.

A todos mis primos que son para mí mis hermanos también: **Mauricio**, **Julio**, **Lenita**, **Berna**, **Manuel** gracias también a ustedes por sus ánimos y consejos.

¡MIL GRACIAS A TODOS!

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
INDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	8
OBJETIVO	10
HIPÓTESIS	10
REVISIÓN DE LITERATURA	11
Origen del tomate.....	11
Importancia del cultivo del tomate.....	11
El cultivo de tomate en invernadero.....	11
Producción nacional.....	12
Clasificación taxonómica.....	12
Requerimientos del cultivo.....	12
-Temperatura.....	12
-Humedad.....	12
-Luminosidad.....	12
-Suelo.....	12
Fertilizantes.....	13
Biofertilizantes.....	13
-Beneficios que se obtienen con la aplicación de biofertilizantes.....	14
-Bacterias promotoras de crecimiento.....	14
-Géneros más usados.....	15
-Importancia.....	15
- <i>Azospirillum</i> sp.....	16
-Trabajos con <i>Azospirillum</i> sp.....	17
-Nitrógeno fijado.....	17

-Métodos de inoculación.....	18
Selenio.....	18
-Importancia del selenio.....	18
-Concentración en suelos.....	19
-Selenio en plantas.....	19
Variables modificadas con la aplicación de biofertilizantes.....	20
-Rendimiento.....	20
-Grosor de tallo.....	21
-Longitud de raíz.....	22
-Sólidos solubles totales (°B).....	22
-Diámetro polar y ecuatorial.....	23
MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
Localización del área experimental.....	24
Descripción del experimento.....	24
Descripción de tratamientos.....	25
DISEÑO EXPERIMENTAL.....	27
MODELO ESTADÍSTICO.....	27
VARIABLES EVALUADAS.....	27
-Rendimiento.....	27
-Grosor de tallo.....	27
-Longitud de raíz.....	28
-Sólidos solubles totales (°B).....	28
-Diámetro polar y ecuatorial.....	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
CONCLUSIÓN.....	35
LITERTURA CITADA.....	36
ANEXOS.....	44

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	La solución nutritiva propuesta por Steiner.....	26
2	Componentes de la solución Steiner en miliequivalentes por litro.....	26
3	Descripción del arreglo de tratamientos en el invernadero de horticultura con plantas de tomate híbrido “Toro”.....	27
4	Prueba de comparación de medias de Duncan ($p \leq 0.05$) de caracteres agronómicos en tomate Híbrido “Toro” inoculadas con <i>Azospirillum</i> sp y selenio en invernadero.....	29
5	Prueba de comparación de medias de Duncan ($p \leq 0.05$) de caracteres de calidad en tomate Híbrido “Toro” inoculadas con <i>Azospirillum</i> sp y selenio en invernadero.....	33
1 A	Análisis de varianza para la variable rendimiento con la aplicación de <i>Azospirillum</i> sp y selenio en plantas de tomate saladette híbrido “Toro” en invernadero.....	45
2 A	Análisis de varianza para la variable grosor de tallo con la aplicación de <i>Azospirillum</i> sp y selenio en plantas de tomate saladette híbrido “Toro” en invernadero.....	45

3 A	Análisis de varianza para la variable longitud de raíz con la aplicación de <i>Azospirillum</i> sp y selenio en plantas de tomate saladette hibrido “Toro” en invernadero.....	46
4 A	Análisis de varianza para la variable sólidos solubles (°B) con la aplicación de <i>Azospirillum</i> sp y selenio en plantas de tomate saladette hibrido “Toro” en invernadero.....	46
5 A	Análisis de varianza para la variable diámetro polar con la aplicación de <i>Azospirillum</i> sp y selenio en plantas de tomate saladette hibrido “Toro” en invernadero.....	47
6 A	Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial con la aplicación de <i>Azospirillum</i> sp y selenio en plantas de tomate saladette hibrido “Toro” en invernadero.....	47

RESUMEN

La aplicación de bacterias del género *Azospirillum* clasificadas como promotoras del crecimiento vegetal representan una alternativa en la agricultura orgánica, ya que favorecen la reducción del uso de fertilizantes nitrogenados. Por otra parte el selenio elemento presente en la naturaleza en muchas formas diferentes (inorgánico, orgánico, sólido, líquido y gas) es esencial para animales y seres humanos en cantidades mínimas pero perjudicial en exceso, además es considerado esencial para las plantas.

Por tal motivo el presente estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de la inoculación con *Azospirillum* sp y la aplicación de selenio en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), híbrido "Toro" en las variables agronómicas: rendimiento de fruto, grosor de tallo, longitud de raíz y variables de calidad como sólidos solubles totales (°B), diámetro polar y ecuatorial.

El experimento consistió en estudiar la inoculación con *Azospirillum* sp de 10^6 ufc ml⁻¹, 2 ppm de selenio, y la aplicación del 100 % y 25 % de Nitrógeno, con 5 tratamientos y 20 repeticiones. El experimento se estableció bajo un diseño de bloques al azar, se realizó un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias (Duncan $P \leq 0.05$) donde indica que la aplicación de *Azospirillum* sp (10^6 UFC ml⁻¹) con el 100 % de N más 2 ppm de selenio incrementa el rendimiento de fruto, la aplicación de *Azospirillum* sp (10^6 UFC ml⁻¹) con el 25% de N tiene efectos positivos para la variable diámetro polar de fruto, con el 100% de N y *Azospirillum* sp (10^6 UFC ml⁻¹) se incrementa el grosor de tallo y con la adición de 2 ppm de selenio mejora la longitud de raíz. Esto indica que *Azospirillum* (10^6 UFC ml⁻¹) y la adición de 2 ppm de selenio tienen efectos positivos en el rendimiento de fruto y calidad de planta en tomate híbrido Toro.

Palabras clave: *Azospirillum*, biofertilizante, solución nutritiva Steiner, selenio, tomate, híbrido.

INTRODUCCIÓN

Una de las hortalizas de mayor demanda es el tomate (*Solanum lycopersicum* L.), por su alto consumo a nivel mundial y para los productores ya que representa un medio de entrada de grandes cantidades de divisas.

Es el segundo cultivo más importante de todas las hortalizas a nivel mundial, junto con la papa (*Solanum Tuberosum*). En el año 2013 se alcanzó una producción mundial cerca de los 160 millones de Ha de una superficie de 4.73 millones de ha cosechada (FAOSTAT, 2013).

En el año de 2013 México obtuvo una producción total de 2, 694,350.19 toneladas en una superficie cosechada de 47,099.36 Ha, obteniendo así un valor de 15, 045,508.72 pesos, en la modalidad de riego+ temporal (SIAP 2013).

Por otro lado, es evidente la degradación de los recursos naturales debido a las actividades agrícolas (Santillana, 2006), por lo que se debe fomentar el uso y manejo de los recursos de los agroecosistemas, en este sentido los biofertilizantes constituyen un componente vital de sistemas sostenibles, es económico además de que reduce los insumos externos y mejora la calidad de los recursos internos (Mejía, 1995).

La aplicación de bacterias que interaccionan con las plantas es una opción viable en muchos países y en la actualidad se buscan el desarrollo de biofertilizante basados en bacterias promotoras del crecimiento vegetal, en particular con la bacteria *Azospirillum*, fijadora de nitrógeno y productora de fitohormonas (Rodríguez, 2009). Otros de los beneficios de la aplicación de bacterias como biofertilizantes en plantas son: fijación biológica de nitrógeno (Fuentes-Ramírez *et al.*, 2006, Zaid *et al.*, 2010), incremento en el área superficial de la raíz (Singh *et al.*: 2011), mejoran su rendimiento (Carcaño-Montiel *et al.*, 2006, Bashan *et al.*, 2010, 2011).

Otro aspecto importante es la concentración de selenio en plantas. El selenio fue descubierto por el químico sueco Jöns Jacob Berzelius en 1817 (Terry, Zayed, De Souza, & Tarun, 2000). Se consideró por mucho tiempo un elemento tóxico presente en las minas y fijado en el suelo por las plantas. Fue hasta el año de 1957 que el selenio fue reconocido como un elemento esencial en varias formas de vida (Hatfield *et al.*, 2006).

El Se, al igual que el S, tiene varios estados de oxidación como selenuro (Se^{2-}), selenio elemental (Se^0), selenito (Se^{4+}) y selenato (Se^{6+}). Las formas oxidadas del selenio (Se^{4+} y Se^{6+}) son absorbidas por las plantas debido a su alta solubilidad, mientras que el Se^0 y el Se^{2-} son insolubles, por lo cual difícilmente son absorbidas por las plantas (Broadley *et al.*, 2006).

Las plantas varían considerablemente en su respuesta fisiológica al selenio. Algunas especies de plantas que crecen en suelos seleníferos son tolerantes y acumulan de cientos a varios miles de mg kg^{-1} de Se en sus tejidos (acumuladoras de Se), las cuales se componen de un número de especies de *Astragalus*, *Stanleya*, *Morinda*, *Neptunia*, *Oenopsis*, and *Xylorhiza*. Sin embargo, la mayoría de las plantas son sensibles al selenio (no acumuladoras de Se), conteniendo menos de 25 mg kg^{-1} de Se (Terry *et al.*, 2000)

El consumo regular de alimentos que contengan menos de 0,02 a 0,10 mg de selenio kg^{-1} puede dar lugar a síntomas de deficiencia, mientras que las concentraciones superiores a $4\text{-}5 \text{ mg Se kg}^{-1}$ en la dieta puede causar efectos tóxicos en animales domésticos (Underwood & Suttle, 1999)

OBJETIVO

Determinar el efecto de *Azospirillum* sp y selenio sobre el rendimiento, longitud de raíz y calidad de las plantas de tomate.

HIPÓTESIS

Al menos una de las concentraciones de *Azospirillum* sp y selenio pueden mejorar 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* se reporta en la región andina lo que hoy comprende Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile. (Esquinas & Nuez 2001; Rodríguez *et al.*, 2001). Fue llevado por los distintos pobladores de un extremo a otro, extendiéndolo así por todo el continente (Rodríguez *et al.*, 2001)

Importancia del cultivo

En México, el tomate es el cultivo hortícola de mayor importancia en lo económico y lo social, debido a la superficie sembrada, a su volumen en el mercado nacional y todas las divisas que este genera. Su popularidad se debe a su aceptable sabor y la disponibilidad del fruto en una amplia gama de ambientes, además de su facilidad para ser cultivado (Cruz, 2007)

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 2010).

El cultivo de tomate en invernadero

Debido a la superficie dedicada a este cultivo y el valor de su producción, el tomate es la hortaliza número uno en el mundo. La planta de tomate es arbustiva e indeterminada, puede tener un ciclo de vida superior a un año, aunque se cultiva como anual.

Para invernadero se utilizan las variedades de crecimiento indeterminado pues permite tener producción durante periodos largos si se manejan de forma adecuada. El manejo del cultivo es la clave para obtener altos rendimientos y calidad del fruto (Castellanos, 2011).

Producción Nacional

En el año de 2013 México alcanzó una producción total de 2, 694,350.19 toneladas en una superficie cosechada de 47,099.36 Ha, obteniendo así un valor de 15, 045,508.72 pesos, en la modalidad de riego y temporal (SIAP 2013).

Clasificación taxonómica

Es una planta dicotiledónea de la familia de las solanáceas, su taxonomía (Foolad, 2007):

Reino: *Plantae*
Subreino: *Traqueobinta*
Superdivisión: *Spermatophyta*
Clase: *Magnoliopsida*
Subclase: *Asteridae*
Orden: *Solanales*
Suborden: *Solanineae*
Familia: *Solanaceae*
Género: *Solanum*
Especie: *Lycopersicum*

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 m² óptimos para floración y cuajado.

Suelo.-pH de 6.2 a 6.8 (SAGARPA 2010).

Fertilizantes

Los fertilizantes químicos deben ser utilizados con precaución, generalmente se sugiere evitar los excesos, fuera de ciertos umbrales de los aportes suplementarios, ya que encarecen la producción, y pueden ser tóxicos para las plantas e impactar negativamente el entorno (Caviglio *et al.*, 2004).

Se ha documentado que pueden afectar la densidad de 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).

Existen fertilizantes simples (contiene un nutriente principal) y el fertilizante compuesto (compuesto de dos o más nutrientes principales N, P y K). Estos fertilizantes son generalmente incorporados al suelo, pero pueden ser también aportados por el agua de riego.

Las alternativas propuestas para evitar el uso excesivo de fertilizantes, es 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

Actualmente para incrementar los rendimientos en los distintos sistemas de producción agrícola es necesario utilizar fertilizantes químicos que aumenten el rendimiento y beneficio económico; sin embargo el costo de los fertilizantes, es del 10 y 25% de la producción total de los agricultores (Salgado-García & Núñez-Escobar, 2010).

Beneficios que se obtienen con la aplicación de biofertilizantes

- Reducción de los costos de producción por la sustitución de entre 30 y 50% del fertilizante nitrogenado, y hasta un 70% del fertilizante fosfórico.

-Incremento de los rendimientos de los cultivos (entre 15 a 30%) lo cual permite cubrir en mayor nivel, las necesidades alimentarias de la población y le permite a los agricultores obtener mayores beneficios económicos por sus productos agrícolas (Salgado-García & Núñez-Escobar, 2010).

Un elemento tecnológico que ayuda a la sostenibilidad en el sistema agrícola es la biofertilización, que de manera conjunta promueve la sanidad de los cultivos y reduce la utilización de agroquímicos sintéticos (Díaz-Franco *et al.*, 2012).

Armenta *et al.* 2010 define a los biofertilizantes como microorganismos aplicados al suelo y/o planta con el fin de sustituir la fertilización sintética, y por consiguiente una disminución en la contaminación por agroquímicos.

Bacterias promotoras de crecimiento

Las (BPCP) son un grupo de diferentes especies de bacterias que pueden incrementar el crecimiento y productividad vegetal. Entre los organismos más conocidos están las especies de los géneros *Rhizobium*, *Pseudomonas*, y *Azospirillum*.

Se clasifican en 2 grupos, la primera: bacterias promotoras de crecimiento en plantas, donde la bacteria afecta a la planta suprimiendo otros organismos, la segunda: Bacterias promotoras de crecimiento en plantas con capacidad de control biológico, las cuales promueven el crecimiento de la planta al suprimir los patógenos (Bashan & Holguin, 1998).

Las BPCV que facilitan la adquisición de nutrimentos del suelo se encuentran las productoras de sideróforos (*Pseudomonas* sp.), las que oxidan azufre (*Thiobacillus* sp.), las solubilizadoras de fósforo (*Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp.) y las fijadoras de nitrógeno (*Azospirillum* sp.), (Vessey, 2003; Souchie *et al.*, 2006).

Géneros más usados

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

La asociación planta-bacterias fijadoras de nitrógeno ha sido estudiada en plantas anuales y perennes debido a que contribuyen en el efecto directo del crecimiento de la planta, por la producción de fitohormonas, en la disponibilidad de nutrimentos y en la reducción de las poblaciones de patógenos de la raíz (Rao & Krishna 2006).

La mayor proporción de nitrógeno en todo el mundo proviene de los ecosistemas terrestres y acuáticos proviene de la fijación biológica, FBN (Roesch *et al.*, 2008). Es el caso de *Azospirillum* (Lodewyckx *et al.*, 2002), que se establece y alimenta en la raíz (Akello *et al.*, 2008) y suministra nitrógeno a la planta (Mayz-Figueroa 2004). *Azospirillum* es la rizobacteria de importancia para mejorar el crecimiento o rendimiento de cultivos, bajo diversos ambientes y condiciones edáficas en las que se encuentre (Bashan *et al.*, 2004).

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 primera cepa de *Azospirillum* se aisló en Holanda por Beijerinck (Beijerinck, 1925) a partir de suelos arenosos pobres de nitrógeno, y lo denominó como *Spirillum lipoferum*.

El género *Azospirillum* sp está conformado por bacterias Gram negativas, que poseen un movimiento vibratorio característico en forma de espiral, son heterotróficas, de vida libre y fijan nitrógeno.

Se han descrito 10 especies: *A. brasilense*, *A. lipoferum*, *A. amazonense*, *A. halopraeferans*, *A. irakense*, *A. largimobil*, *A. dobereineriae*, *A. orizae*, *A. melinis* y *A. canadense*. Las cuales se han aislado de la rizósfera o del interior de la planta (endofíticas), de diferentes monocotiledóneas o dicotiledóneas, en regiones templadas y tropicales del mundo (Aguilar *et al.*, 2008).

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 que no nodulan (Bashan & Holguín, 1997).

Este género es muy promisorio como inoculante para las plantas; pues tienen un número de características interesantes que las hace adaptables para establecerse entre ellas mismas en el extremadamente complejo medio competitivo de la rizósfera (Burdman, Jurkevitch & Okon, 2000).

Se ha demostrado que los cultivos puros de *Azospirillum* sp producen auxinas, citoquininas y sustancias similares a giberelinas, hormonas que participan en el desarrollo vegetal (Kapulnik *et al.*, 1985).

Trabajos con *Azospirillum*

Terry *et al.*, 2005 evaluaron bacterias benéficas en cultivo de tomate, encontrando que el género más abundante en la rizósfera era *Azospirillum* y que su inoculación artificial tiene un efecto positivo ya que aumenta el tamaño y el estado nutricional de la planta; esos autores obtuvieron un rendimiento de un 11% más comparado con el testigo sin inocular.

Núñez-Sosa *et al.*, 2005 evaluaron la utilización de *Azospirillum* y *Glomus fasciculatum* en el cultivo de zanahoria a diferentes concentraciones de materia orgánica, obtuvieron los mejores rendimientos en la coinoculación de *Azospirillum* y *Glomus fasciculatum*, y la inoculación simple de *Glomus fasciculatum*.

La inoculación mediante *Azospirillum* a diferentes tiempos no tiene una influencia significativa en rendimiento aéreo y radicular del sorgo; sin embargo a diferentes dosis como: 1 y 3 ml y concentraciones de 10^4 a 10^6 ufc ml⁻¹ los resultados difieren (Hernández *et al.*, 1996).

Nitrógeno fijado

Las cepas silvestres de *Azospirillum* fijan el nitrógeno atmosférico, como bacterias libres o en asociación con plantas ya que participan en transformaciones relacionadas al ciclo del nitrógeno (Heulin *et al.*, 1989; Hurek *et al.*, 1988; Tarrand *et al.*, 1978).

El nitrógeno total que se incorpora a las plantas, más del 60% es por medios biológicos de asociaciones de bacterias con las plantas (Alemán-Martínez, 2006).

Métodos de inoculación

Esta puede ser líquida o sólida, sin embargo, la inoculación líquida al suelo es la más importante, porque al estar la bacteria en condiciones húmedas del suelo, aumenta su sobrevivencia siempre que sea a temperaturas bajas (Zvietcovich 2004).

Los mejores resultados se han obtenido a partir de suspensiones de turba vertido por goteo al surco o distribuyendo el inoculante de turba en el momento de la siembra. De esta manera se satisfacen los requerimientos de un buen inoculante (acarreador químicamente inerte, seco, uniforme, biodegradable y permite la liberación gradual de las bacterias durante periodos largos (1 mes aproximadamente), y puede ser reproducido a gran escala (Bashan *et al.*, 1996).

Selenio

El selenio (Se) es un elemento que está presente en nuestro medio ambiente de distintas formas ya sea: inorgánico, orgánico, sólido, líquido y gas, (Acuña, Jorquera, Barra, Crowley, & De la Luz, 2012)

Fue descubierto por el químico sueco Jöns Jacob Berzelius en 1817. Se consideró por mucho tiempo un elemento tóxico presente en las minas y fijado en el suelo por las plantas. Fue hasta el año de 1957 que el selenio fue reconocido como un elemento esencial en varias formas de vida (Hatfield *et al.*, 2006).

Importancia del Selenio

El selenio es un microelemento importante en los agroecosistemas debido a que es un buen nutriente esencial para la salud humana y animal, pero que sin embargo es tóxico a altas concentraciones. Su característica de micronutriente implica que el rango de concentración entre requerimiento y toxicidad es bastante estrecho.

Al respecto, los requerimientos nutricionales de los animales varían entre 0,1 y 0,3 mg kg⁻¹ de materia seca (NRC, 1983; 2000), mientras que dietas con concentraciones entre 2 y 5 mg kg⁻¹ causan toxicidad en el ganado (Wilber, 1980; Wu *et al.*, 1996).

En el caso de los seres humanos, los niveles dietarios más aceptados corresponden a 55 y 70 µg selenio día⁻¹ para mujeres y hombres adultos respectivamente. (Birringer *et al.*, 2002) revisaron la bioquímica del selenio y las implicancias médicas de un suministro deficiente. En este contexto, se ha determinado que el selenio presenta un efecto anticarcinogénico más activo en dosis de 200 µg de Se día⁻¹.

Concentración en suelos

La concentración de selenio en los suelos y cultivos varía considerablemente debido a diferencias en el material parental de suelos, condiciones climáticas y vegetación. En la mayoría de los suelos existen concentraciones de selenio total entre 0,1 y 0,2 mg kg⁻¹, con un promedio de 0,2 a 0,3 mg kg⁻¹ (Fishbein, 1991; Dungan & Frankenberger, 1999) mientras que se han reportado concentraciones de Se total superiores a 1200 mg kg⁻¹ y contenidos de selenio soluble en agua de 38 mg kg⁻¹ en suelos seleníferos (Lakin, 1972).

En algunas partes de México el selenio en el suelo es bajo con concentraciones de hasta 0.05 mg kg⁻¹ (Ramírez-Bribiesca *et al.*, 2001). En sedimentos en Sonora (García-Hernández *et al.*, 2000) reportaron valores de selenio de 0.8-1.8 mg kg⁻¹, lo cual se considera adecuado para cultivos como *Lolium perenne* y *Lactuca sativa* (Hartikainen *et al.*, 2000; Xue *et al.*, 2001).

Selenio en las plantas

El selenio, al igual que el azufre tiene múltiples estados de oxidación y por ello muchas formas químicas. Sin embargo en las plantas se absorbe y transporta como selenito (Se⁴⁺) y selenato (Se⁶⁺).

El selenito o selenato una vez absorbidos pueden permanecer en forma inorgánica, volatilizarse como metil-seleniuro o asimilarse en formas reducidas acopladas a seleno-aminoácidos y seleno-proteínas, moléculas con una elevada capacidad antioxidante y de detoxificación de xenobióticos (Becvort, 2011). Sin embargo, la mayoría de las plantas son sensibles al selenio, conteniendo menos de 25 mg kg^{-1} de Se (Terry *et al.*, 2000).

Las plantas de tomate para las cuales más de $25 \text{ }\mu\text{g}$ de selenio/1 g de peso seco de raíces y hojas provoca toxicidad (White *et al.*, 2004). Esta puede manifestarse a través de estrés oxidativo considerando la habilidad pro-oxidante del selenio o por sustitución competitiva del azufre en las proteínas (Hartikainen *et al.*, 2000).

Variables modificadas con la aplicación de biofertilizantes

Rendimiento

Boldrin *et al.*, 2013 evaluaron el efecto de diferentes formas y fuentes de aplicación de selenio en el crecimiento de arroz, los resultados muestran que la aplicación selenato al suelo es más eficaz para disparar la producción de materia seca y la acumulación de grano de selenio que el selenito. La aplicación foliar de tanto selenato y selenito aumentó el rendimiento de grano.

Benavides-Mendoza *et al.*, 2011, estudiaron el efecto de la aplicación de selenito de sodio, en el riego y por aspersion foliar, sobre la acumulación de selenio en el fruto, tallos y hojas de tomate en invernadero. Se verificó el efecto sobre el crecimiento de la planta, el rendimiento y la capacidad antioxidante total (TAS) de los frutos. El selenio en 10 y 20 mg L^{-1} en la solución nutritiva causó un efecto negativo en la biomasa, con acumulación de selenio en raíz, tallo y hojas $>15 \text{ }\mu\text{g g}^{-1}$.

En maíz, (Uribe *et al.*, 2007), encontraron que el rendimiento de grano en plantas inoculadas con *Azospirillum* superaron en un 27.9 % a las plantas no inoculadas; sin embargo, solo fueron mayores en un 4.8% al tratamiento fertilizado con 40 kg de N ha⁻¹.

En otro estudio en trigo y maíz, (Hungria *et al.*, 2010), observaron incrementos entre 24 y 30% para maíz y de 13 a 18% para trigo en plantas inoculadas en comparación a las que no se inocularon con *Azospirillum*.

Premsekhar *et al.*, 2009 reportaron que en tomate la aplicación de *Azospirillum* con solo 75% del nitrógeno alcanzó un rendimiento de 43.85 toneladas por hectárea comparable al tratamiento donde se aplicó el 100% de nitrógeno.

Bhaskara Rao & Charyulu, 2005 reportaron incrementos significativos de hasta 70% en el peso de la panícula de plantas de *S. itálica* inoculadas con *Azospirillum* en comparación con plantas no tratadas.

Grosor de tallo

La aplicación foliar de selenio en concentraciones de 10 y 20 mg L⁻¹ resultó positiva para tallos y hojas así como para el peso seco y contenido de materia seca de los frutos (Benavides-Mendoza *et al.*, 2011).

Estos valores son menores a los encontrados por (Moreno 2010) quien evaluó 24 características cuantitativas en poblaciones de jitomate del centro, sur y sureste de México encontrando un promedio de 16 mm de diámetro de tallo y por (Zarate 2007), con 16.55 mm como valor menor y 22 mm como máximo.

Hernández & Chailloux 2004, obtuvieron una respuesta similar con la aplicación de rizobacterias. Esta variabilidad en el grosor de tallo, no solo se debe a las características genéticas del cultivo, también juegan un papel las rizobacterias que de forma diferente tiene la capacidad de producir metabolitos estimuladores de crecimiento vegetativo.

Longitud de raíz

Bitterliet *al.*, 2010, encontraron que la influencia de los parámetros del suelo en la absorción de selenio por las plantas con una solución nutritiva en hidroponía, cuando se agrega como selenato se incrementa el número de brotes y en las raíces fue cuando se añade en forma de selenito.

La longitud de raíz, es un parámetro biométrico que se utiliza como indicador de la promoción de crecimiento vegetal por parte de bacterias rizosféricas. Con respecto a esta variable, (Toniutti & Fornasero, 2008) encontraron resultados similares ya que *A. brasilense* incrementó el 82% la longitud radicular de las plantas de *S. lachnea* en comparación con las plantas no inoculadas.

Con relación a lo anterior, (Greer-Philips *et al.*, 2004), mencionaron 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 el desarrollo de biofertilizantes.

Sólidos solubles totales (°B)

Algunos aspectos físico-químicos de la calidad de los frutos que se asocian con la madurez, se utilizan como indicadores de la misma, tal es el caso de los grados Brix (SST), acidez titulable, pH, y relación SST/Acidez.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo coincidieron con valores de °Brix previamente reportados para distintas variedades de fresa (Martínez-Bolaños *et al.*, 2008; Resende *et al.*, 2008, Masny & Zurawicz, 2010).

En cuanto a la aplicación de *Azospirillum* y la reducción de fertilización nitrogenada, (Premsekhar & Rajashee 2009) atribuyeron el aumento significativo de sólidos solubles en tomate debido a la asimilación óptima de nutrientes y a la bioestimulación por fitohormonas.

Diámetro polar y ecuatorial

En este sentido (Mena-Violante *et al.*, 2009) realizaron un estudio con cepas de *Bacillus* y encontraron que aumentó significativamente la longitud del fruto de tomate, y en la investigación realizada por (Karakurt *et al.*, 2011) en cereza se vio una mayor longitud del fruto en las plantas inoculadas con Bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal (BPCV).

Cabe señalar que dicha bacteria no es fijadora de nitrógeno, pero se considera bacteria promotora del crecimiento vegetal debido a que produce sustancias reguladoras del crecimiento como: auxinas, citosinas y giberelinas, por lo que se ha sugerido que sus efectos positivos no se relacionan únicamente con la asimilación de nutrimentos (Mena-Violante *et al.*, 2009). Los autores atribuyeron las mejoras de calidad que presentaron los frutos, principalmente a la mayor acumulación de nutrimentos (N, P, K, Ca y Mg).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área experimental

El presente trabajo se llevó a cabo en el invernadero de Horticultura que se encuentra en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. Ubicado a un 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 tomate (*Solanum lycopersicum L.*) Híbrido "Toro" y una cepa de *Azospirillum sp.*

Siembra en contenedores.- Se sembró semilla de tomate en charolas de 200 cavidades utilizando como sustrato peat moss + perlita 2:1, se llevó hasta plantas vigorosas para proceder al trasplante.

Trasplante.- Se realizó en macetas de 5 litros, se obtuvo un total de 200 macetas.

Fertirriego.- Se inició a los 10 días después de la siembra, a las plántulas se les aplicó la nutrición mediante la solución Steiner al 40%, a los 30 días después de la transplante en meq.L^{-1} Cuadro 1, se aumentó a una concentración del 50%, después de los 60 días se aumentó al 100% de acuerdo a la edad de las plantas. La aplicación se realizó de forma manual, haciendo ésta actividad todos los días aproximadamente entre 9 y 11 a.m.

Inoculación.- Se realizaron 2 inoculaciones (al tercer día de transplante y posteriormente a los 45 días), se aplicaron 50 ml por planta de dicha bacteria.

Solución nutritiva.- La que se utilizó se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. La solución nutritiva propuesta por Steiner (1961).

N	P	K	Mg	Ca	S	Fe	Mn	B	Zn	Cu	Mo
ppm											
167	31	277	49	183	67	3	1.97	0.44	0.11	0.02	0.007

A continuación se muestra los requerimientos de la solución universal de Steiner y a partir de esta se realizaron las concentraciones de 40% y 50%.

Cuadro 2. Componentes de la solución Steiner en miliequivalentes por litro.

NO ₃ ⁻	PO ₄	SO ₄ ²⁻	K ⁺ (meq.L ⁻¹)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Concentración total
12	1	7	7	9	4	100 %
6	0.5	3.5	3.5	4.5	2	50 %
2.4	0.4	2.8	2.8	3.6	1.6	40 %

La forma en que se aplicó el selenio fue como selenito de sodio.

Descripción de tratamientos

En este experimento se aplicó un solo nivel de selenio que fue de 2 ppm, también se aplicó la bacteria *Azospirillum* sp con 10⁻⁶ ufc mL⁻¹, el estudio consto de 5 tratamientos y 20 repeticiones, que se aplicaron en el cultivo de tomate híbrido "Toro" para evaluar la respuesta de la aplicación *Azospirillum* sp y selenio, a continuación se describe como se distribuyeron los tratamientos:

Cuadro 3. Descripción del arreglo de tratamientos en el invernadero de horticultura con plantas de tomate híbrido “Toro”.

Tratamientos	Solución Steiner (% N)	<i>Azospirillum</i> (UFC/ml)	Se (ppm)
1	100		
2	100	10 ⁶	
3	100	10 ⁶	2
4	25	10 ⁶	
5	25	10 ⁶	2

DISEÑO EXPERIMENTAL

El análisis estadístico se realizó con la ayuda del software Statical Analisis System (SAS 9.1), se utilizó para correr los datos con un diseño bloques al azar, para analizar el efecto de *Azospirillum* sp y selenio sobre las variables agronómicas (rendimiento, grosor de tallo, longitud de raíz) y de calidad (sólidos solubles, diámetro polar y ecuatorial). Los datos se analizaran bajo un análisis de varianza con pruebas de comparación de medias Duncan $P \leq 0.05$.

MODELO ESTADÍSTICO UTILIZADO

$$y_{ij} = \mu + \beta_i + t_j + e_{ij}$$

y_{ij} = valor observado

μ = efecto de la media

i = efecto del i ésimo tratamiento

j = efecto de la j ésima repetición

e_{ij} = error experimental

VARIABLES EVALUADAS

Variables agronómicas

Rendimiento.- Se determinó al momento de cosecha pesando en una báscula digital la marca AND EK- 1200, los frutos producidos por planta, estimado de una muestra aleatoria de 4 plantas en cada una de las 20 repeticiones, considerando la suma de 4 cortes con intervalos de 5 días, se obtuvo el rendimiento total en g/planta.

Grosor de tallo.- Se tomaron 4 plantas, por cada tratamiento en cada una de las repeticiones, se midió el diámetro del tallo a 3 cm arriba del sustrato con ayuda de un vernier digital de precisión (AutoTEC™).

Longitud de raíz.- Esta variable se midió con la utilización de una regla (30 cm), las raíces se lavaron y secaron, posteriormente fueron colocadas en la mesa del laboratorio de cultivo de tejidos y ahí fue que se llevaron a cabo las mediciones.

Variables de calidad

Sólidos solubles.- Para esta variable se utilizó un refractómetro Atago N-1E® y expresada en (°Brix), Se tomaron 4 plantas, por cada tratamiento en cada una de las 20 repeticiones. El procedimiento fue el siguiente; se cortó el fruto a la mitad y se colocaron de una a dos gotas sobre la superficie del prisma, se cerró la cubierta del prisma y se apuntó el refractómetro hacia una fuente de luz, se observa un campo circular a través de una mirilla que tiene una escala vertical, con el líquido en el prisma, el campo se divide en dos porciones: clara y oscura. El punto, en el cual la línea de marcación entre estas dos porciones cruza la escala vertical, da la lectura de °Brix o el porcentaje (%) estimado de SST.

Diámetro polar y ecuatorial.- Para estas variables se tomaron 4 plantas, por cada tratamiento en cada una de las repeticiones, se midió la distancia entre cada polo del fruto y la distancia tomada de la parte ecuatorial del fruto, con un vernier digital de precisión (AutoTEC™)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó el análisis de varianza para las variables agronómicas 1, 2 y 3 A encontrando diferencias entre tratamientos en rendimiento y grosor de tallo sin diferencia para longitud de raíz. Posteriormente la prueba de comparación de medias de Duncan en las variables antes mencionadas.

Rendimiento

En el Cuadro 4 se observa que la inoculación con *Azospirillum* sp suplementada con el 100% N (T2), 25 % N (T4) y (T3) 100 % más 2 ppm de selenio, estadísticamente son iguales, pero siendo este último tratamiento el mejor. Esto quiere decir que la interacción de *Azospirillum* sp con 100 % de N y el selenio se obtuvieron los mejores resultados. Al respecto, Boldrin *et al.*, 2013 evaluaron el efecto de diferentes formas y fuentes de aplicación de selenio en el crecimiento de arroz, los resultados muestran que la aplicación selenato al suelo es más eficaz para disparar la producción de materia seca y la acumulación en grano de selenio que el selenito. La aplicación foliar de selenato y selenito aumentó el rendimiento de grano.

Por otro lado, Benavides-Mendoza *et al.*, 2011, estudiaron el efecto de la aplicación de selenito de sodio, en el riego y por aspersion foliar, sobre la acumulación de selenio en el fruto, tallos y hojas de tomate en invernadero. Se verificó el efecto sobre el crecimiento de la planta, el rendimiento y la capacidad antioxidante total (TAS) de los frutos. El selenio en 10 y 20 mg L⁻¹ en la solución nutritiva causó un efecto negativo en la biomasa, con acumulación de selenio en raíz, tallo y hojas >15 µg g⁻¹.

En maíz, (Uribe *et al.*, 2007), encontraron que el rendimiento de grano en plantas inoculadas con *Azospirillum* superaron en un 27.9 % a las plantas no inoculadas; sin embargo, solo fueron mayores en un 4.8% al tratamiento fertilizado con 40 kg de N ha⁻¹.

En otro estudio en trigo y maíz, (Hungria *et al.*, 2010), observaron incrementos entre 24 y 30% para maíz y de 13 a 18% para trigo en plantas inoculadas en comparación a las que no se inocularon con *Azospirillum*.

Premsekhar *et al.*, 2009 reportaron que en tomate la aplicación de *Azospirillum* con solo 75% del nitrógeno alcanzó un rendimiento de 43.85 toneladas por hectárea comparable al tratamiento donde se aplicó el 100% de nitrógeno.

Bhaskara Rao & Charyulu, 2005 reportaron incrementos significativos de hasta 70% en el peso de la panícula de plantas de *S. itálica* inoculadas con *Azospirillum* en comparación con plantas no tratadas.

Cuadro 4. Prueba de comparación de medias de Duncan ($p \leq 0.05$) en caracteres agronómicos en tomate Híbrido “Toro” inoculadas con *Azospirillum* sp y selenio en invernadero.

TRATAMIENTOS	REN (g/planta)	GT (mm)	RA (cm)
1. 100%N	500.63 c	9.75 bc	45.72 a
2. 100%N+Az	724.40 ab	10.75 a	42.17 a
3. 100%N+ Az+Se	841.55 a	10.55 ab	49.10 a
4. 25%N+Az	742.35 ab	9.37 c	44.0 a
5. 25%N+ Az+Se	633.08 bc	9.75 bc	52.07 a

REN= Rendimiento GT= Grosor de tallo RA= Longitud de raíz N= Nitrógeno
Az=Azospirillum Se= selenio

Grosor de tallo

Podemos visualizar en el Cuadro 4, que para grosor de tallo sin la inoculación de *Azospirillum* sp y la aplicación del 100 % de N (T1) tuvo el mismo efecto con el 25% de N (T5), inoculación con *Azospirillum* sp y la aplicación de selenio compensaron ese % de N total que hizo falta.

En cambio el (T2) con el 100 % de N fue el mejor, esto quiere decir que la interacción de *Azospirillum* sp junto con el 100% de N da mejores resultados para esta variable.

La aplicación foliar de selenio en concentraciones de 10 y 20 mg L⁻¹ resultó positiva para tallos y hojas así como para el peso seco y contenido de materia seca de los frutos (Benavides-Mendoza *et al.*, 2011).

Estos valores son menores a los encontrados por (Moreno 2010) quien evaluó 24 características cuantitativas en poblaciones de jitomate del centro, sur y sureste de México encontrando un promedio de 16 mm de diámetro de tallo y por (Zarate 2007), con 16.55 mm como valor menor y 22 mm como máximo.

Hernández & Chailloux 2004, obtuvieron una respuesta similar con la aplicación de rizobacterias. Esta variabilidad en el grosor de tallo, no solo se debe a las características genéticas del cultivo, también juegan un papel las rizobacterias que de forma diferente tiene la capacidad de producir metabolitos estimuladores de crecimiento vegetativo.

Longitud de raíz

Para longitud de raíz, para Duncan no hay diferencia entre los tratamientos, pero numéricamente si son diferentes y lo mencionamos porque en él (T2) con el 100 % N e inoculación con *Azospirillum* sp y aplicación de selenio en comparación con el (T5) 25 % de N e inoculación con *Azospirillum* sp hay diferencia de 10 cm, decimos entonces que la combinación de *Azospirillum* sp con el 25 % N y la aplicación de selenio produce mejores efectos en raíz.

Bitterliet *al.*, 2010, encontraron que la influencia de los parámetros del suelo en la absorción de selenio por las plantas con una solución nutritiva en hidroponía, cuando se agrega como selenato se incrementa el número de brotes y en las raíces fue cuando se añade en forma de selenito.

La longitud de raíz, es un parámetro biométrico que se utiliza como indicador de la promoción de crecimiento vegetal por parte de bacterias rizosféricas. Con respecto a esta variable, (Toniutti & Fornasero, 2008) encontraron resultados similares ya que *A. brasilense* incrementó el 82% la longitud radicular de las plantas de *S. lachnea* en comparación con las plantas no inoculadas.

Con relación a lo anterior, (Greer-Philips *et al.*, 2004), mencionaron 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 el desarrollo de biofertilizantes.

El análisis estadístico de las variables de calidad de los cuadros 4, 5 y 6 A muestra diferencia estadística solo para longitud de fruto (DP). Al realizar la prueba de comparación de medias de Duncan en el Cuadro 5 **para:**

Sólidos solubles totales (Grados Brix)

Para sólidos solubles significativamente no hay diferencia entre los tratamientos, sin embargo observamos que el (T1) 100 % de N tuvo mejores resultados, además de que el % de N tuvo impacto entre los tratamientos como lo observamos en el (T4) 25 % de N e inoculación con *Azospirillum* sp y el (T5) 25 % de N, inoculación con *Azospirillum* sp y aplicación de selenio, tuvo menor valor.

Algunos aspectos físico-químicos de la calidad de los frutos que se asocian con la madurez, se utilizan como indicadores de la misma, tal es el caso de los sólidos solubles (°B), acidez titulable, pH, y relación SST/Acidez. Los resultados obtenidos en el presente trabajo coincidieron con valores de °Brix previamente reportados para distintas variedades de (Martínez-Bolaños *et al.*, 2008; Resende *et al.*, 2008, Masny & Zurawicz, 2010).

En cuanto a la aplicación de *Azospirillum* y la reducción de fertilización nitrogenada, (Premsekhar & Rajashee 2009) atribuyeron el aumento significativo de sólidos solubles en tomate debido a la asimilación óptima de nutrientes y a la bioestimulación por fitohormonas.

Diámetro polar

En el Cuadro 5 observamos que para diámetro polar el efecto de *Azospirillum* sp con el 25 % de N y sin Se (T4), fue el que obtuvo mejores resultados, esto indica que con 2 ppm el selenio puede modificar esta variable de calidad de diámetro polar, aunque no existe diferencia con el testigo, sin embargo el *Azospirillum* sp con el 100 % de N y sin selenio (T2) no obtuvo efectos positivos.

Diámetro ecuatorial

En diámetro ecuatorial los mejores resultados de fruto se obtuvieron nuevamente en el (T4) inoculado con *Azospirillum* sp y el 25 % de N y sin la aplicación de selenio, el de menor resultado como se observa en el Cuadro 5 que el (T3) inoculado con *Azospirillum* sp, 100 % de N y aplicación de selenio, no hay efecto para diámetro ecuatorial con la inoculación de *Azospirillum* sp en conjunto con el 100 % de N, los mejores resultados se obtienen con la combinación de *Azospirillum* sp con el 25% de N.

En este sentido (Mena-Violante *et al.*, 2009) realizaron un estudio con cepas de *Bacillus* y encontraron que aumentó significativamente la longitud del fruto de tomate, y en la investigación realizada por (Karakurt *et al.*, 2011) en cereza se observó una mayor longitud del fruto en las plantas inoculadas con Bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal (BPCV).

Cabe señalar que dicha bacteria no es fijadora de nitrógeno, pero se considera bacteria promotora del crecimiento vegetal debido a que produce sustancias reguladoras del crecimiento como: auxinas, citosinas y giberelinas, por lo que se ha sugerido que sus efectos positivos no se relacionan únicamente con la asimilación de nutrimentos (Mena-Violante *et al.*, 2009).

Los autores atribuyeron las mejoras de calidad que presentaron los frutos, principalmente a la mayor acumulación de nutrimentos (N, P, K, Ca y Mg). Mientras que (Karakut & Aslantas, 2010b) no observaron diferencias significativas en longitud y diámetro de fruto de manzana con los tratamientos de BPCV.

Cuadro 5. Prueba de comparación de medias de Duncan ($p \leq 0.05$) en caracteres de calidad en tomate Híbrido “Toro” inoculadas con *Azospirillum* sp y selenio en invernadero.

TRATAMIENTOS	SST (°B)	DP (mm)	DE (mm)
1. 100%N	6.35 a	41.92 ab	38.45 a
2. 100%N+Az	5.67 a	37.62 b	37.82 a
3. 100%N+ Az+Se	6.25 a	39.20 b	35.30 a
4. 25%N+Az	5.35 a	50.47 a	43.35 a
5. 25%N+Az+Se	4.87 a	47.35 ab	40.97 a

SST= Sólidos solubles totales DP= Diámetro polar DE= Diámetro ecuatorial N= Nitrógeno
Az=Azospirillum Se= selenio

CONCLUSIONES

Se concluye que la aplicación de *Azospirillum* sp (10^6 UFC ml⁻¹) con el 100 % de N más 2 ppm de selenio incrementa el rendimiento de fruto, la aplicación de *Azospirillum* sp (10^6 UFC ml⁻¹) con el 25 % de N tiene efectos positivos para la variable diámetro polar de fruto, con el 100 % de N y *Azospirillum* sp (10^6 UFC ml⁻¹) se incrementa el grosor de tallo y con la adición de 2 ppm de selenio mejora la longitud de raíz.

Esto indica que *Azospirillum* (10^6 UFC ml⁻¹) y la adición de 2 ppm selenio tienen efectos positivos en el rendimiento de fruto y calidad de planta en tomate híbrido Toro.

LITERATURA CITADA

- Acuña, J. J., Jorquera, M. A., Barra, P. J., Crowley, D. E., & De la Luz, M. M. 2012. Selenobacteria selected from the rhizosphere as a potential tool for Se biofortification of wheat crops. *Biology and Fertility of Soils*, 49(2). doi:10.1007/s00374-012-0705-2. pp. 175-186
- Aguilar, P. J., Xiqui, V. M., García, G. S., & Baca B. E. 2008. Producción de ácido Indol-3- acético en *Azospirillum*. *Revista Lat Microbiología*. 50: pp. 29-37.
- 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: pp. 51-56.
- Alemán, & Martínez., V. 2006. Efecto de los niveles de composta y hongo micorrízico arbuscular en el desarrollo y crecimiento de frijol *Phaseolus vulgaris* L. Tesis de Maestría. Universidad de Colima, Colima. México.
- Akello, J., Dubois, T., Coyne, D., & Kyamanywa, S. 2008. Effect of endophytic *Beauveria bassiana* on populations of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* and their damage in tissue-cultured banana plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 129:157-165.
- Bashan, Y. & Holguin, G; 1997 *Azospirillum*- plant relationship: enviromental and physiological advances. *Canadian Journal of Microbiology*. 43: pp. 103-121.
- Bashan, Y. & G. Holguin. 1998. A proposal for the division of "plant growth-promoting rhizobacteria" into two classifications: biocontrol-plant growth-promoting bacteria and plant growth-promoting bacteria. *Soil Biol. Biochem.* 30: pp . 1225-1228.
- Bashan, Y., Holguin, G., & de-Bashan, LE. 2004. *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural and environmental advances (1997-2003). *Canadian Journal of Microbiology* 50(8):521-557.
- Bashan Y. & de Bashan, L. E. 2010. How the Plant Growth-Promoting Bacterium *Azospirillum* Promotes Plant Growth-A Critical Assessment. Elsevier, 108: 77-136.
- Bashan Y., Trejo, A. & de-Bashan L. E. 2011. Development of two culture media for mass cultivation of *Azospirillum* sp. and for production of inoculants to enhance plant growth. *Biol Fertil Soils*. DOI 10.1007/s00374-011-0555-3. pp. 1-7.

- Beijerinck, M.W. 1925. Über ein *Spirillum*, welches freien Stickstoff binden kann Zentralbl. Bakteriolog. Parasitenkd. Infektionskr. Abt. 2, 63: 353-359.
- Becvort, Azcurra, A. A. 2011. Acumulación de Selenio en Tomate y su Efecto en el Crecimiento, Productividad y Antioxidante del Fruto. Maestría en Ciencias en Horticultura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. pp. 1-2.
- Benavides-Mendoza, A., Becvort-Azcurra, A., Fuentes-Lara, L. O., Ramírez, H., Robledo Torres, V., & Rodríguez-Mendoza, M. de las N. (2011). Selenium accumulation of tomato and its effect on the plant growth , productivity and fruit, (1), 1–15.
- Bhaskara -Rao, K. V. & Charyulu, P. 2005. Evaluation of effect of *Azospirillum* on the yield of *Setaria italica*. African Journal of Biotechnology. 4 (9), 989-995.
- Bitterli, C., Bañuelos, G. S., & Schulin, R. (2010). Use of transfer factors to characterize uptake of selenium by plants. *Journal of Geochemical Exploration*, 107(2), 206–216.
- Birringer, M., Pilawa, S. & Flohé, L. 2002. Trends in selenium biochemistry. Nat.Prod. Rep. 19:693-718.
- Boldrin, P. F., Faquin, V., Ramos, S. J., Boldrin, K. V. F., Ávila, F. W., & Guilherme, L. R. G. 2013. Soil and foliar application of selenium in rice biofortification. *Journal of Food Composition and Analysis*, 31(2), 238–244.
- Broadley, M. R., P. J. White, R. J. Bryson, M. C. Meacham, H. C. Bowen, S. E. Johnson, M. J. Hawkesford, S. P. Mc Grath, F. J. Zhao, N. Breward, M. Harriman, & M. Tucker. 2006. Biofortification of UK food crops with selenium. *Proc. Nutr. Soc.* 65: 169-181.
- Burdman, S. & Juvertich, E. 2000. Recent advances in the use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in agricultura. In: Subba Rao N. S.; and Y.R Dommergues (eds) *Microbial interactions in agricultura and foresty*, pp 229-250.
- Castellanos, J. Z. 2011. Manual de Producción de Tomate en Invernadero. Guanajuato, México: Intagri. Ocma. (1st ed., pp. 45–204)
- Carcaño-Montiel M. G., Ferrera-Cerrato R., Pérez-Moreno J., Molina-Galán J. D. & Bashan Y. 2006. Actividad nitrogenasa, producción de fitohormonas, sideróforos y antibiosis en cepas de *Azospirillum* y *Klebsiella* aisladas de maíz y teocintle. *TERRA Latinoamericana*, 24(4): 493-502.

- Caviglio, O. P., Melchiori, R.J.M., Kemerer, A., Van Opstal N.V. & Gregorutti V.C. 2004. Relaciones entre la eficiencia en el uso del nitrógeno y de la radiación en Maíz. INTA - EEA Paraná, 44: 7-12.
- 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.
- 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.
- Dungan, R. S. & Frankenberger, W. T. 1999. Microbial transformations of selenium and the bioremediation of seleniferous environments. *Biorem J.* 3:171-188.
- 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.
- Fishbein, L. 1991. Selenium. En: Merian, (Ed). *Metals and their Compounds in the Environment*. VCH Publishers, Inc, New Yprk. Pp: 1153-1190.
- Foolad, M. R. 2007. Genome mapping and molecular breeding of tomato. *International Journal of Plant Genomics*, (1), 52.
- Fuentes-Ramirez, L. & Caballero-Mellado, J. 2006. Bacterial Biofertilizers. Pp 143-172.
- García-Hernández, J., E. P. Glenn., J. Artiola. & D. J. Baumgartner. 2000. Bioaccumulation of selenium (Se) in the Cienega de Santa Clara Wetland, Sonora, Mexico. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 46: 298-304.
- Greer- Phillips S. E., Stephens B. B., & Alexandre Gladys. 2004. An Energy Taxis Transducer Promotes Root Colonization by *Azospirillum brasilense*. *J. Bacteriol.* 186 (19): 6595-6604.

- Hatfield, D., Berry, M., & Gladyshev, V. 2006. Selenium: Its molecular biology and role in human health, 2a edición. Springer: Nueva York, 1–8.
- Hartikainen, H., T. Xue, & V. Piironen. 2000. Selenium as an antioxidant and pro-oxidant in ryegrass. *Plant Soil* 225: 193-200.
- Hernández-Díaz M. I. & Chailloux-Laffita M. 2001. La nutrición mineral y la biofertilización en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*). *TEMA de ciencia y tecnología*, 15(13): 11-27.
- Hernández J. P., de-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.
- 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.
- Hernández, Y., Sarmiento, M. & O. García. 1996. Influence of *Azospirillum* inoculation model on grass performance. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 30: 219-226.
- Heulin, T., M. Rahman, A.M.N. Omar, Z. Rafidison, J.C. Pierrat & J. Balandreau. 1989. Experimental and mathematical procedures for comparing N₂-fixing efficiencies of rhizosphere diazotrophs. *J. Microbiol. Meth.* 9:163-173.
- Hurek, T., B. Reinhold, E.G. Niemann & I. Fendrik. 1988. N₂-dependent growth of *Azospirillum* spp. in batch cultures at low concentrations of oxygen. In: *Azospirillum IV: Genetics, Physiology, Ecology*, ed. W. Klingmüller. pp. 115-121. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Hungria M., Campo R. J., Souza E. M. & Pedrosa Fabio O. (2010). Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. *Plant Soil*. 331:413–425.
- Karakurt, H., Kotan, R., Dadasoglu, F., Aslants, R. & Sahín F. 2011. Effects of plant growth promoting rhizobacteria on fruit set, pomological and chemical characteristics, color values, and vegetative growth of sour cherry (*Prunus cerasus* cv. Kütahya). *Turkish Journal Biology*. 35(3):283-291.
- Karakurt, H., & Aslants R. 2010b. Effects of some plant growth promoting rhizobacteria treated twice on flower thinning, fruit set and fruit properties on apple. *African Journal of Agricultural Research* 5(5): 384-388.

- Lakin, H. W. 1972 Selenium accumulation in soils and its absorption by plants and animals. Geol. Soc. Am. Bull. 83: 181-189.
- Lodewyckx, C., Vangronsveld, J., Porteous, F., Moore, ERB; Taghavi, S., Mezgeay, M. & van der Lelie, D. 2002. Endophytic bacteria and their potential applications. Critical Reviews in Plant Sciences 21(6): 583-606.
- Martínez-Bolaños. M., Nieto-Angel D., Téliz-Ortiz D., Rodríguez-Alcaraz J., Martínez-Damian Ma. T., Vaquera-Huerta H. & Carrillo-Mendoza O. 2008. Comparación cualitativa de fresas (*Fragaria x ananassa* Duch.) de cultivares Mexicanos Y Estadounidenses. Revista Chapingo Serie Horticultura. 14(2): 113-119.
- Martínez, V.R. 2000. Biofertilización y producción agrícola sostenible. Retos y perspectivas. XII Congreso Científico del INCA. Programa y resumen. La Habana.
- Martínez-Soto G., Mercado-Flores J., López-Orozco M. & Prieto-Velásquez B. Z. 2008. Comparación cualitativa de fresas (*Fragaria x ananassa* Duch.) de cultivares Mexicanos Y Estadounidenses. Revista Chapingo Serie Horticultura. 14(2): 113-119.
- Masny, A. & Żurawicz, E. 2010. Productive value of new foreign Strawberry cultivars evaluated in 2007-2010. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 18(2): 273-282.
- Mayz-Figueroa, J. 2004. Fijación biológica de nitrógeno. UDO Agrícola 4(1):1-20.
- Mejía, G. 1995 Agricultura para la vida: movimientos alternativos frente a la agricultura química. Cali, Colombia: Feriva, 252.
- Mena-Violante H. G., Cruz-Hernández A., Paredes-López O., Gómez-Lim M. Á & Olalde-Portugal V. (2009). Fruit texture related changes and enhanced shelf-life through tomato root inoculation with *bacillus subtilis* BEB-13BS. Agrociencia 43: 559-567.
- Moreno R., Y. del R., P. Ramírez V., S. Miranda C., Saucedo V. & M. Sandoval V. 2010. Diversidad morfológica de poblaciones nativas de jitomate del centro, sur y sureste de México. In: Memorias de Resúmenes del XXIII Congreso Nacional y III Internacional de Fitogenética. SOMEFI. 27 De septiembre-1 de octubre. Universidad Autónoma de Nayarit, México, pp:81.
- National Research Council (NRC). 1993. Selenium in Nutrition Revised Edition. Committee on Animal Nutrition. National Academy Press, Washington, D.C. 174 p.

- National Research Council (NRC). 2000 Nutrients Requirements of Beef Cattle. Committee on Animal Nutrition. National Academy Press, Washington, D.C. 232 p.
- Núñez-Sosa, D. B., G. R. Liriano & C. C. López. 2005. Evaluación de biofertilizantes (*Azospirillum* y Micorrizas) y diferentes niveles de materia orgánica en bolsa y organóponico, en el cultivo de la zanahoria (*Daucus carota* L.). *Centro Agrícola* 32: 5-9
- 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. 7. Campo Experimental Valle del Guadiana. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP. México.
- Premsekhar, M. & Rajashree, V. 2009. Influence of bio-fertilizers on the growth characters, yield attributes, yield and quality of tomato. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 3(1): 68-70.
- Ramírez-Bribiesca, J. E., J. L. Tórtora., M. Huerta., A. Aguirre. & L. M. Hernández. 2001., Diagnosis of selenium status in grazing dairy goats on the mexican plateau. *Small Rumin. Res.* 41: 81-85.
- Rao, P. A. & Krishna, K. G. 2006 Plant growth-promoting rhizobacteria. En: Gnanamanickam SS (ed) *Plant- Associated Bacteria*. Springer The Netherlands. 195-230 pp.
- Resende J. T. V; Camargo L. K. P; Argandoña E. J. S; Marchese A & Camargo C. K. 2008. Sensory analysis and chemical characterization of strawberry fruits. *Horticultura Brasileira*, 26: 371-374.
- Rodríguez, R. R., J. M. Tavares R. & J. A. Medina J. 2001. *Cultivo Moderno del Tomate Mundi-Prensa*. Madrid, España. 255 p.
- Rodríguez, Salazar. J. & Gabriel Iturriaga. 2009. Trehalose accumulation in *Azospirillum brasilense* improves drought tolerance and biomass in maize plants. Centro de Investigación en Biotecnología-UAEM, Cuernavaca, Morelos, México; and Centro de Ciencias Genómicas-UNAM, Cuernavaca, Morelos, México. Abril. *FEMS Microbiol Lett* 296 (2009) 52–5.
- Roesch, L.F.W., Camargo, F.A.O., Bento, F.M. & Triplett, E.W. 2008. Biodiversity of diazotrophic bacteria within the soil, root and stem of field-grown maize. *Plant and Soil* 302(1-2):91-104.
- Salgado-García, S. & R. Núñez-Escobar. 2010. *Manejo de fertilizantes Químicos y Orgánicos*. 2010. Colegio de Posgraduados. Mundi-Prensa. México.

- SAGARPA, 2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentos.
- 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.
- Santillana, V. N. 2006. Producción de biofertilizantes utilizando *Pseudomonas* sp. Ecología Aplicada 1-2: 87-91.
- SIAP, (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) 2013. Cierre de la Producción Agrícola por Cultivo: Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentos.
- Simojoki, A., X. Tailin, K., Lukkari, A. Pennanen. & H. Hartikainen. 2003. Allocation of added selenium in lettuce and its impact on roots. Agric. Food Sci. Finland 12: 155-164.
- Singh S., Rencha P.D. & Arun A. B. 2011. Glutamate wastewater as a culture medium for *Azospirillum* rugosum production and its impact on plant growth. Biol. Fertil. Soils. 47:419-426.
- Smith, K. A., Ball. T., Conen. F., Dobbie K. E; Massheder J & Rey A. 2003. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes. European Journal of Soil Science, 54: 779–791
- Souchie, E.L., R. Azcón, J.M. Barea, O.J. Saggin-Júnior, & E.M. Ribeiro da Silva. 2006. Phosphate solubilizing and arbuscular mycorrhizal fungi. Pesq. Agropec. Bras. 41(9):1405-1411.
- Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. Plant Soil, 15, 134–154.
- Tarrand, J.J., N.R. Krieg & J. Döbereiner. 1978. A taxonomic study of the *Spirillum* lipoferum group, with descriptions of a new genus, *Azospirillum* gen. nov. and two species, *Azospirillum* lipoferum (Beijerinck) comb. nov. and *Azospirillum* brasilense sp. nov. Can. J. Microbiol. 24: 967-980.
- Terry, N., Zayed, A. M., De Souza, M. P., & Tarun, A. S. 2000. Selenium in Higher Plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 51, 401–432. doi:10.1146/annurev.arplant.51.1.401

- Terry, N., Zayed, A. M., De Souza, M. P., & Tarun, A. S. 2000. Selenium in Higher Plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 51, 401–432. doi:10.1146/annurev.arplant.51.1.401
- Terry, A. E., A. Leyva & A. Hernández. 2005. Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*). Revista Colombiana de Biotecnología 7: 47-54.
- Terry, A. E., G. A. Leyva. 2006. Evaluación agrobiológica de la coinoculación micorrizas-rizobacterias en tomate. Agronomía Costarricense1: 65-73.
- Toniutti, M. A., & 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 (1-2):33-41.
- Underwood, E.J. & Suttle, N.F., 1999. The Mineral Nutrition of Livestock, 3rd ed. CAB International, Wallingford.
- Uribe, G., J. Petit & R. Dzib. 2007. Mejoramiento en la eficiencia de fertilizantes químicos con biofertilizantes para producir maíz en suelo Alfisol (Chaclúum). Revista forestal venezolana. 51(01):9-14.
- Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant Soil, 255: 571-586.
- Wilber, C. G. 1980. Toxicology of selenium: a review. Clin. Toxicol. 17: 171-230.
- Wu, L., VanMantgem, P.J. & Guo, X. 1996. Effects of forage plant and field legume species on soil selenium redistribution, leaching, and bioextraction in soils contaminated by agricultural drain water sediment. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 31: 329-338.
- Xue, T., H. Hartikainen. & V. Piironen. 2001. Antioxidative and growth-promoting effect of selenium on senescing lettuce. Plant Soil 27: 55-61.
- Zaid, A., Ahemad, M., Oves. M., Ahmad, E. & Saghir-Khan M. 2010 .Role of Phosphate-Solubilizing Bacteria in Legume Improvement, Microbes for Legume Improvement. pp. 273-292, DOI: 10.1007/978-3-211-99753-6_11.
- Zvietcovich, G. 2004. Los inoculantes. Fertilizantes Biológicos Nitrogenados para cultivo de leguminosas, gramíneas, raíces y tubérculos, hortalizas y frutales. Ediciones Monserrath. pp 20-24.

ANEXOS

Cuadro 1A. Análisis de varianza para la variable rendimiento con la aplicación de *Azospirillum* sp y selenio en plantas de tomate saladette híbrido “Toro” en invernadero.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor
Trat	4	263927.32	65981.83	6.82**
Rep	3	71997.79	23999.26	2.48
Error	12	116059.82	9671.65	
Total	19	451984.94		

*Significativo $P \leq 0.05$ ** Altamente significativo $P \leq 0.01$

Cuadro 2A. Análisis de varianza para la variable grosor de tallo con la aplicación de *Azospirillum* sp y selenio en plantas de tomate saladette híbrido “Toro” en invernadero.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor
Trat	4	5.49	1.37	3.78**
Rep	3	3.28	1.09	3.02
Error	12	4.35	0.36	
Total	19	13.14		

*Significativo $P \leq 0.05$ ** Altamente significativo $P \leq 0.01$

Cuadro 3A. Análisis de varianza para la variable longitud de raíz con la aplicación de *Azospirillum* sp y selenio en plantas de tomate saladette híbrido “Toro” en invernadero.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor
Trat	4	253.32	63.33	1.58
Rep	3	62.26	20.75	0.52
Error	12	481.97	40.16	
Total	19	797.56		

*Significativo $P \leq 0.05$ ** Altamente significativo $P \leq 0.01$

Cuadro 4A. Análisis de varianza para la variable sólidos solubles (°B) con la aplicación de *Azospirillum* sp y selenio en plantas de tomate saladette híbrido “Toro” en invernadero.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor
Trat	4	6.11	1.52	1.24**
Rep	3	6.69	2.23	1.81
Error	12	14.77	1.23	
Total		27.58		

*Significativo $P \leq 0.05$ ** Altamente significativo $P \leq 0.01$

Cuadro 5A. Análisis de varianza para la variable diámetro polar con la aplicación de *Azospirillum* sp y selenio en plantas de tomate saladette híbrido “Toro” en invernadero.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor
Trat	4	475.15	118.78	2.59**
Rep	3	78.87	26.29	0.57
Error	12	550.45	45.87	
Total	19	1104.48		

*Significativo $P \leq 0.05$ ** Altamente significativo $P \leq 0.01$

Cuadro 6A. Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial con la aplicación de *Azospirillum* sp y selenio en plantas de tomate saladette híbrido “Toro” en invernadero.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor
Trat	4	152.13	38.0342500	1.00
Rep	3	77.63	25.8786667	0.68
Error	12	458.05	38.1715833	
Total	19	687.83		

*Significativo $P \leq 0.05$ ** Altamente significativo $P \leq 0.01$