

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Producción y Calidad de Pimiento Blocky Rojo en Función de la Adición de Bacterias *Azospirillum sp.*

Por:

MIGUEL CASTILLO RODRÍGUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Producción y Calidad de Pimiento Blocky Rojo en Función de la Adición de
Bacterias Azospirillum sp.

Por:

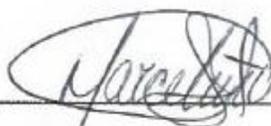
MIGUEL CASTILLO RODRÍGUEZ

TESIS

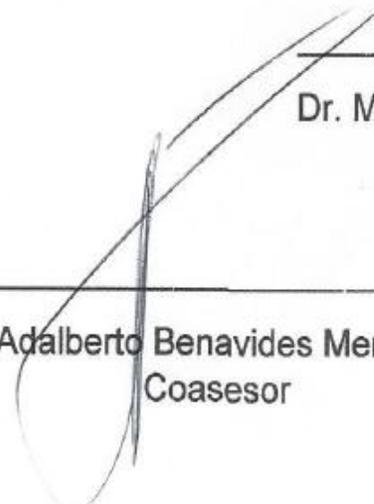
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente
Asesor Principal



Dr. Adalberto Benavides Mendoza
Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre 2016

AGRADECIMIENTOS

DIOS: Gracias por la vida que me dio y la oportunidad de seguirme superando cada día. En este momento por haberme dejado concluir otro ciclo más de mi vida y lograr mis metas.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro:

Le agradezco a mi Alma Mater las facilidades brindadas para realizar uno mas de mis sueños a lo largo de mi formación profesional además que me dio la oportunidad de conocer muchas grandiosas personas que en ella trabajan o estudian.

Al Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente:

Por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto, pero además por brindarme su amistad y motivación para continuar y no rendirme, tenerme paciencia y transmitirme sus conocimientos y experiencias a fin de formarme profesionalmente.

Al Dr. Adalberto Benavides Mendoza:

Por dedicarme su tiempo y un espacio en la realización de este trabajo.

Al Dr. Alberto Sandoval Rangel:

Por su tiempo y disposición en la revisión de este trabajo.

A Todos los Profesores que me impartieron clases:

Dra. Fabiola, Dr. Valentín, Dr. Sandoval, P.h.D. Luis Alonso, Dr. Víctor, Ing. Gerardo, Biol. Silvia, M.C. Abiel, M.C. Antonio, Ing. César, M.C. Gregorio, M.C. Arturo Coronado, P.h.D. Antonio, Dr. Leobardo, M.C. Rommel, Ing. Recio, M.C. José Ángel, Alfredo Gaitán.

Muchas gracias a todos mis profesores que me guiaron a lo largo de mi desarrollo universitario y me transmitieron sus conocimientos, experiencias y brindarme su amistad.

Al personal que me apoyó en los análisis durante la realización de este trabajo:

Ing. Martina De la Cruz Casillas y TLQ. María Guadalupe Pérez Ovalle

A mis compañeros: Karen, Alejandra, Silvia, Teresa, Hilda.

A Mis Compañeros de cuarto: Luis Francisco, Miguel García, Emir, Rigoberto, Diego, Alberto, Pedro.

A mis Amigos:

Julen Adrián, José Manuel, Roberto Gil, Abraham Zarazúa, Noé Gonzalez, Victorino Cervantes, César Augusto, Misael Franquez, David Santana, Geovani Franquez, Edgar Emanuel, Fernando Iván, José Luis, Humberto, Héctor Piña, M.C. Oscar Ángel.

Gracias por brindarme su amistad y apoyo a lo largo de nuestro desarrollo profesional y por todo lo que hemos compartido y vivido.

A Abigail García López: Gracias por brindarme tu apoyo, tiempo, comprensión y ser parte importante de mi vida, muchas gracias por todos los momentos que hemos pasado juntos y los que falta por vivir.

DEDICATORIAS:

A mis Padres:

Muchas gracias por haberme regalado la vida pero lo más importante, haberme guiado a lo largo de mi vida, en las buenas y las malas me tuvieron paciencia, dedicación. Me brindaron apoyo incondicional y todo su amor. Con esto hoy concluyo una etapa más de mi formación, lo cual es un logro para ustedes ya que con su esfuerzo y trabajo lograron sacarme adelante sin importar que tan grande o pequeño fuera el obstáculo que se les presentara, lucharon por mí y hoy su esfuerzo ha rendido frutos: Muchas Gracias Padres.

A mi madre: Guillermina Rodríguez Aguilar

Por haberme apoyado y hoy le puedo decir con orgullo una meta más cumplida Madre, no fue nada fácil, ya que el dejar ir a un hijo de su lado es como haberle arrancado una parte de su cuerpo y que cada vez que regresaba de vacaciones me abrazaba con orgullo y al momento de mi partida era un dolor fuerte.

A mi padre: Librado Castillo Osorio.

Le dedico este logro Padre ya que usted ha sido el pilar de la familia y con su esfuerzo y sudor logró sacarme adelante. Le agradezco sus consejos, regaños y más que nada todo el amor y cariño que me brinda.

A mis hermanos:

Nancy Adileni Castillo Rodríguez.

Librado Castillo Rodríguez.

José de Jesús Castillo Rodríguez.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS:	v
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS (APÉNDICE)	x
Resumen	1
I. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivo General	3
1.2. Objetivo Específico:.....	3
1.3. Hipótesis:.....	3
II. LITERATURA REVISADA	4
2.1. Generalidades del Cultivo	4
2.1.1. Origen del Cultivo	4
2.1.2. Clasificación Taxonómica.....	4
2.1.3. Descripción del Cultivo	4
2.1.4. Semilla.....	4
2.1.5. Raíz.....	4
2.1.6. Tallo.....	5
2.1.7. Hojas.....	5
2.1.8. Flor.....	5
2.1.9. Fruto.....	5
2.2. Etapas Fenológicas	6
2.2.1. Emergencia	6
2.2.2. Crecimiento Vegetativo	6
2.2.3. Floración y Fructificación.....	6
2.2.4. Madurez	7
2.3. Requerimientos Edafoclimáticos	7
2.3.1. Temperatura.....	7
2.3.2. Humedad.....	7
2.3.3. Luminosidad	7
2.3.4. Suelo	8
2.4. Importancia del Cultivo	8

2.5. Requerimientos Nutrimientales del Cultivo.....	8
2.6. Uso de Microorganismos en la Agricultura	8
2.7. Características de las Bacterias Fijadoras de Nitrógeno	9
2.7.1. Mecanismos de las Bacteria para Fijar Nitrógeno	9
2.8. Genero <i>Azospirillum sp</i>	10
2.9. Uso de <i>Azospirillum sp.</i> en Cultivos Agrícolas	11
2.10. Efecto de <i>Azospirillum sp.</i> en la Asimilación de Nutrientes	11
2.11. Vitamina C.....	11
2.12. Licopeno.....	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1. Localización Geográfica del Trabajo de Investigación	12
3.2. Material Vegetal	12
3.3. Siembra	12
3.4. Manejo del Cultivo	12
3.4.1. Riego	13
3.4.2. Fertilización	13
3.4.3. Podas y Desbrotos	14
3.4.4. Tutorio	14
3.4.5. Control Fitosanitario	14
3.5. Tratamientos Evaluados.....	15
3.6.Procedimiento para la Obtención de las Diferentes Concentraciones de <i>Azospirillum sp</i>	15
3.7. Aplicación de Tratamientos	15
3.8. Diseño Experimental	15
3.9. Variables Evaluadas.....	16
3.9.1. Número de Hojas	16
3.9.2. Altura de Planta.....	16
3.9.3. Longitud de Raíz	16
3.9.4. Diámetro de Tallo	16
3.9.5. Peso Fresco de la Raíz	16
3.9.6. Peso Seco de Raíz.....	16
3.9.7. Peso Seco de Hojas.....	17
3.9.8. Peso Seco de Tallo	17

3.9.9. Peso de Frutos	17
3.9.10. Diámetro Ecuatorial de Frutos	17
3.9.11. Diámetro Polar de Frutos	17
3.9.12. Grados Brix	18
3.9.13. Firmeza	18
3.9.14. Vitamina C	18
3.9.15. Contenido de licopeno	19
3.10. Análisis Estadístico	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
4.1. Número de Hojas	20
4.2. Altura de Planta	20
4.3. Longitud de Raíz	21
4.4. Diámetro de Tallo	22
4.5. Peso Fresco de Raíz	23
4.6. Peso Seco de Raíz	24
4.7. Peso Seco de Hojas	25
4.8. Peso Seco del Tallo	26
4.9. Peso de Frutos	27
4.10. Diámetro Ecuatorial de Fruto	28
4.11. Diámetro Polar	29
4.12. Grados Brix	30
4.13. Firmeza	31
4.14. Vitamina C	32
4.15. Licopeno	33
V. CONCLUSIONES.....	35
VI. LITERATURA CITADA.....	36
VII. APENDICES.....	45

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Contenido de las Fórmulas de Fertilización en Base a g/Kg.....	14
Cuadro 2. Formulaciones de fertilizantes de micronutrientes en base a mg/kg....	15
Cuadro 3. Descripción de los diferentes tratamientos con sus respectivas concentraciones de bacterias.....	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variable número de hojas con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.....	20
Figura 2. Variable altura de planta en cm con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.....	21
Figura 3. Variable longitud de raíz con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.....	22
Figura 4. Variable diámetro de tallo con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.....	23
Figura 5. Variable peso fresco de raíz con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.....	24
Figura 6. Variable Peso seco de raíz con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.....	25
Figura 7. Variable Peso seco de hojas con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.....	26
Figura 8. Variable Peso seco del tallo con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.....	27
Figura 9. Variable peso de frutos con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.	28
Figura 10. Variable diámetro ecuatorial con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.....	29
Figura 11. Variable diámetro polar con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.....	30
Figura 12. Variable grados brix con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.....	31

Figura 13. Variable firmeza con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.....32

Figura 14. Variable vitamina C con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.....33

Figura 15. Variable licopeno con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.....34

ÍNDICE DE TABLAS (APÉNDICE)

Tabla 1. Análisis de varianza para la variable número de hojas.....	43
Tabla 2. Comparación de medias para número de hojas de pimiento.....	43
Tabla 3. Análisis de varianza para la variable altura de planta.....	43
Tabla 4. Comparación de medias para la variable altura de planta.....	43
Tabla 5. Análisis de varianza para la variable longitud de raíz.....	44
Tabla 6. Comparación de medias para la variable longitud de raíz.....	44
Tabla 7. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo.....	44
Tabla 8. Comparación de medias para la variable diámetro de tallo.....	44
Tabla 9. Análisis de varianza para la variable peso fresco de raíz.....	45
Tabla 10. Comparación de medias para la variable peso fresco de raíz.....	45
Tabla 11. Análisis de varianza para la variable peso seco de raíz.....	45
Tabla 12. Comparación de medias para la variable peso seco de raíz.....	45
Tabla 13. Análisis de varianza para la variable peso seco de hojas.....	45
Tabla 14. Comparación de medias para la variable peso seco de hojas.....	46
Tabla 15. Análisis de varianza para la variable peso seco del tallo.....	46
Tabla 16. Comparación de medias para la variable peso seco del tallo.....	46
Tabla 17. Análisis de varianza para la variable peso de frutos.....	46
Tabla 18. Comparación de medias para la variable peso de frutos.....	47
Tabla 19. Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial.....	47
Tabla 20. Comparación de medias para la variable diámetro ecuatorial.....	47

Tabla 21. Análisis de varianza para la variable diámetro polar.....	47
Tabla 22. Comparación de medias para la variable diámetro polar.....	47
Tabla 23. Análisis de varianza para la variable grados brix.....	48
Tabla 24. Comparación de medias para la variable grados brix.....	48
Tabla 25. Análisis de varianza para la variable firmeza.....	48
Tabla 26. Comparación de medias para la variable firmeza.....	48
Tabla 27. Análisis de varianza para la variable vitamina C.....	49
Tabla 28. Comparación de medias para la variable vitamina C.....	49
Tabla 29. Análisis de varianza para la variable licopeno.....	49
Tabla 30. Comparación de medias para la variable licopeno.....	49

Resumen

El incremento de la demanda de alimentos de calidad, tanto comercial como nutracéutica, ha llevado a la implementación de nuevas formas de producción de pimiento, una de estas formas es la utilización de microorganismos benéficos para la planta, en este caso se utilizó la bacteria *Azospirillum sp.*, la cual tiene la característica de fijación de nitrógeno y solubilización de fósforo, con esto se reduce la utilización de productos químicos para satisfacer la demanda nutricional de dichos elementos. *Azospirillum* se está utilizando en la agricultura con resultados positivos en el desarrollo y calidad de los cultivos, pero es necesario determinar la concentración más adecuada para una aplicación exógena y su efecto sobre la calidad nutracéutica. Por lo anterior, el objetivo de este experimento fue evaluar e identificar la concentración de bacterias que favorece de manera positiva en rendimiento y productividad así como evaluar el efecto de dicha concentración en la calidad comercial y nutracéutica de los frutos de pimiento. Se evaluaron 4 concentraciones de *Azospirillum* y un testigo absoluto, aplicadas a Chile pimiento de la variedad TOP 141 de la casa semillera Ahern cultivados en macetas con sustrato (peat moss) bajo cubierta de malla sombra con 30 % de sombreo. Los resultados muestran que la concentración de 10^2 mostro un mejor efecto en el rendimiento y productividad, en cambio en la calidad nutracéutica fue mejor en la concentración de 10^8 . La adición exógena de *Azospirillum sp.*, tuvo efecto significativo en el número de hojas, el diámetro del tallo, contenido de sólidos solubles totales, firmeza del fruto, contenido de vitamina C y licopeno. Se observó que en las plantas no inoculadas se registró mayor tamaño y peso fresco de raíz.

Palabras Clave: Calidad nutraceutica, pimiento, biofertilizantes.

I. INTRODUCCIÓN

El incremento de la demanda de alimentos de calidad, tanto comercial como nutracéutica, ha llevado a la implementación de nuevas formas de producción. Por otra parte el pimiento es una de las hortalizas de consumo en fresco más demandadas, donde se han reportado un total de 640,671 toneladas de pimiento exportadas de México a Estados Unidos (Flores, 2012). De acuerdo a las estadísticas de consumo, del servicio de investigación económica, del departamento de agricultura, el consumo per cápita de pimiento en 2012 fue de 5 kg en Estados Unidos de Norteamérica. Para lograr cumplir con las exigencias de los consumidores es necesario darle un buen manejo al cultivo y una buena nutrición, las cuales en la mayoría de los casos son de manera química, lo que incrementa el nivel de contaminantes. A fin de reducir la contaminación de los suelos por la aplicación de sales se buscan nuevas alternativas para reducir el efecto por los residuos de fertilizantes durante el ciclo del cultivo, mediante el presente experimento se plantea como estrategia la aplicación de organismos simbióticos como es el caso de las bacterias de *Azospirillum* ya que es un microorganismo que habita en el suelo, que es donde favorece la asimilación de nutrientes para las plantas. La bacteria utiliza una serie de mecanismos que pueden estimular el crecimiento de las plantas como son la síntesis de hormonas de crecimiento, fijación de nitrógeno, además de la movilización y solubilización de fósforo (Bashan, 2010). Considerando que son tan importantes las bacterias por los beneficios que aportan en las plantas, en el presente trabajo se planteó la estrategia de implementar en el cultivo del pimiento la adición de bacterias *Azospirillum sp.*, para mejorar productividad, producción y calidad comercial y nutracéutica.

1.1 Objetivo General

Evaluar la concentración de bacterias que favorece un mayor rendimiento, producción y calidad nutracéutica en el cultivo de pimiento inoculado con bacterias del género *Azospirillum*.

1.2 Objetivo Específico:

Identificar la concentración de bacterias que favorece de manera positiva en rendimiento y productividad.

Determinar la concentración más adecuada para obtener una mejor calidad y rendimiento.

Evaluar el efecto de la concentración de bacterias en la calidad comercial y nutracéutica de los frutos de pimiento.

Determinar el efecto en crecimiento y en particular la calidad nutraceútica

1.3 Hipótesis:

Al menos una concentración de *Azospirillum sp.*, aplicada en el cultivo de pimiento aumentará la productividad, producción de fruto y calidad nutracéutica del pimiento.

II. LITERATURA REVISADA

2.1. Generalidades del Cultivo

2.1.1. Origen del Cultivo

El pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) es originario de México y de Sudamérica (Bolivia y Perú) donde se encontraron 4 especies diferentes del género *Capsicum*. Posteriormente fue distribuida por Cristóbal Colón en 1493 a Europa, de ahí se extendió por Asia (Fernández, 2012). El género *Capsicum* se cultiva en las regiones tropicales, subtropicales y templadas de México. Los principales estados productores son Puebla, Morelos y Querétaro, es donde se encuentra la mayor diversidad de chiles cultivados y además también se encuentran una gran variedad de chile silvestre (Teodoro *et al.*, 2007).

2.1.2. Clasificación Taxonómica

El pimiento es una planta perteneciente al género *Capsicum*, de la familia de las Solanáceas. Perteneció a la orden de *Solanales*, el pimiento por su nombre científico se conoce como *Capsicum annuum* L. (Guzmán, 2013).

2.1.3. Descripción del Cultivo

En los pimientos existe una gran variedad de formas de frutos (alargados, de 3 o 4 picos, cuadrados, achatados), colores (verde, rojo, amarillo) y sabores (variedades dulces o variedades picantes), pero no todos son utilizados para el consumo sino que también existen pimientos ornamentales (Morales, 2004). Los tipos de frutos de pimientos son: cuadrados, cuadrado americano, cuadrado holandés, cuadrado italiano, rectangular (1/2 largo, 3/4 largo), rectangular largo, pimientos codiformes o acorazados, dulce italiano, cuerno picante (Higón, 2002)

2.1.4. Semilla

El pimiento ($2n = 24$ cromosomas) es una planta hermafrodita (pero funciona como dioica), de ciclo anual. Sus semillas son de un tamaño de 5 a 6 mm de largo y un ancho de 4.8 a 4.8 mm con un grosor de 2.3 a 3 mm, de forma esférica a semiesféricas, y presenta coloraciones café rojizo. Además cuenta con un 4.85% de aceites (Romero, 2008).

2.1.5. Raíz

La masa radicular del pimiento está formada a los 20 días después de la germinación, en un principio en una raíz principal pivotante, delgada con abundantes raíces secundarias. Depende del tipo de suelo puede llegar a media de entre 50-60 cm pero la mayoría de masa radicular se encuentra en los primeros centímetros de profundidad de entre los 25- 30 cm que pueden crecer hacia los lados horizontalmente (Cara, 2014).

2.1.6. Tallo

Cuenta con un tallo principal en su primera etapa de desarrollo, posteriormente ramifica cuando alcanza una altura de entre 15 y 20 cm cuando cuenta con 10 o 12 hojas verdaderas. Los tipos de crecimiento que tiene son determinado (limitado) e indeterminado, es erecto y frágil. Cuenta con una epidermis brillante, con estrías, en ocasiones pronunciadas longitudinalmente. En sus principios es de consistencia tierna, posteriormente se lignifica. El brote deja de crecer con la emisión floral, posteriormente de la axila de la hoja emergen nuevos brotes, puede ser uno o dos, y continúan su crecimiento. Otras variedades son diferentes, los brotes laterales aparecen más pronto, antes de formar la cruz aproximadamente al mes de haber sido plantados, formándose un tallo principal y ramificaciones laterales de la misma longitud y grosor (Staller, 2012).

2.1.7. Hojas

Brotan de forma alterna en el tallo, cuentan con un peciolo largo, lobulares, enteras, lisas con un ápice acuminado, se encuentran insertadas en los nudos de los tallos. Son de color verde claro a verde oscuro, con un limbo alargado. El haz es liso y suave al tacto. La nervadura central pareciera una pronunciación del peciolo que llega hasta el ápice de la hoja, las nervaduras secundarias son paralelinervas entre sí formando un ángulo de 40°, con respecto a la nervadura central. Dependiendo de la variedad pueden ser lanceolada, elíptica u ovals y de gran o pequeño tamaño. El limbo llega a medir hasta 20 cm de largo y 11 cm de ancho, con un peciolo que alcanza los 8 a 10 cm (Reche, 2010).

2.1.8. Flor

La flor del pimiento tiene los 2 órganos reproductores el masculino y el femenino, por lo que se llama hermafrodita. Las flores están localizadas en los puntos donde ramifica el tallo (axilas), se pueden encontrar de 1 a 5 flores por cada axila. En las variedades de fruto grande solo tiene una flor por axila, y se encuentra más de 1 flor en las variedades de fruto pequeño (CEDEPAS-INCAGRO, 2003).

2.1.9. Fruto

El fruto es una baya hueca en forma de capsula hueca, de color variable (verde, rojo, amarillo, naranja, violeta o blanca); las variedades van pasando de los colores verde al anaranjado y posteriormente al rojo a medida que alcanzan su madurez. Los tamaños son variables desde pocos gramos hasta alcanzar 500 gramos. En el interior del fruto en la placenta que es de forma cónica de disposición central se encuentran las semillas. Entre los principales tipos de fruto se encuentran el California, Lamuyo e italiano (ODEPA, 2008).

2.2. Etapas Fenológicas

La fenología comprende el estudio de los diversos fenómenos biológicos vinculados a diferentes fases y está relacionado con el clima del lugar donde se está desarrollando el organismo. Para describir el crecimiento y desarrollo de los cultivos, debemos determinar las funciones de diferentes procesos que se llevan a cabo durante el ciclo de vida de la planta, dentro de la determinación se debe identificar las fases y etapas y su duración de cada una de ellas en el pimiento comprende 4 fases fenológicas que son: emergencia, crecimiento vegetativo, floración y madurez. La duración de cada etapa fenológica se basa en el periodo que transcurre entre cada una de ella (Mundarain *et al.*, 2005).

2.2.1. Emergencia

El periodo de preemergencia varia de entre los 8 a los 12 días, dependiendo las condiciones climáticas se puede alargar o acortar este periodo de tiempo La aparición de la radícula es el principio de la germinación de la semilla, para que esto ocurra deben interactuar varios factores como son temperatura, agua, oxígeno y la presencia de luz. Para que la planta esté lista para trasplantarse tiene una duración de entre 35 a 40 días, una vez completado este tiempo la planta es apta para ser trasplantada, pero para ser trasplantadas deben de tener como mínimo de entre 12-15 cm de alto con un 5-7 mm de grosor y con al menos 4 hojas verdaderas (Moreno *et al.*, 2010).

2.2.2. Crecimiento Vegetativo

Esta fase ocurre en los primeros 40 a 45 días después del trasplante y finaliza con el comienzo de floración. Una vez de la formación de la sexta u octava hoja, el crecimiento del sistema radicular se reduce gradualmente, pero al contrario el ritmo de crecimiento del follaje y los tallos aumenta, las hojas alcanzan el máximo tamaño y el tallo principal comienza a bifurcarse y a medida que continua el crecimiento los 2 tallos se ramifican. La tasa máxima de crecimiento dura solo un pequeño periodo después disminuye gradualmente a medida que la planta entra a la etapa de floración y posteriormente fructificación, esto es debido a que los frutos comienzan a demandar más fotoasimilados y ya no se dirigen hacia los puntos de crecimiento (Berríos *et al.*, 2007).

2.2.3. Floración y Fructificación

La floración 60-150 días después del trasplante, iniciando con la inducción floral que es generada por varios factores tanto internos como externos de la planta. Entre los factores externos el principal factor determinante es la temperatura, especialmente las nocturnas, cuando es sometida a temperaturas de 6-12°C durante 2-4 semanas, esto estimula la floración temprana de las plantas. Según las variedades, luego de 8 a 10 horas aparece la primera flor, en crecimiento vegetativo, con la aparición de la primera flor se inicia la bifurcación del tallo principal. La fructificación comienza con la polinización y desarrollo del fruto. El pimiento emite una gran cantidad de flores, pero solo del

8-25% de las flores cuajan, el fenómeno de que las flores se caigan se llama abscisión floral. La causa de la caída de las flores se debe a que el crecimiento del fruto reduce el cuaje de las próximas flores, ya que todas las reservas se las lleva el fruto (Pino, 2015).

2.2.4. Madurez

La madurez fisiológica y de cosecha se logra en promedio a los 120-180 días en invernadero. La cosecha continua, durante un cierto periodo de tiempo a menos que se presente una condición climática desfavorable para el cultivo (helada) o si el mercado ya no es redituable (Berríos *et al.*, 2007).

2.3. Requerimientos Edafoclimáticos

2.3.1. Temperatura

El pimiento es considerado como una planta exigente de temperaturas ya que influye sobre su crecimiento, fertilidad, tamaño de fruto. Las temperaturas mínimas para que fructifique son de 15°C, estando el cero biológico a los 11°C, por debajo de este rango el pimiento comienza a sufrir daños irreversibles que dan lugar a un crecimiento raquítrico y además ocasiona caída de frutos, flores y necrosis en las hojas. Las temperaturas óptimas para la germinación son el rango de entre 25-30°C, considerando un rango diurno de entre 14-25°C y nocturno de entre 20-21°C, esto asegura un buen crecimiento vegetativo en los primeros estadios de desarrollo. Posterior del trasplante las raíces solo se desarrollaran a temperaturas del suelo de entre 22-24°C. Durante la floración no son recomendadas temperaturas superiores a los 35°C ya que puede ocasionar aborto floral (FAO, 2002).

2.3.2. Humedad

La humedad relativa óptima para el desarrollo del ciclo del cultivo oscila de entre el 50-70%. Humedades superiores a las óptimas y vegetación excesiva en el cultivo se propicia que la floración y la fecundación se vea dificultada, además que en la parte aérea es más propicio al desarrollo de enfermedades fungosas como es el caso de *botritis*. Al contrario con humedades relativas bajas y altas temperaturas puede ocasionar la caída de las flores y frutos recién amarrados (Serrano, 2011).

2.3.3. Luminosidad

Las plantas requieren un rango de 400-700 nm y lo utilizan como energía para la fotosíntesis. El pimiento requiere una buena iluminación, es considerada planta de día corto, ya que si se presenta una alta influencia de la luz prolonga el ciclo vegetativo del cultivo (Gómez, 2003). El cultivo del pimiento tiene una alta tasa de saturación lumínica superando los 1000 $\mu\text{mol q.}^{-1}\text{.m}^{-2}\text{.s}^{-1}$ (Qudaza *et al.*, 2011) por lo cual no debemos superar este rango.

2.3.4. Suelo

El cultivo se adapta a una gran variedad de suelos, pero en especial los suelos francos o francos arenosos, profundos, con buena retención de humedad y drenaje, ya que el encharcamiento del agua produce la caída de las hojas. Requiere una pendiente del 1% para facilitar el riego y evitar la erosión y lograr una máxima producción. El pH óptimo es de entre 6.5 a 7.0 ligeramente ácido (González, 2008).

2.4. Importancia del Cultivo

El pimiento es una de las principales hortalizas de consumo en fresco, ya que en los últimos años su demanda y producción se ha aumentado considerablemente tan solo en el periodo de 1999-2009 según la FAO aumento un 46.68% su producción obteniendo un total de 19, 417,763 toneladas en el mundo en 1999 y para 2009 se registraron 28, 843,822 toneladas en el mundo. Los principales países productores en el mundo son China en primer lugar con un total de 14, 520,301 toneladas en el 2009, otros países productores son México, Turquía, Indonesia y España. Por otra parte los principales países importadores de pimiento son Estados Unidos con 26 % del total con 346,654 t valoradas en US\$ 513.7 millones, en segundo lugar Alemania con 23%, lo que es igual a 254,276 t por un valor de US\$ 351.1 millones y otros países con el 16%, 216,365 t valoradas en US\$ 295.7 millones (Cachote, 2014). Las razones por las que este cultivo es tan importante son por su alto nivel antioxidante y nutracéutico que aporta al ser humano, además de ser rico en minerales y vitaminas, en el cuadro 1 se muestra la composición del pimiento morrón rojo.

2.5. Requerimientos Nutrimientales del Cultivo

La fertilización adecuada para la producción de pimiento morrón es de 180 kg de nitrógeno, 26 kg de fósforo, 150 kg de potasio, 120 kg de calcio, 30 kg de magnesio, esto es para 1 ha, esto con una estimación de producción de 40 toneladas por hectárea en malla sombra (FAO, 2002).

2.6. Uso de Microorganismos en la Agricultura

Las plantas tanto silvestres como cultivadas conviven de forma natural con una gran diversidad de microorganismos que habitan la rizósfera de las plantas; los cuales realizan diversas funciones como son ayudar la disponibilidad de los nutrientes, entre los principales está el nitrógeno (*Rhizobium /Bradyrhizobium* spp.) y el fósforo (hongos micorrízicos y bacterias solubilizadoras de fósforo insoluble) además de la producción de hormonas vegetales, sintetizan antibióticos, y otras funciones, las cuales tienen la consecuencia de favorecer el establecimiento, crecimiento, nutrición y desarrollo de las plantas. La

interacción de los microorganismos son de diferentes maneras una de ellas es la asociación libre, endofíticas o en simbiosis. Por otra parte los efectos que tienen estos organismos pueden ser benéficos, neutros o dañinos (De Nombre, 2010). La utilización de organismos en la agricultura comenzó en la década de 1970, a esta aplicación se le denominó biofertilización, este es uno de los métodos de aplicación de elementos minerales necesarios para el crecimiento de las plantas. Entre las aplicaciones a los cultivos se encuentra la inoculación de leguminosas con bacterias endosimbióticas que tienen la característica de fijar nitrógeno atmosférico; por lo general son microorganismos del género *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, las cuales establecen una asociación simbiótica mediante la formación de nódulos. En otras especies vegetales como las gramíneas se inoculan con bacterias del género *Azospirillum* o *Azotobacter* las cuales no necesariamente requieren estar asociadas con las plantas para la fijación de nitrógeno atmosférico, su acción es alrededor del área de las raíces, produciendo sustancias promotoras del desarrollo radicular (Ferlini *et al*; 2005).

2.7. Características de las Bacterias Fijadoras de Nitrógeno

La fijación de nitrógeno es definida como la oxidación y reducción del nitrógeno para generar amonio o incluso otro tipo de óxidos. Pero para que el nitrógeno pueda entrar a los seres vivos es necesario estar en forma iónica amonio (NH_4^+) o en forma de iones nitrito (NO_2^-) o nitrato (NO_3^-). Para lograr la fijación de nitrógeno existen dos formas de conseguirlo, la abiótica o biológica esta engloba todos los procesos químicos espontáneos, de los cuales resultan óxidos a consecuencia de la combustión de compuestos orgánicos. Otra forma es la que se produce mediante descargas eléctricas (Calvo, 2004).

Entre los microorganismos involucrados en la fijación de nitrógeno atmosférico se encuentran; las bacterias, algas verde-azules y actinomicetes, los cuales se están viviendo libremente o formando asociaciones. Dentro de las bacterias fijadoras de nitrógeno encontremos 2 grupos. En el primer grupo se encuentran las bacterias aeróbicas las cuales se caracterizan por ser móviles en el suelo, las cuales son atraídas hacia la raíz ya que liberan compuestos que le sirven para la nutrición de la bacteria. Las bacterias aeróbicas dependen de las condiciones de humedad, oxígeno y materia orgánica. A este grupo se le denomina Rizobios dentro del cual se encuentran *Rhizobium*, *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Phyllobacterium*, *Agrobacterium* las cuales ocasionan nódulos en raíz y tallo. El otro grupo está formado por actinomicetos (bacterias Gram positivas) son anaeróbicas obligadas o facultativas y son predominantes en suelos anegados en los cuales existen las condiciones de humedad y materia orgánica pero el suministro de oxígeno está restringido en este grupo se encuentran *Clostridium pasteurianum*, *Klebsiella spp.*, *Desulfovibrio sp.*, las cuales nodulan las raíces de muchos árboles y arbustos (Figuroa, 2004).

2.7.1. Mecanismos de las Bacteria para Fijar Nitrógeno

2.7.1.1. Formación de Nódulos

La fijación de nitrógeno se lleva a cabo en los nódulos radiculares, y estos resultan de una simbiosis entre la planta y las bacterias. Cuando los dos entran en contacto forman un bacteroide, después expresa la actividad nitrogenasa gracias a este complejo es capaz de fijar nitrógeno (Steenhoudt *et al.*, 2000).

2.7.1.2. Complejo Enzimático Nitrogenasa

Las bacterias fijadoras de nitrógeno cuentan un complejo enzimático denominado nitrogenasa, esta enzima está formada por dos metaloproteínas estas son la ferroproteína y la molibdoferroproteína. La nitrogenasa transforma en amonio el nitrógeno atmosférico, pero si las enzimas se encuentran en presencia del oxígeno, el proceso se inactiva irreversiblemente. La leghemoglobina es un pigmento que regula la tensión de oxígeno en el nódulo radicular, en otras palabras actúa como filtro de oxígeno para permitir a la nitrogenasa desarrollar su actividad eficientemente. El complejo enzimático nitrogenasa está conformado por dos unidades, la primera está formada por cuatro subunidades proteicas, las cuales conforman el cofactor hierro molibdeno y en este cofactor es donde se reduce el nitrógeno. La segunda unidad está conformada por dos unidades idénticas, posee átomos de hierro formando un complejo con azufre. La conversión de nitrógeno en amonio por la enzima nitrogenasa ocurre mediante la transferencia de electrones. La reacción se expresa en la siguiente fórmula $N_2 + 8H^+ + 8e^- + 16 ATP \rightarrow 2NH_3 + H_2 + 16 ADP + 16 Pi$ esta es la reacción necesaria para producir amonio (Soto *et al.*, 2001).

2.8. Genero *Azospirillum*

El nombre del género *Azospirillum* proviene del francés, su significado es nitrógeno y el grupo *Spirillum* (pequeño espiral). El género fue descubierto en 1925 por Beijerinck, este organismo fue aislado de pequeñas muestras del suelo, en Holanda, asignándole por primera vez el nombre de *Azotobacter spirillum* con el paso del tiempo se denominó *Spirillum lipoferum*. En el año de 1978, después de haber trabajado con ella y continuar con los aislamientos se le dio un nuevo nombre a este género, el nombre es *Azospirillum*. En sus inicios de la investigación solo se reportaban dos especies, *Azospirillum brasilense* y *Azospirillum lipoferum*, fueron identificadas basándose en sus diferencias fisiológicas y morfológicas además de una serie de experimentos de homología del DNA (Parra *et al.*, 2002). Actualmente se conocen ocho especies que son *A. amazonense*, *A. halopraeferans*, *A. irakense*, *A. largomobile*, *A. doebereineriae*, *A. oryzae* (Pérez, 2005). El género *Azospirillum* son bacterias Gram negativas, con forma de vidrio o espirilo, de 1 micrón de diámetro, además cuenta con flagelos de corta longitud, los cuales los utiliza para desplazarse en superficies sólidas y un flagelo utilizado para nadar. Los mecanismos que tiene la bacteria los cuales favorecen a la planta son producción de fitohormonas que inducen el crecimiento y la morfología,

interfiriendo el metabolismo hormonal de la planta, pero además de eso fija N₂ atmosférico, y solubiliza fosforo (Paredes, 2013).

2.9. Uso de *Azospirillum* en Cultivos Agrícolas

Son bacterias utilizadas por la capacidad de promover el crecimiento vegetal, las cuales tienen la capacidad de mejorar la nutrición nitrogenada y fosforada, constituye una herramienta económica y ecológica sustentable. La utilización de este género en un principio se comenzó a emplear en plantas de la familia de las gramíneas, una de la planta de esta familia en donde cada vez es más empleada es en el maíz (Di Salvo *et al.*, 2012). Pero además del maíz también se ha probado que tiene un efecto positivo en trigo, remolacha y girasol donde han reducido la aplicación de nitrógeno de 20 a 60 Kg de N ha⁻¹. Se demostró que al aplicar *Azospirillum* incrementa significativamente la producción y biomasa de cultivos establecidos en campo, así como brindar la resistencia de los cultivos a diversos patógenos. El uso de *Azospirillum* no solo es exclusivo de la familia de las gramíneas se ha demostrado que hay más de 100 plantas las cuales establecen una simbiosis funcional con esta bacteria (Herrera *et al.*, 2012). Otro cultivo de importancia mundial donde se emplea es el arroz ya que este cultivo tiene problemas de asimilación de nutrientes especialmente de nitrógeno y fosforo (Traut *et al.*, 2006).

2.10. Efecto del *Azospirillum* en la Asimilación de Nutrientes

La bacteria *Azospirillum sp* la cual tiene la capacidad de promover el crecimiento vegetal y la fijación de nitrógeno y biosíntesis de las hormonas de crecimiento de las plantas (Steenhoudt *et al.*, 2000), además de eso tiene la característica de solubilizar y movilizar fosforo (Bashan, 2010)

2.11. Vitamina C

La vitamina C (ácido ascórbico) es un agente reductor, tiene la facilidad de donar sus electrones a moléculas receptoras (radicales libres), gracias al potencial que tiene de oxidación-reducción. Las principales funciones de la vitamina C es actuar como antioxidante y como cofactor enzimático (Combs, 2008).

Una deficiencia en el ser humano de vitamina C, es la lenta cicatrización de heridas pero además una fatiga como resultado del deterioro de las reacciones enzimáticas y la insuficiente síntesis de colágeno, carnitina y catecolaminas. Otra deficiencia sería la incidencia de cálculos biliares (Hudes, 2000).

2.12. Licopeno

El licopeno es un carotenoide, es el principal pigmento de los frutos rojos, es sintetizado únicamente por las plantas y microorganismos. Una de las

funciones del licopeno es la de absorber la luz durante la fotosíntesis, protegiendo a la planta de la fotodegradación (Waliszewski *et al.*, 2010).

El licopeno conserva sus propiedades funcionales después de ser procesado, dentro de las propiedades que se le atribuyen es el de ser antiinflamatorio y quimioterapéuticos, sobre las enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y algunos cánceres, en si su principal función es el de antioxidante (Bojórquez *et al.*, 2013).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización Geográfica del Trabajo de Investigación

El presente trabajo se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila, México, en el área de postgrado del departamento de Horticultura, dentro de las coordenadas geográficas 101° 2 Longitud Oeste y 25° 21 Latitud Norte del meridiano de Greenwich y con una altitud de 1763 msnm.

3.2. Material Vegetal

Las semillas fueron de pimiento tipo blocky rojo de la variedad TOP 141 de la casa semillera Ahern. Es una variedad vigorosa que permite la producción en el clima templado, adaptada en ambiente protegido, cuenta con una buena cantidad de amarre de fruto bajo distintas condiciones climáticas. El fruto maduro de color rojo brillante, con los 4 lóculos definidos, y un mesocarpio grueso lo que les proporciona una resistencia a las caídas y además asegura un buen peso del fruto. La planta es resistente a TSWV (virus del bronceado del tomate) (Ahern semillera).

3.3. Siembra

La siembra se realizó en charolas de poliestireno con 200 cavidades, la cual consistió en llenarlas con peat most previamente humedecido, se colocaron las semillas en forma individual en cada cavidad, se estuvieron realizando riegos con agua tibia (30 °C) para propiciar la germinación ya que las condiciones climáticas no eran apropiadas, una vez emergida se dejaron 30 días en la charola y posteriormente a trasplantar en bolsas negras de 10 kg rellenas de peat most.

3.4. Manejo del Cultivo

3.4.1. Riego

El riego después del trasplante consistió en adicionar 333 ml de solución nutritiva por planta por día, cuando inicio el crecimiento y desarrollo del cultivo se estuvo adicionado medio litro de agua por planta, una vez que comenzó la fructificación se cambió la dosis a un litro de solución por planta cada día. La aplicación de la nutrientes en el inicio se realizaba manual posteriormente se estableció un sistema de riego el cual consistía en un tonel de 200 litros el cual estaba conectado a 3 mangueras las cuales tenían goteros distribuidos uno por planta.

3.4.2. Fertilización

La fertilización se realizó mediante 4 formulaciones comerciales las cuales estaban diseñadas por etapas que son: etapa 1 o inicio que comprende desde los 5-30 días después de trasplante, después se continuó con la etapa 2 o desarrollo que comprende de los 35-65 días después de emergencia, seguida por la etapa 3 que es floración comprende de los 65-150 días después de trasplanté y por último la etapa 4 que es la etapa de producción que comprende los periodos 150-200 días después del trasplante. El contenido de elementos minerales por etapa fenológica aplicados se ilustra a continuación:

3.4.2.1. Macronutrientes

Respecto a los macroelementos obtenidos por cada fórmula de fertilización se indican en el cuadro 2.

Cuadro 2. Contenido de las Fórmulas de Fertilización en Base a g/Kg.

Etapa	Nitrógeno				P_2O_5	K_2O	Mg	S
	Total	Ureico	Nítrico	Amoniacal				
1: Inicio	13	2	2.5	8.5	26	13	2	3
2: Desarrollo	16	3.8	4	8.2	12	18	2	2
3: Floración	14	3.1	4.2	6.7	7	21	3	4
4: Producción	12	2.7	4	5.3	6	23	3	4

De manera adicional se agregó Calcio de un producto comercial denominado calitech de la empresa TRADECORP, el cual presenta en siguiente contenido:

3.4.2.2. Micronutrientes

La adición de micronutrientes también se encontraba presentes en las diferentes formulaciones las cuales se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3. Formulaciones de fertilizantes de micronutrientes en base a mg/kg.

Etapa	Hierro	Zinc	Manganeso	Boro
1: Inicio	500	500	750	500
2: Desarrollo	250	250	300	250
3: Floración	100	100	150	100
4: Producción	50	50	60	50

3.4.3. Podas y Desbrotos

Las podas y desbrotos comenzaron en la etapa de crecimiento vegetativo, la finalidad de estas prácticas fueron mejorar la arquitectura de la planta de manera que se facilitaran las labores de cultivo y además retirar el excedente de brotes laterales, hojas viejas, frutos malformados, los cuales le quitan vigor a la planta a consecuencia de la disminución de nutrientes esenciales que pueden ser dirigidos a otras partes donde son aprovechados.

3.4.4. Tutoreo

La finalidad del tutoreo fue para proporcionar un medio de sostenimiento a la planta para soportar tanto el peso de la misma como de los frutos, esta práctica consistió en colocar un tramo de rafia amarrado al pie de la planta y conducirlo por debajo de los nudos de la planta en sentido contrario a las manecillas del reloj, ya que la planta tiene un crecimiento dextrógiro evitando el ahorcamiento de la planta.

3.4.5. Control Fitosanitario

3.4.5.1. Control de Plagas:

Las plagas que se presentan durante el ciclo del cultivo fueron: mosquita blanca, paratrioza, minador de la hoja, araña roja, trips, los cuales fueron controlados y abatidos con 2 aplicación de Imidacoprid a una dosis de 0.5 g·L una al principio del trasplante y la otra posterior a los 30 días, en el caso del carbofuran se aplicaron 2 veces, intercalado con el imidacoprid a una dosis de 1 ml por litro, Abamectina solo se aplicó en una ocasión que se presentó minador. Pero además de los químicos también se aplicaron extracto de ajo en la última etapa del cultivo con el fin de evitar la residualidad de los productos en los frutos.

3.4.5.2. Control de Enfermedades

En cuanto al manejo de enfermedades, se aplicaron productos preventivos cada 8 días intercalados para evitar una resistencia de los hongos a los productos, los productos aplicados fueron: Mancozeb a dosis de 0.8 g·L, Tecto 60 a una concentración de 0.5 a 1.5 g por litro, Cuperhidro a dosis de 2 g·L. Todas las aplicaciones se hicieron dirigidas al follaje de las plantas.

3.5. Tratamientos Evaluados

En el experimento se trabajaron con 5 tratamientos que constaban de la aplicación de *Azospirillum sp.* a distintas concentraciones y un testigo (SA). Las diferentes concentraciones se muestran en el cuadro 4.

Cuadro 4. Descripción de los diferentes tratamientos con sus respectivas concentraciones de bacterias por litro.

Tratamiento	Concentración de <i>Azospirillum sp.</i>
1	SA
2	10^2
3	10^4
4	10^6
5	10^8

3.6. Procedimiento para la Obtención de las Diferentes Concentraciones de *Azospirillum sp.*

Para realizar las diferentes dosis, primero se prepararon las diferentes concentraciones de bacterias, la cual consistió en la extracción de 10 ml de la primera solución que es 10^8 y se colocó en un recipiente de un litro y se aforo con agua destilada quedando la dilución en 10^6 , se repitió el mismo procedimiento hasta que quedo la última dilución en 10^2

3.7. Aplicación de Tratamientos

De cada una de las concentraciones de bacterias preparadas se aplicaron 10 ml por planta dirigidos al tallo de la planta. La primera al momento del trasplante y la segunda a los 10 días después de la primera aplicación, lo anterior se realizó con el fin de asegurar una buena colonización de las bacterias en el suelo.

3.8. Diseño Experimental

El diseño experimental que se utilizó durante este experimento fue el de completamente al azar que constaba de 4 tratamientos y 1 testigo (SA) con 12 repeticiones por tratamiento, las cuales consistieron en una planta por repetición.

3.9. Variables Evaluadas

Nota: El ciclo productivo constó de 152 días, al llegar a este tiempo fueron cortadas.

3.9.1. Número de Hojas

Para realizar esta variable se cuantificaban el número de hojas que contenían las plantas al finalizar el experimento, entre las hojas que se cuantificaron se incluían hojas adultas, medias y jóvenes.

3.9.2. Altura de Planta

Para medir la altura de la planta se realizó con un flexómetro, esto se realizó una vez que se cortaron las plantas, se midieron desde la base del tallo hasta el ápice de las mismas.

3.9.3. Longitud de Raíz

Para realizar la medición de la raíz primero se lavaron los cepellones que se encontraban en las bolsas con peat most, una vez lavados se tomaron las mediciones desde donde comenzada la raíz hasta el ápice de la misma, las mediciones se realizaron con un flexómetro.

3.9.4. Diámetro de Tallo

Para realizar la medición del tallo se utilizó un vernier manual, en el cual se colocaba en la base del tallo para tomar la medición del diámetro con el que contaba.

3.9.5. Peso Fresco de la Raíz

Para determinar esta variable fue necesario lavar las raíces y retirar el excedente de agua para posteriormente, pesar en una balanza analítica marca OHAUS, lo cual consistió en colocar una por una de las raíces en el plato de la balanza y se registró el dato correspondiente. Después de hacer el peso fresco de la raíz se colocaron en bolsas de papel previamente marcadas, y se llevaron a secar al invernadero.

3.9.6. Peso Seco de Raíz

Para esta variable primero se cortaron las muestras se metieron en bolsas y se llevaron al invernadero donde se pusieron a secar a temperaturas promedio de

22°C y H.R del 60 % por un periodo de 12 días. Se sacaron de la bolsa de papel las raíces y se procedió a pesarlas en una balanza analítica marca OAHUs, lo que consistió en colocar la raíz en el plato de la pesa y posteriormente tomar el dato correspondiente a esa muestra.

3.9.7. Peso Seco de Hojas

Se pusieron a secar las hojas en una bolsa de papel la cual se llevó al invernadero donde se encontraba a temperaturas promedio de 22°C y H.R del 60% por un periodo de 12 días. Después se procedió a colocar todas las hojas secas en el plato de la balanza analítica (marca OAHUS) y se tomó el dato correspondiente.

3.9.8. Peso Seco de Tallo

Se pusieron a secar los tallos en una bolsa de papel la cual se llevó al invernadero donde se encontraba a temperaturas promedio de 22°C y H.R del 60% por un periodo de 12 días. Se procedió a colocar el tallo fraccionado (con el fin de que cupiera todo en la balanza) en el plato de la balanza analítica (marca OAHUS) y se tomó el dato.

3.9.9. Peso de Frutos

Para realizar la determinación de esta variable fue necesario realizarla con todos los frutos cosechados, con el fin de llevar un registro del volumen de producción, para realizarlo fue necesario colocar el fruto en el plato de la balanza analítica (marca OHAUS) y posteriormente tomar el dato correspondiente.

3.9.10. Diámetro Ecuatorial de Frutos

Para la determinación del diámetro ecuatorial se utilizó un vernier manual, la toma consistió en tomar 2 mediciones de los ecuadores del fruto y posteriormente se sumaron y se tomó el promedio.

3.9.11. Diámetro Polar de Frutos

Para la determinación del polar es algo similar al de la toma del diámetro ecuatorial que requirió la utilización un vernier manual, la toma consistió en tomar 2 mediciones de los polos del fruto y posteriormente se sumaron y se tomó el promedio.

3.9.12. Grados Brix

Para tomar esta medida se requirió un refractómetro electrónico marca Hanna modelo HI 96801, en el cual primero se tomó unas gotas de agua desionizada para calibrar el aparato posteriormente se colocó una gota de jugo del pimiento sobre el lector del aparato y se tomó la lectura.

3.9.13. Firmeza

Esta variable se midió con un penetrómetro marca QA modelo FT-327 el cual cuenta con 2 puntillas una de 8 y otra de 11 mm, lo cual consistió en colocar una puntilla de 11 mm, posteriormente se tomó firmemente el fruto y se introdujo el penetrómetro hasta la marca y se prosiguió a tomar la lectura en Kg·cm².

3.9.14. Vitamina C

Para la determinación de vitamina C primero se pesaron 20 g de muestra y se colocaron en un mortero, se le agregaron 10 ml de HCl al 2% y se procedió a triturar (hasta obtener una consistencia blanda sin ningún sólido), una vez triturado se le agregaron 100 ml de agua destilada y se homogenizó, después se colocó en un filtro que contenía una gasa y se recibió el filtrado en un matraz Erlenmeyer de 250 ml y se midió el volumen que contenía el matraz, posterior se tomaron 3 alícuotas de 10 ml cada una y se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 125 ml, después en una bureta se midió un volumen conocido de reactivo Thielmann y se procedió a la titulación la cual consistió en agregar reactivo hasta que apareciera un cambio de coloración y no desapareciera en 30 segundos y se anotó el gasto de reactivo. Una vez teniendo lo anterior se procedió a calcular el contenido de vitamina C presente en la muestra mediante la operación que se muestra a continuación (Association of Official Analytical Chemists, inc., 1990).

Fórmula para determinación de contenido de vitamina C

$$\text{mg/100gr de vitamina C} = \frac{\text{VRT} * 0.088 * \text{VT} * 100}{\text{VA} * \text{P}}$$

VA * P

Donde:

VRT= volumen gastado en ml del reactivo de Thielmann

0.088 = miligramos de ácido ascórbico equivalentes a 1 ml de reactivo de Thielmann.

VT = Volumen Total en ml del filtrado de vitamina "C" en HCl

VA = Volumen en ml de la alícuota valorada.

P = Peso de muestra en gramos.

3.9.15. Contenido de licopeno

En la determinación de licopeno primero fue necesario tomar 3 gramos de pimienta y posteriormente fue llevado a refrigeración, posteriormente se colocaron en un mortero (el mortero previamente congelado), se le agregaron ml de buffer de fosfatos a un pH de 7 y se mezcló hasta conseguir una mezcla homogénea y macerada, se colocó en tubos de centrifuga, pero primero se le agregaron 4 ml de la mezcla hexano/acetona (3:2), agitando fuertemente al tubo para separar los pigmentos de las membranas y así poder disolverlos (Davis *et al.*, 2003). Posteriormente se centrifuga a 2500 rpm por 10 min y se coloca la solución en una celda y se lee la absorbancia a 502 nm. Tomando la lectura se calcula el contenido de licopeno mediante la fórmula:

$$\text{Licopeno } (\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}) = A_{502} \times \left[\frac{1}{320} \right] \times 4 \quad (\text{Fish } et al., 2002).$$

3.10. Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el programa S.A.S versión 9.1.3 portable (Statistical Analysis System) mediante el modelo completamente al azar, y empleando posteriormente la comparación de medias de Duncan $\alpha=0.05$.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Número de Hojas

Para esta variable, se encontraron diferencias estadísticas (Duncan $\alpha=0.05$) entre los tratamientos empleados, (Figura 1) se observa que el tratamiento 4 obtuvo una mayor número de hojas en comparación con el resto de los tratamientos. Esta respuesta puede estar relacionada a la capacidad *Azospirillum sp.*, para fijar nitrógeno mediante la oxidación de NH_4 o NH_3 resultante de la actividad microbiana sobre la Materia orgánica (Dobbelaere *et al.*, 2002), Los resultados arrojados coinciden con (Avila *et al.*, 2005), donde encontraron diferencia significativa en algodón (*Gossypiumhirsutum*) con la aplicación de *Azospirillum* y comparado con fertilización química.

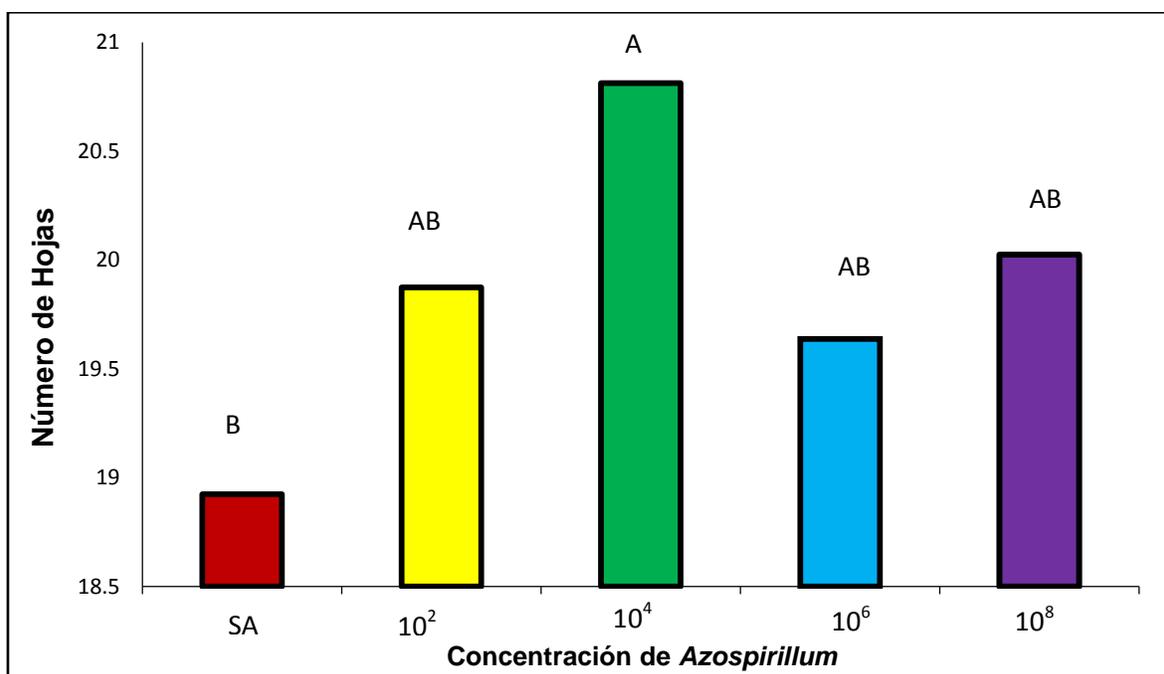


Figura 1. Número de hojas con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.

4.2. Altura de Planta

La altura de planta fue diferente en cada una de las dosis siendo directamente proporcional a la dosis (Figura 2). esta respuesta puede estar relacionada a la mayor disponibilidad de nitrógeno en la solución dada la capacidad de *Azospirillum* para generar NO^{-3} o nitrógeno disponible a las plantas, y biosíntesis de hormonas de crecimiento las cuales facilitan la asimilación de ciertos elementos minerales como son el fósforo (Steenhoudtet *et al.*, 2000). Dichos resultados concuerdan con (Castañeda, *et al.*, 2013), quienes no

encontraron diferencia en cuanto a la aplicación de bacterias en la ganancia de altura de la planta en fresa.

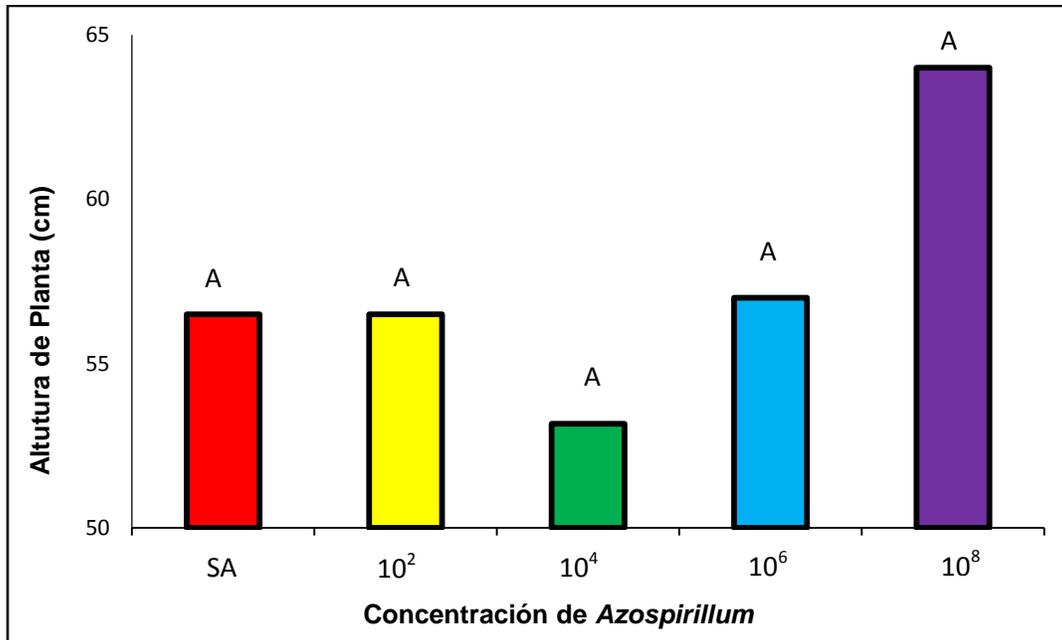


Figura 2. Altura de planta en cm con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.

4.3. Longitud de Raíz

No se encontró diferencia significativa entre las diferentes longitudes de raíces, sin embargo se observa (Figura 3) una tendencia donde el testigo obtuvo un mayor tamaño que la de los tratamientos, por lo cual tuvo un mayor gasto de energía en generar ese tamaño de raíz lo cual los tratamientos, no necesitaron hacer eso ya que la bacteria *Azospirillum*, puso a su disposición elementos (nitrógeno y fósforo) por lo cual no necesitaron crecer más para encontrar esos elementos. Los resultados obtenidos también concuerdan con los de reportar (Naiman *et al.*, 2008), quien no encontró diferencia significativa en la longitud de raíz en plantas de trigo inoculada con *Azospirillum* y *Pseudomonas fluorescens* y con (Castañeda *et al.*, 2013), quienes concuerdan con que no existe diferencia en la longitud de raíz en fresa inoculada con *Azospirillum* mas fertilización química.

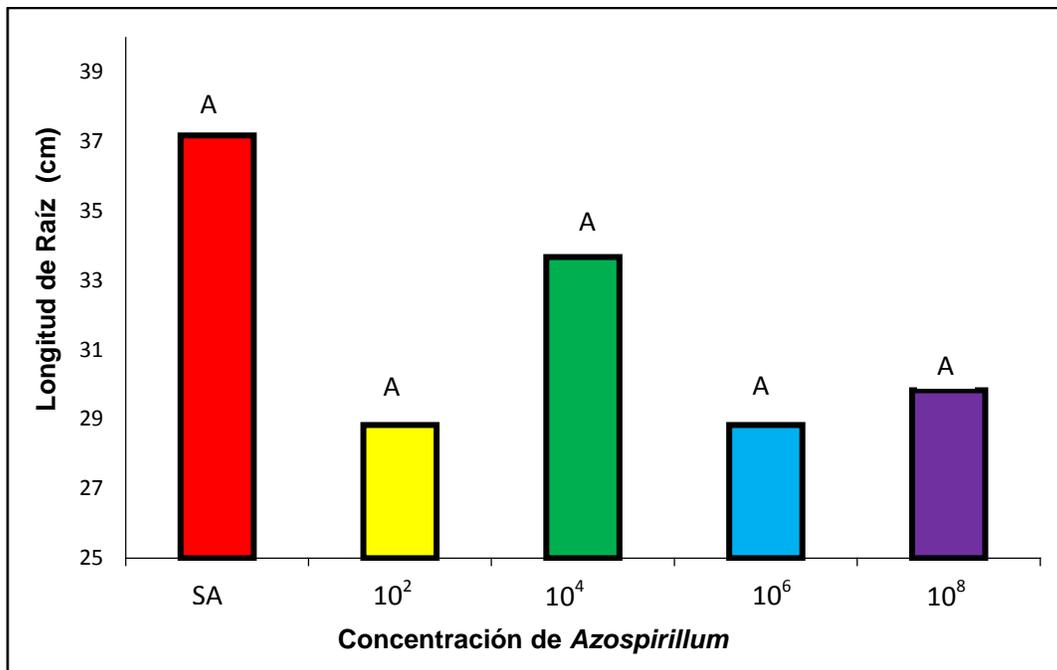


Figura 3. Longitud de raíz con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.

4.4. Diámetro de Tallo

Para la variable diámetro de tallo si se encontró diferencia significativa (Duncan $\alpha=0.05$) entre la aplicación de bacterias siendo el tratamiento 5 el mejor (Figura 4) el que se le aplicó una mayor concentración de bacterias debido a que *Azospirillum* tiene la capacidad de solubilizar el fósforo (Fernández *et al.*, 2005), se ha demostrado que el fósforo tiene efecto positivo en cuanto a la ganancia de grosor de tallo (Larrea *et al.*, 2003), gracias a la aplicación de bacterias se mostró un efecto positivo en cuanto a la ganancia de diámetro de tallo ya que el fósforo aplicado estaba a disposición del cultivo para ser asimilado y utilizado por la planta por lo anterior fue positiva la aplicación de la bacteria para ganar más diámetro de tallo.

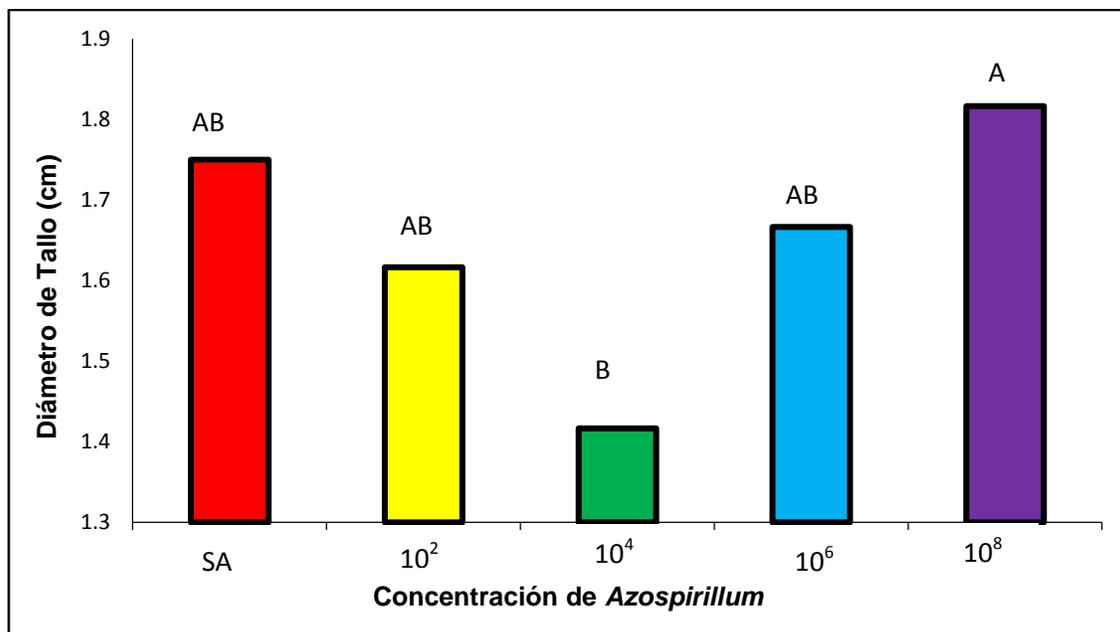


Figura 4. Diámetro de tallo con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.

4.5. Peso Fresco de Raíz

Con respecto a la variable peso fresco de raíz se encontró diferencia significativa (Duncan $\alpha=0.05$) entre tratamientos, donde el testigo fue el que obtuvo un mayor peso de la masa radicular (figura 5), esto se debe a que la bacteria *Azospirillum* promueve un incremento radical en la etapa inicial de las plantas (Herrera *et al.*, 2012). Esto difiere con la literatura encontrada donde nos dice que la bacteria *Azospirillum sp* produce triptófano el cual es precursor del ácido indol- acético (AIA) (García *et al.*, 2006). El ácido indol-acético es del grupo de las auxinas las cuales son reguladores de crecimiento de las plantas, las cuales influyen en el crecimiento, división celular y formación de raíces (Castillo *et al.*, 2005). Por otra parte se ha demostrado que *Azospirillum sp.* produce ácido abscísico el cual puede inhibir el crecimiento radicular (Soon *et al.*, 2012).

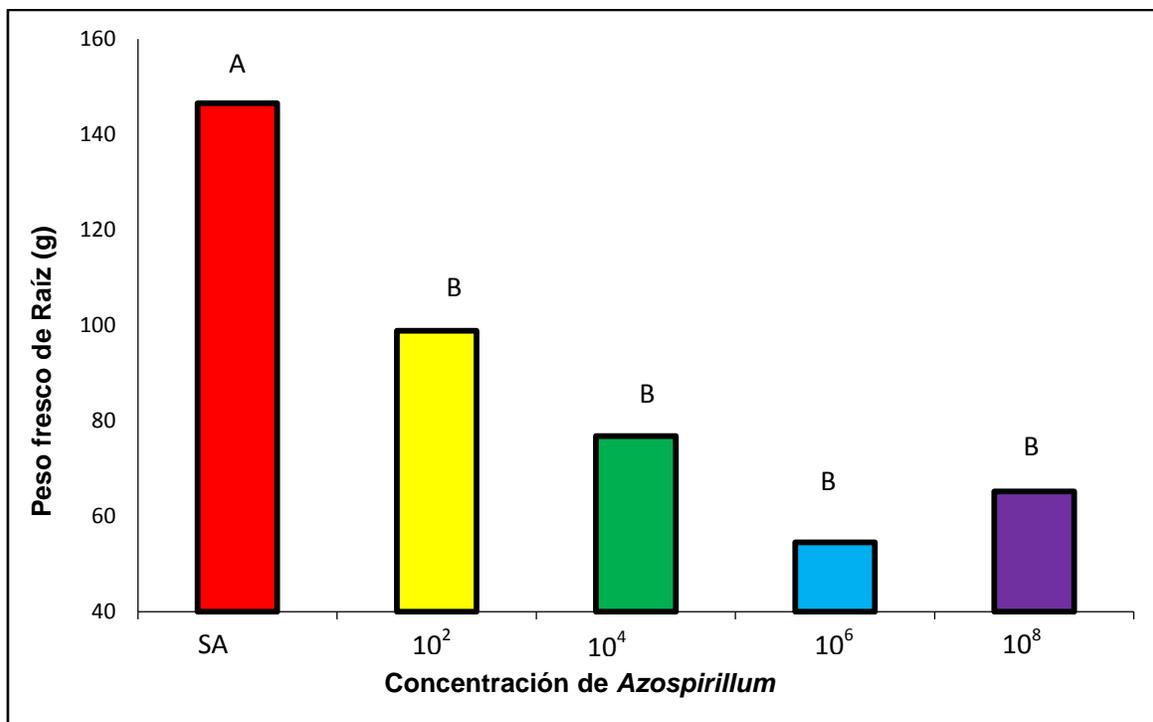


Figura 5. Peso fresco de raíz con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.

4.6. Peso Seco de Raíz

Con respecto al peso seco de la raíz se mostró que existe diferencia significativa entre los tratamientos (Duncan $\alpha=0.05$), siendo el testigo el que obtuvo un mayor peso seco de raíz (figura 6), mostrando una tendencia descendente, en el cual la concentración de 10^6 tiene un menor peso con respecto a los demás tratamientos. Esto se debe a que según lo reportado por (Chávez, 2013) una concentración alta de inóculo, cuando supera los niveles óptimos tiene efectos inhibidores y al contrario dosis bajas no causan ningún efecto. Esto no coincide con los resultados obtenidos por (Bhattarai *et al.*, 1997), donde el obtuvo un aumento en la masa radicular en plantas de trigo.

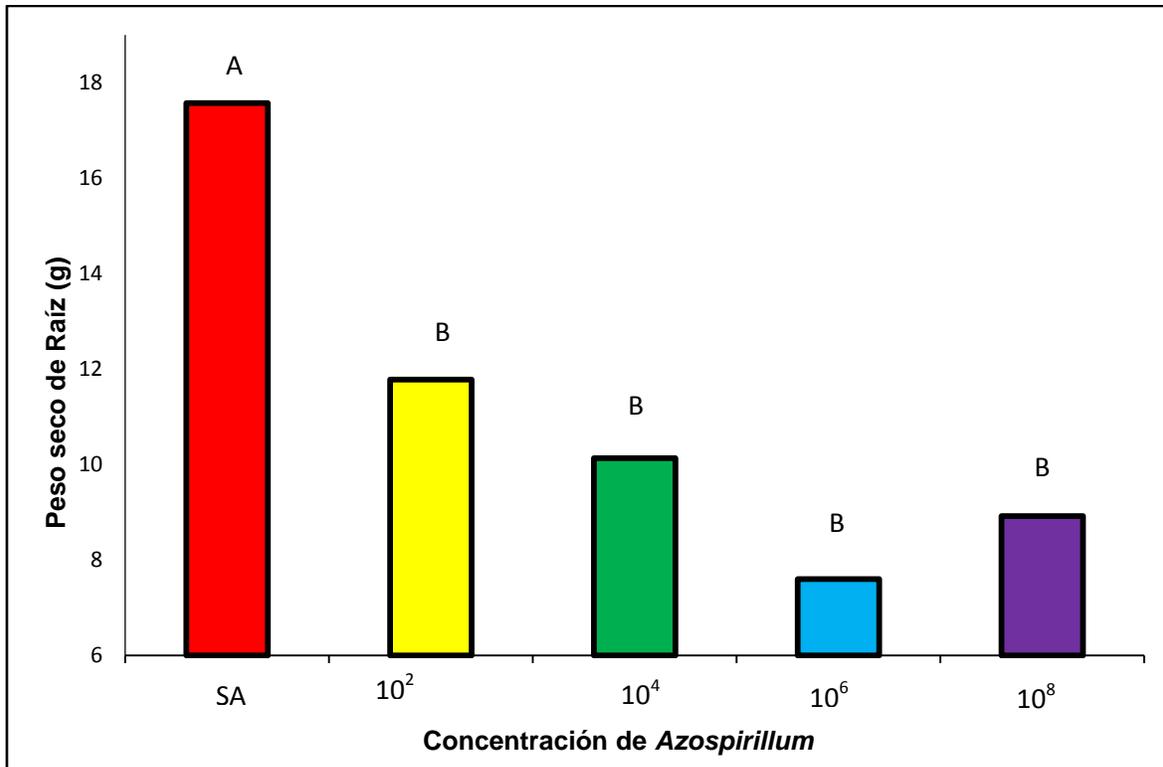


Figura 6. Peso seco de raíz con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.

4.7. Peso Seco de Hojas

En cuanto al peso seco de las hojas al finalizar el experimento muestra que no existe diferencia significativa entre tratamientos, pero la tendencia de la gráfica (figura 7), muestra que la concentración de 10^6 obtuvo un mayor peso de hojas con respecto a los demás tratamientos. La bacteria *Azospirillum sp.* tiene la capacidad de poner a disposición algunos elementos minerales como es el caso del nitrógeno, fósforo y en menor cantidades, K^+ , Fe_{2+} , y Rb^+ , al tener a disposición estos elementos da como resultado un incremento en la acumulación de materia seca (Parra y Cuevas, 2002). Pero además también produce sideróforos y hormonas vegetales, como es el caso de las auxinas giberelinas y citoquininas, las cuales tienen la capacidad de promoción de crecimiento vegetal y aumento de biomasa en las plantas (Camelo *et al.*, 2011). En la investigación de Nuncio *et al.*, (2013) sugieren inocular cepas de *Azospirillum sp.* a una dosis de 10^8 bacterias mL^{-1} en plántulas de chile jalapeño incrementa la materia seca.

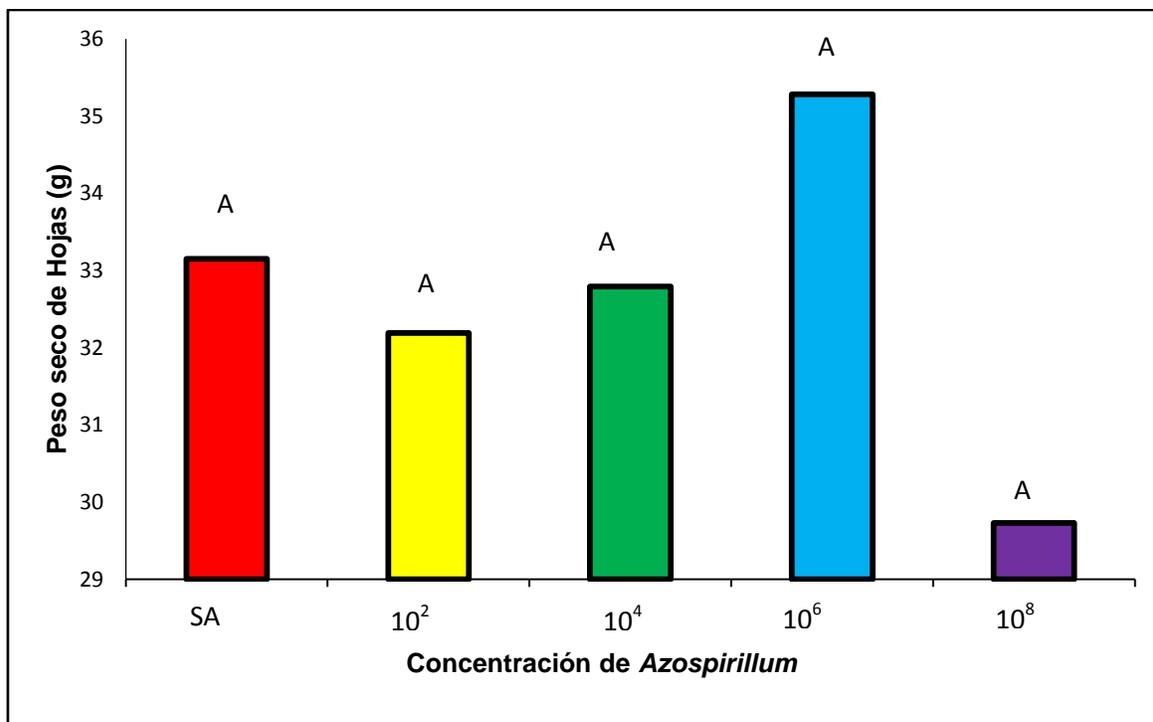


Figura 7. Peso seco de hojas con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.

4.8. Peso Seco del Tallo

Con respecto al peso seco de tallo no se encontró diferencia significativa entre tratamientos, pero la tendencia de la gráfica es descendiente donde el testigo obtuvo un mayor peso seco de tallo. Uno de los efectos de *Azospirillum brasilense* según (Molla *et al.*, 2001) menciona que la bacteria *Azospirillum brasilense* produce una cantidad considerable de ácido indolacético, lo cual favorece a un aumento de materia seca en las plantas. Las auxinas se encuentran en mayor cantidad en los procesos activos de división celular, lo cual se relaciona con las diversas funciones fisiológicas como son la elongación de tallo y diferenciación vascular (Msteen, 2009).

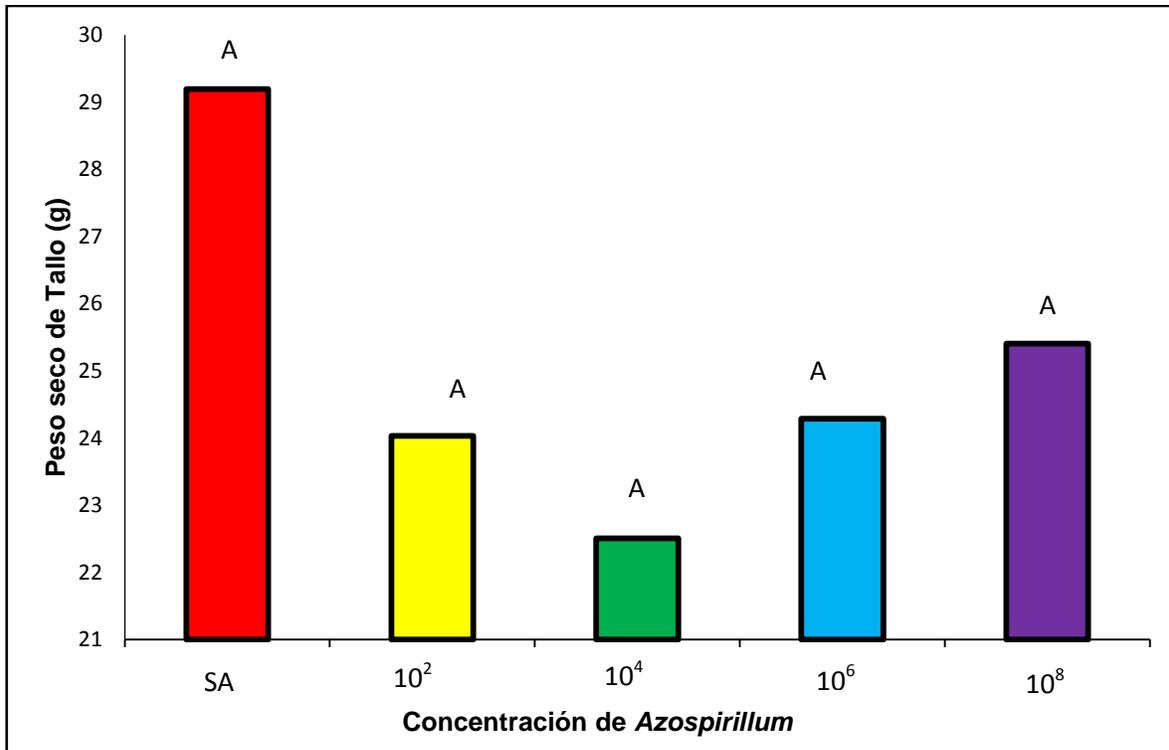


Figura 8. Peso seco del tallo con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.

4.9. Peso de Frutos

Con respecto a la variable peso de frutos, no se encontró diferencia significativa entre tratamientos, pero la tendencia de la gráfica (figura 9), muestra el tratamiento 2 que fue la concentración más baja de bacterias y se registró mayor peso de frutos con 153 g, según los estándares de calidad de la Asean (2011) se encuentra en la categoría 4 (120 – 160 g). Días *et al.*, (2003) reportó un efecto positivo con la inoculación de *Azospirillum* sp. donde se alcanzó mayor peso de frutos.

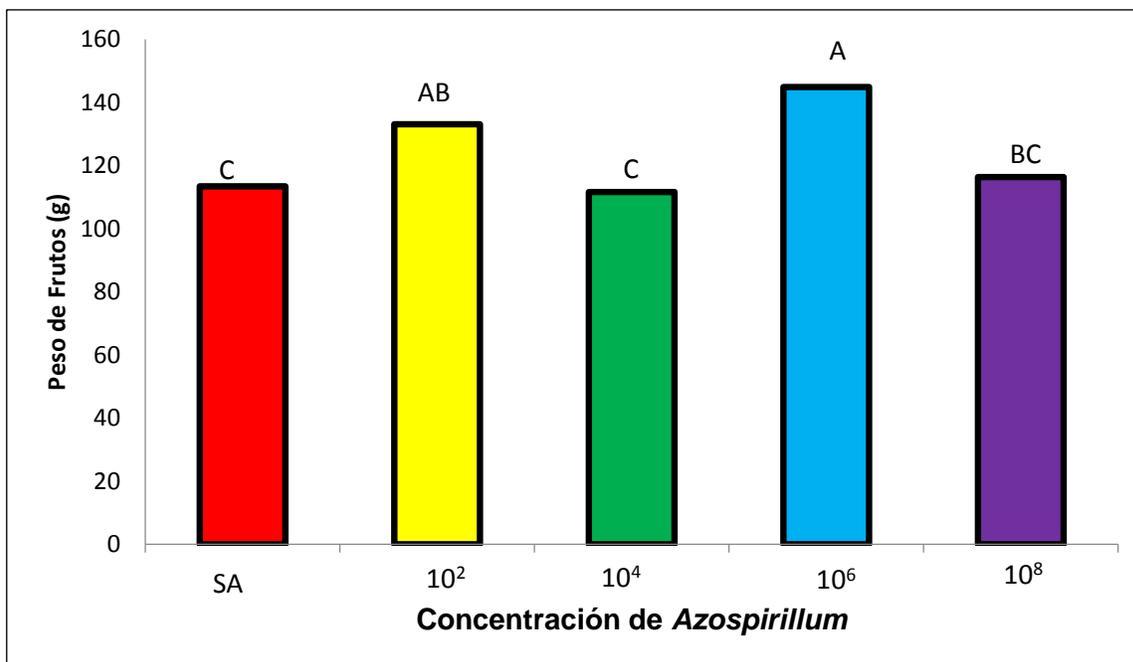


Figura 9. Peso de frutos con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.

4.10. Diámetro Ecuatorial de Fruto

En cuanto al diámetro ecuatorial de los frutos de pimiento se obtuvo diferencia significativa (Duncan $\alpha=0.05$) entre tratamientos no obstante el tratamiento 2 expreso un mejor tamaño de diámetro ecuatorial, a la vez superando el tamaño mínimo de frutos de pimiento de primera calidad reportado por USDA, (2009) donde se reporta como mínimo 76.2 mm de diámetro. Aguilar (2010) reporto una mayor calidad de fruto con la adición de *Azospirillum* sp. en el cual alcanzo un mejor diámetro ecuatorial de frutos en melón.

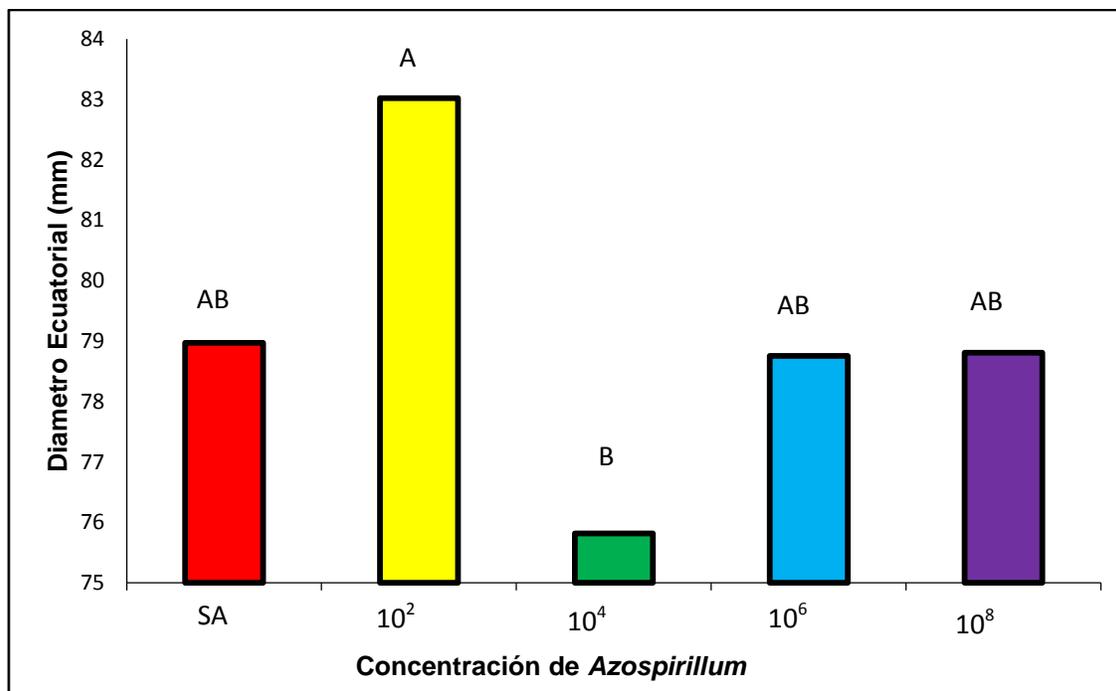


Figura 10. Diámetro ecuatorial con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.

4.11. Diámetro Polar

Para la variable diámetro polar de frutos no se encontró diferencia significativa entre tratamientos con la comparación de medias de Duncan ($\alpha=0.05$) donde se obtuvieron diámetros polares de entre 60-66 mm, superando a los estándares establecidos por Hortyfruta (2008) los cuales son como mínimo 50 mm. Pero también entra en los estándares establecidos por México Calidad Suprema los cuales son de 64 mm de diámetro polar como mínimo (Villamil, 2015). Velázquez (2011) no encontró diferencia significativa en el diámetro polar de frutos de tomate inoculados con *Azospirillum* sp. lo cual concuerda con los resultados obtenidos en este experimento. Sin embargo Galeote (2015) reporta una mejor calidad de frutos con respecto al diámetro polar de chile huacle inoculados con *Azospirillum*.

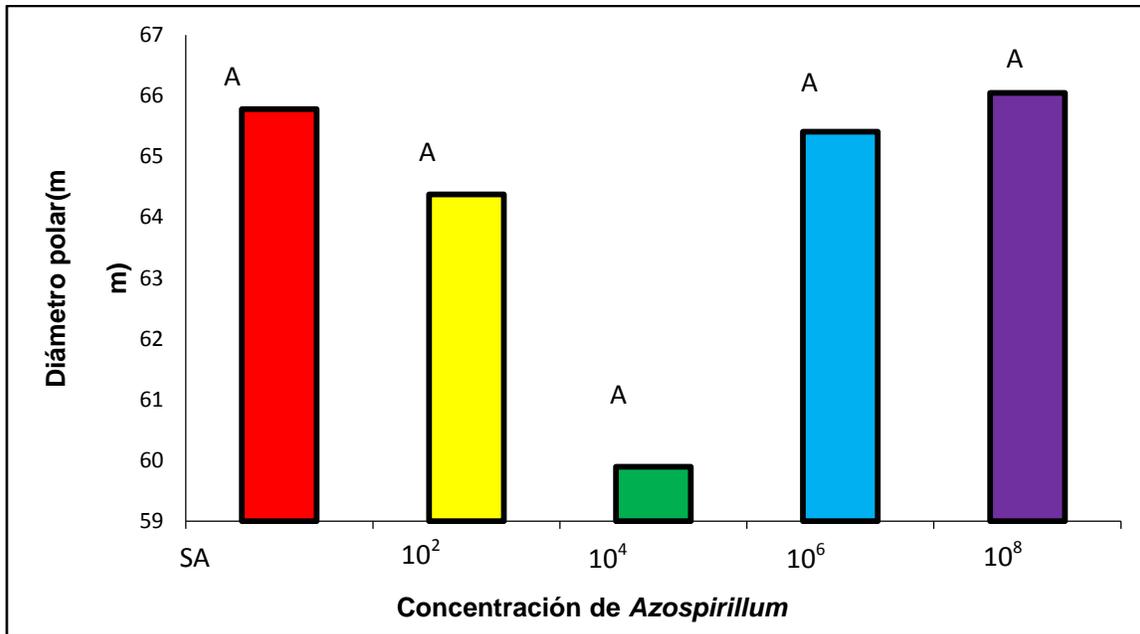


Figura 11. Diámetro polar con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.

4.12. Grados Brix

Con respecto al contenido de sólidos solubles totales (figura 12) si se encontró alta diferencia significativa (Duncan $\alpha=0.05$) entre tratamientos siendo el tratamiento 5 el cual se inoculó con la concentración mayor de bacterias el que mostró un mayor contenido de grados brix. La bacteria tiene la capacidad de poner a disposición en pequeñas cantidades al K⁺ (Parra y Cuevas, 2002). El potasio es encargado de la translocación y almacenamiento de asimilados de la fotosíntesis (carbohidratos y aminoácidos) en los frutos (Molina, 2006) a lo cual se le atribuye un mayor contenido de sólidos solubles totales en el pimiento. Otra posible explicación es lo que reporta Pérez *et al.*, (2007) al aumentar la fertilización nitrogenada se eleva el contenido de grados brix, dado que *Azospirillum sp.* tiene la capacidad de fijación de nitrógeno (Cholula, 2005), por su parte Premsekhar y Rajashree (2009) reportan que al aplicar *Azospirillum sp.* se obtiene un mayor contenido de grados brix en tomate.

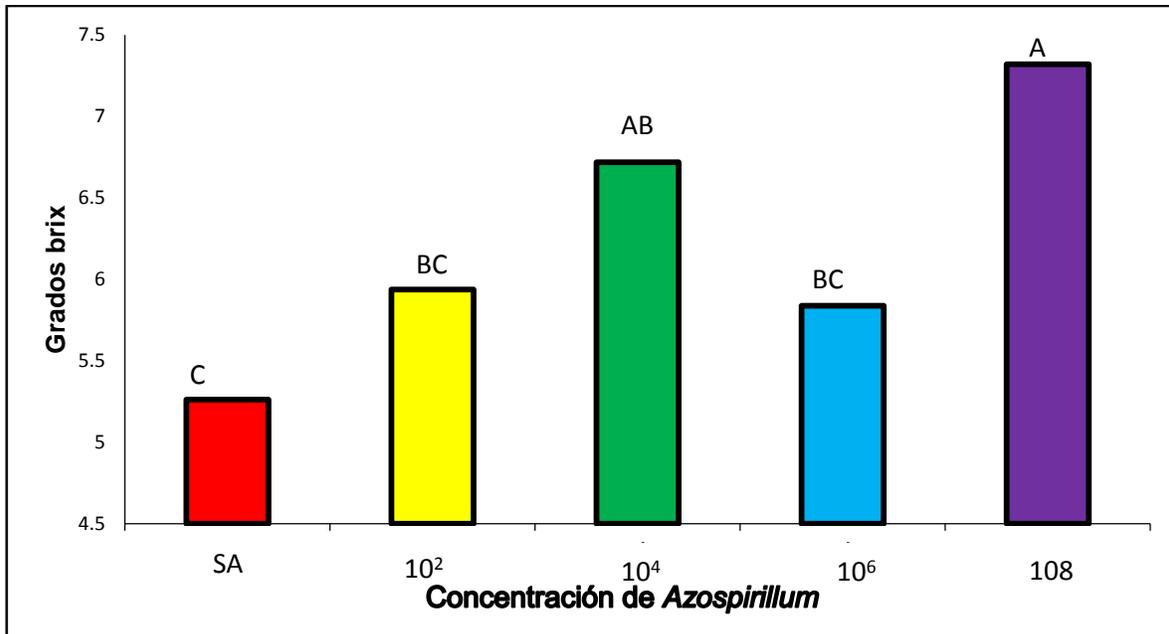


Figura 12. Grados brix con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.

4.13. Firmeza

En cuanto a la firmeza se encontró diferencia significativa (Duncan $\alpha=0.05$) entre tratamientos (figura 13). *Azospirillum sp.*, tiene la capacidad de poner a disposición elementos esenciales para las plantas tal es el caso de K⁺ (Ruiz, 2012). El potasio es considerado como elemento de la calidad ya que aumenta la firmeza de los frutos (Bugarín *et al.*, 2002). La importancia de este parámetro es que es un indicador de vida de anaquel (Angón *et al.*, 2006). Los resultados concuerdan con Sifuentes *et al.*, (2010) quien obtuvo con la inoculación de *Azospirillum sp.*, una mayor contenido de firmeza en frutos de tomate.

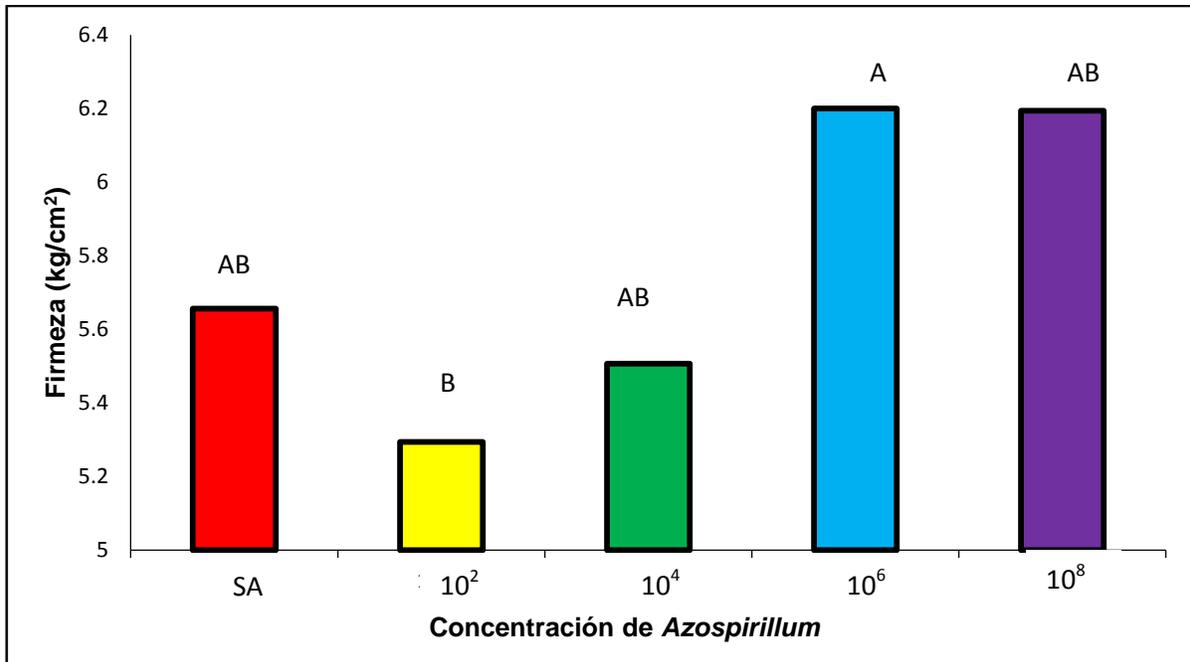


Figura 13. Firmeza con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.

4.14. Vitamina C

Con respecto al contenido de vitamina C, se encontró diferencia significativa (Duncan $\alpha=0.05$) entre tratamientos mostrando un mayor contenido la concentración mayor de bacterias (figura 14). Fasciglione *et al.*, (2012) encontró que la adición de bacterias influye positivamente en el contenido de vitamina C, lo cual coincide con los resultados obtenidos. Adicionado a que se sabe que el pimiento morrón en fresco contiene un mayor contenido de vitamina C que la naranja o la fresa (Serrano, 2009). Por su parte Ramírez *et al.*, (2015) reporta un promedio de 67.9 mg de ácido ascórbico por cada 100 g en frutos rojos en general. Los resultados coinciden con Amor *et al.*, (2008) quien con la inoculación de *Azospirillum sp.*, obtuvieron un mayor contenido de vitamina C en frutos de pimiento.

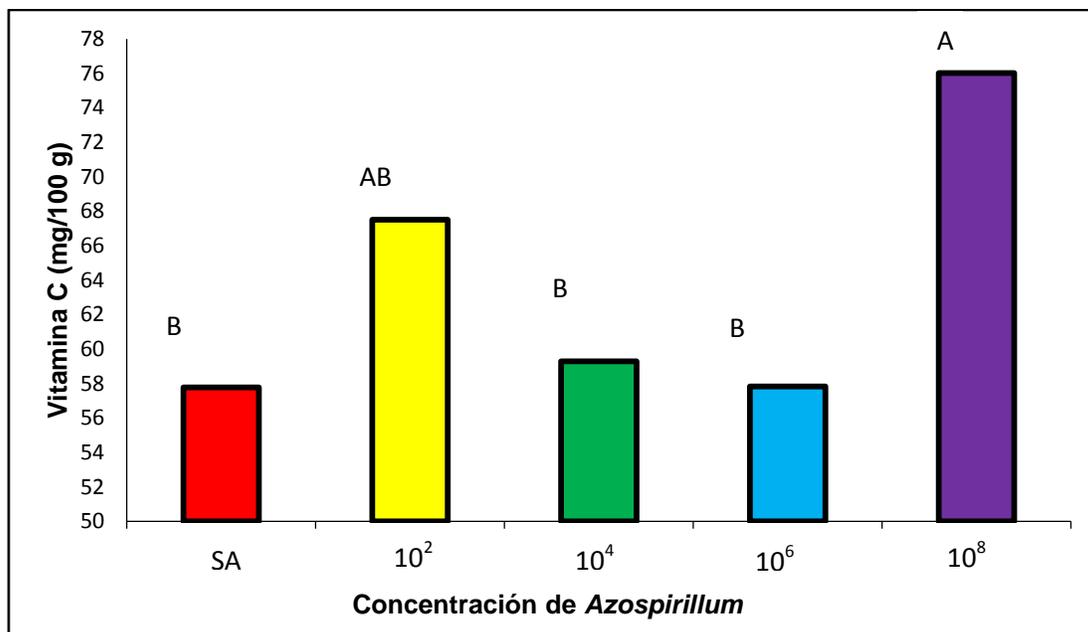


Figura 14. Vitamina C con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.

4.15. Licopeno

Con respecto a la variable contenido de licopeno si se encontró diferencia significativa (Duncan $\alpha=0.05$) entre tratamientos siendo el tratamiento dos el que obtuvo un mayor contenido de licopeno (figura 15). El resultado concuerda con Reddy *et al.*, (2012) quienes obtuvieron un mayor contenido de licopeno en frutas de papaya inoculadas con *Azospirillum*, esto lo atribuye a que al aplicar estos microorganismos existe una mayor disponibilidad de nutrientes pero además una mayor absorción de los mismos por lo que se obtuvo mejor rendimiento y calidad de fruto. Por su parte Ordookhani *et al.*, (2010) encontró que la adición de *Azospirillum* aumentó considerablemente la actividad antioxidante entre la que se encuentra el contenido de licopeno.

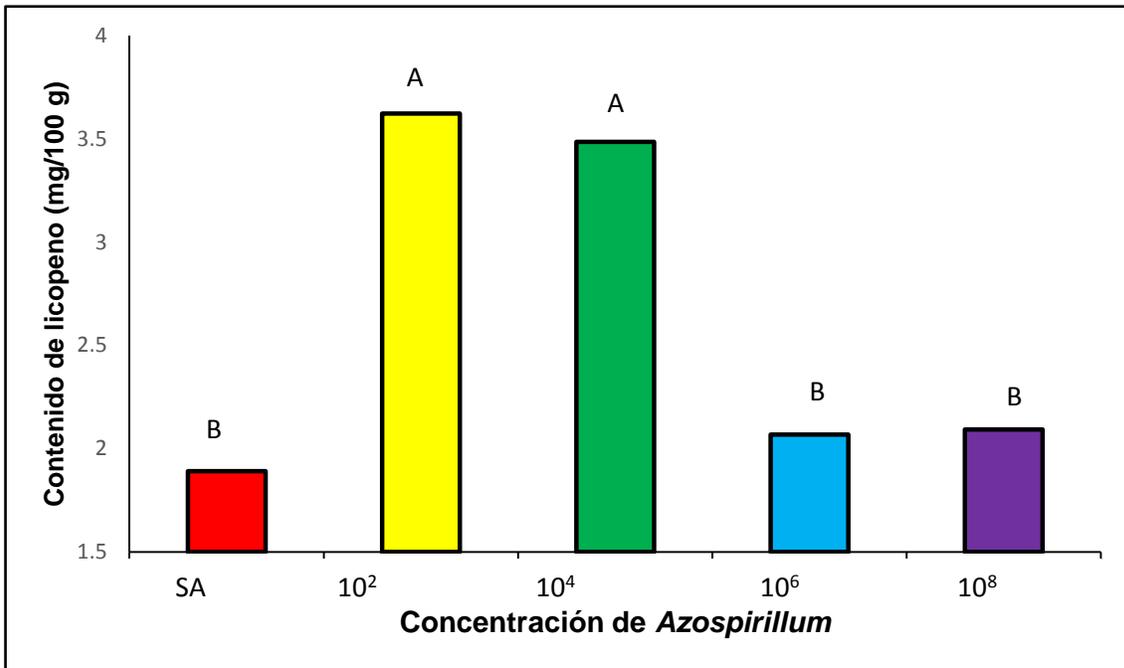


Figura 15. Variable licopeno con sus niveles de significancia estadística y sus diferentes concentraciones de bacterias.

V. CONCLUSIONES

- La adición de bacterias *Azospirillum sp.* afectó positivamente la producción y la calidad nutracéutica en el cultivo.
- La calidad nutracéutica del pimiento se vio favorecida mediante el tratamiento con la concentración de 10^8 bacterias por litro.
- El rendimiento y la productividad se incrementó con el tratamiento de 10^2 bacterias por litro.

VI. Bibliografía.

- Aguilar G. 2010.** Efecto de *Azospirillum* sp. utilizando biofertilizante en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de ingeniero agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México.
- ASEAN 2011.** STANDARD FOR SWEET PEPPER. Disponible en: <http://www.asean.org/storage/images/archive/AMAF%2033%20ASEAN%20Standard%20Sweet%20pepper.pdf> consultado el 11/02/2016 a las 08:00 p.m.
- Amor F., Serrano M., Fortea M., Legua P., Núñez D. 2008.** The effect of plant-associative bacteria (*Azospirillum* and *Pantoea*) on the fruit quality of sweet pepper under limited nitrogen supply Spain. *Scientia Horticulturae*. Vol 117. P.p 191-196. DOI: 10.1016/j.scienta.2008.04.006
- Angón G.P., Santos S.N., Hernández C.G. 2006.** Índices para la determinación de las condiciones óptimas de maduración de un fruto. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Instituto de Agroindustrias. Temas de ciencia y tecnología. Vol.10. número 30. P.p. 3-8.
- Association of Official Analytical Chemists 1990.** Official methods of analysis. Suite 400, 2200 Wilson Boulevard. Arlington, Virginia 22201. USA
- Avila, P., Iglesias, H., Sotelo, M. C. 2005.** Inoculación con *Azospirillum brasilense* en el cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum*). Universidad Nacional del Noreste. Argentina. Artículo.
- Bashan Y., Bashan L.E. 2010.** How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth- a critical assessment. The bashan foundation, Corvallis, Oregon, USA. ISSN 0065-2113, DOI: 10.1016/S0065-2113(10)08002-8
- Berríos U.M., Arredondo B.C., Tjalling H.H., 2007.** CropKit. Guía de manejo de nutrición vegetal de especialidad pimiento.
- Bhattarai T., Hess D., 1997.** Growth and yield responses of a Nepalese spring wheat cultivar to the inoculation with Nepalese *Azospirillum* spp at various levels of nitrogen fertilization. *Biology and Fertility of Soils*, Volume 26, Issue 1, pp 72-77.
- Bojórquez R.M., González J.G., Sánchez C.P., 2013.** Propiedades funcionales y beneficios para la salud del licopeno. *Propiedades funcionales y beneficios para la salud del licopeno*. Nutr Hosp; 28(1):6-15 ISSN 0212-1611

- Burgarín M., Galvis S., Sánchez G., García P. 2002.** DEMANDA DE POTASIO DEL TOMATE TIPO SALADETTE. Universidad autónoma de Nayarit. Revista Terra edición 20. P.p. 391-399.
- Cachote D.C 2014.** Elaboración de conservas de pimiento en aceite de girasol y determinación de sus características físico-químicas y antioxidantes por el método de DPPH. Universidad de Guayaquil.
- Calvo S.G. 2004.** Bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno. Gran Enciclopedia Universal, Vol. IX y XII, Madrid. Universidad de Salamanca
- Camelo R.M.¹, Vera M.S.², Bonilla B.R.¹, 2011.** Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. 1 Centro de Biotecnología y Bioindustria – CBB, Centro de Investigación Tibaitatá, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Corpoica. Mosquera (Colombia). 2 Facultad de Ciencias, Universidad Manuela Beltrán. Bogotá (Colombia). Revista corpoica- Ciencia y Tecnología Agropecuaria. P.p. 159-166
- Cara, Marín Alejandro 2014.** Evaluación de resistencia a *leveilluila Taurica* y nematodos del género *Meloidogyne* en variedades comerciales de pimiento dulce. Universidad de Almería., Escuela politécnica superior.
- Castañeda, Ma.C., Gómez G., Tapia E., Núñez O., Barajas J. y Rujano M.L. 2013.** Efecto de *Azospirillum brasilense* y fertilización química sobre el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad del fruto de fresa (*Fragaria x ananassa Duch*).
- Castillo G., Altuna B., Michelena G., Sánchez J., Acosta M. 2005.** Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), Vía Blanca 804 y Carretera Central, Apdo. Postal 4026, San Miguel del Padrón, CP 11000, Ciudad de la Habana, Cuba. Anales de Biología 27: 137-142
- CEDEPAS- INAGRO 2003.** Curso Audiovisual cultivo de Pimiento y Ajíes. Manual del productor.
- Chávez, R.C. 2013.** Efecto de la inoculación con *Azospirillum brasilense* en el flujo de protones de la membrana celular de raíz de mezquite (*Prosopis articulata*) en un sistema aeropónico. Centro de investigaciones biológicas del nore, s.c. Uso, manejo y preservación de los recursos naturales (orientación en agricultura sustentable).La Paz, Baja California Sur, México.
- Cholula C. 2005.** Estudio de la producción de poli-β- hidroxibutirato en *Azospirillum brasilense* Sp7. Tesis de maestria. Instituto Politecnico nacional. Coordinacion General de Postgrado e Investigacion

- Combs, G.F. 2008.** The Vitamins. Fundamental Aspects in Nutrition and Health. Third Edition. Division of Nutritional sciences, cornell university Ithaca, New York. ISBN-13: 978-0-12-183493-7
- DAVIS, A. R., FISH, W. W., PERKINS, P. 2003.** A rapid hexane-free for analyzing lycopene content in watermelon. *Journal Food Science* 68(1): 328–332.
- Díaz I., Iglesias M., Pitzus C., Sotelo C. 2003.** Inoculación con *Azospirillum* sp. y uso de lombricomposta en cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* vr.Coloso), bajo invernáculo. Cátedra de Microbiología Agrícola - Facultad de Cs. Agrarias – UNNE. Universidad Nacional del Nordeste Comunicaciones Científicas y Tecnológicas.
- Di Salvo, L.P., Carlino, M.E., Cellucci, G.C, García, I.E., 2012.** *Azospirillum Brasilense* y la fertilización nitrogenada: incremento sustentable del rendimiento de maíz. Latinoamérica unida protegiendo sus suelos. XIX congreso latinoamericano de la ciencia del suelo. Mar de Plata, Argentina. Artículo.
- Dobbelaere, S., Croonenborghs, A., Trys, A., Ptacek, D., Okon, Y. and Vanderleyden, J. 2002.** Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. *Biology and Fertility of Soils* 36:284-297.
- Ferlini, A.H., Días S.C., Traut, C.O., 2005.** Beneficios del uso de inoculantes sobre la base de *Azospirillum brasilense* en cultivos extensivos de granos y forrajes. Universidad nacional del nordeste. Colonias de Bauer y Sigel, Santa Clara de Saguier y Cello - (Departamento Castellanos- Pcia. de Santa Fe) Dr. Mariano Moreno 350 - (S2405AHC)- Santa Clara de Saguier Santa Fe – Argentina. Artículo.
- Fasciglione F., Casanovas E., Yommi A., Sueldo R., Barasii C. 2012.** *Azospirillum* improves lettuce growth and transplant under saline conditions. Unidad Integrada Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar de Plata- EEA-INTA Balance, CC276- INTA, Balance 7620, Argentina. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. DOI 10.1002/jsfa.5661.
- Fernández, Maihual y Martínez 2012.** Evaluación de tres cepas de *Trichoderma Spp.*, Como alternativa de biocontrol contra *Phytophthora capsic L.* En plántulas de pimiento morrón bajo invernadero, *Saudi Med J*, 33, 3-8
- Fernández M.T., Rodríguez H. (2005).** El papel de la solubilización de fósforo en los biofertilizantes microbianos. ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar vol.XXXIX, número 3, septiembre-diciembre 2005. Pp. 27-34.

- Figueroa J.M., 2004.** Fijación biológica de nitrógeno. Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Laboratorio de Rizobiología, Campus Juanico, Maturín, Estado Monagas. Revista UDO Agrícola 4 (1): 1-20.
- Fish W.W., Perkins P., Collins J.K., 2002.** A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. Journal Food Composites Annals 15(3): 309–317
- Flores J. M., Sánchez C. 2012.** Innovación tecnológica de sistemas de producción y comercialización de especies aromáticas y cultivos élite en agricultura orgánica protegida con energías alternativas de bajo costo, inteligencia de mercado de pimiento morrón verde. Centro de investigaciones biológicas del noroeste, S.C. mar bermejo No. 195 Col. Playa Palo de santa rita. La paz, Baja California Sur, México. Artículo.
- FAO 2002.** El cultivo protegido en clima mediterráneo. Manual preparado por el grupo de cultivos hortícolas. Dirección de producción y protección vegetal. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. ISBN 92-5-302719-3. Pp.206.
- Galeote C. 2015.** Producción Orgánica de Chile Huacle, (*Capsicum annuum* L.) Bajo Condiciones de Invernadero: Evaluación de Genotipos, Tipo de Sustratos y Aplicación de *Azospirillum* sp. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.
- García O. J., Moreno M. V., Rodríguez L.I., Mendoza H.A., Mayek 2006.** Biofertilización con *Azospirillum brasilense* en sorgo, en el norte de México. Centro de Biotecnología Genómica, Instituto Politécnico Nacional. Blvd. del Maestro esq. Elías Piña s/n, Col. Narciso Mendoza. 88710, Reynosa, Tamaulipas, México. Agric. Téc. Méx vol.32 no.2. ISSN 0568-2517
- Gómez H.J., 2003.** Tesis de grado. Efecto del acolchado plástico de varios colores sobre algunos aspectos fisiológicos en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) Var. Caspistrano. Tesis.
- Gonzales S.V., 2008.** Tesis de grado: evaluación agronómica de cuatro materiales de chile (*Capsicum frutescens*) en campo abierto en una localidad en el municipio de Copan Ruinas, Honduras. Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro universitario de oriente agronomía.
- Guzmán, Jonathan Morales 2013.** Universidad Autónoma de Querétaro, facultad de química. Evaluación de la producción y calidad de pimiento (*Capsicum annuum* L.) cv “Cannon” obtenido mediante biofertilización.

- Herrera, A.M., Cruz, H.A., 2012.** Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura. Capítulo 7 empleo de *Azospirillum* como biofertilizantes. Laboratorio de interacción planta-microorganismo, centro de biotecnología genómica. Blvd. Del maestro s/n, col.n. Mendoza Reynosa, Tamaulipas. INIFAP. P.p 171- 194. ISBN: 978-607-425-807-3.
- Higón N 2002.** El cultivo de pimiento. Un catálogo técnico el Pimiento. Horticultura Internacional.Pp.78-83.
- Hortyfruta. 2008.** Requisitos mínimos de calidad de frutas y hortalizas. Tipificación. Frutas y hortalizas de Andalucía. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.
- Hudes S.J. 2000.** Serum ascorbic acid and gallbladder disease prevalence among US adults: the Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III). Medical Service, Veterans Affairs Medical Center, San Francisco, Calif, 94121, USA
- Quezada M., Munguía L., Ibarra J., Arellano G., Valdez A., Cedeño R. 2011.** Fisiología y Producción de Pimiento Morrón Cultivado con Diferentes Colores de Acolchado. Terra latinoamerica, vol. 29, número 4. P.p. 421-430. ISSN: 1870-9982
- Larrea J.A. 2003.** Efecto de la fertilización química y orgánica en el tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*). Tesis de grado previa a la obtención del título de ingeniero agrónomo. Universidad central del ecuador, facultad de ciencias agrícolas. Pp.50-53
- Molla A.H., Shamsuddin Z.H., Mohd H.S. 2001.** Mechanism of root growth and promotion of nodulation in vegetable soybean by *Azospirillum Brasilense*. Volume 32. DOI: 10.1081/CSS-120000276
- Molina E.** 2006. Información Agronómica. Instituto de la potasa y el fósforo- INPOFOS A.S. oficina para latinoamérica. Ficha técnica
- Morales, Jesús y María Fernanda 2004.** Pimiento (*Capsicum annuum*) consultado en <http://www.bolsamza.com.ar/mercados/horticola/pimiento/capsicum.pdf> el 13/10/2015 a las 05:10 pm
- Moreno P.E., Mora A.R., Sánchez C.F., García P.V., 2010.** Artículo: Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cultivados en hidroponía. Instituto de Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 Carretera México- Texcoco, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

MsSteen P. 2009. Hormonal Regulation of Branching in Grasses. American Society of Plant Biologist. DOI: 108.129056

Mundarai S., Coa M., Cañizares A. 2005. Fenología del crecimiento y desarrollo de plántulas de ají dulce (*Capsicum frutescens* L.) Revista UDO Agrícola 5(1): 62-67..

Naiman A. D, Latrónico A., García I.E. 2008. Inoculation of wheat with *Azospirillum* Brasilense and *Pseudomonas* Fluorescens: Impacton the production and culturable rhizosphere microflora. Agricultural microbiology unit, FAUBA, san Martín Avenue 4453, Buenos Aires 1417, Argentina.

Nombre R.D., 2010. Aplicación de microorganismos benéficos en agricultura. Consejería de innovación, Ciencia y Empresa (IFAPA). Instituto de investigación y formación agraria y pesquera. Centro las Torres-Tomejil. Ficha.

Nuncio O., Mendoza R., Torres V., Vázquez B., Alamaraz S., 2013. Influencia de rizobacterias en la germinación y vigor de semillas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. híbrido grande). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro #1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Odepa 2008. Estudio sobre la caracterización del mercado doméstico del pimiento de cuatro cascós y análisis de variabilidad de consolidación de exportación a los mercados de Canadá y Estados Unidos. Informe final. Gobierno de Chile ministerio de agricultura. Consultoría encargada por la oficina de estudios políticos agrarias.

Ordookhani K., Khavazi K., Moezzi A., Rejali F. 2010. Influence of PGPR and AMF on Antioxidant Activity, Lycopene and Potassium Contents in Tomato. African Journal of Agricultural Research Vol. 5(10), pp. 1108-1116. DOI: 10.5897/AJAR09.183 ISSN 1991-637X.

Paredes, M. C. 2013. Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina.

Parra Y., Cuevas F., 2002. Potencialidades de *Azospirillum* como inoculante para la agricultura. Cultivos tropicales, vol 23, núm.3, P.p 31-41. Instituto nacional de ciencias agrícolas. La Habana, Cuba.

Pérez C.L.M., 2005. Variabilidad genética de cepas nativas de *Azospirillum brasilense* mediante análisis tipo PCR-RFLP del DNA 16s ribosomal. Tesis. Centro de biotecnología genómica. Reynosa, Tamaulipas.

- Pérez Z., Rivero C., Pérez C. 2007.** Nitrógeno y humedad del suelo, concentración nutrimental, rendimiento y calidad de melón cantaloupe. Terra Latinoamericana, vol. 25, numero 2. P.p. 177-185. ISSN: 2395-8030.
- Pino M., 2015.** Guía didáctica: cultivo y manejo del pimiento (*Capsicum annuum* L.) horticultura y floricultura. FCA y F. UNLP.P.p132.
- 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, P.p. 68-70. ISSN 1995-0748
- Ramírez R., García M., Corrales G., Ybarra M., Castillo G. 2015.** Compuestos Antioxidantes en Variedades Pigmentadas de Tuna (*Opuntia sp.*) Rev. Fitotecnia, México. Volumen 38. P.p 349-357
- Reddy Y., Prasad S., Kurian R., Ganeshamurthy A., Pannerselvam P. 2012.** Effect of organic practices on fruit quality in papaya cv. Surya. Journal of Horticultural Sciences. Volumen 7. P.p. 88-90. ISSN 0973-354x
- Reche M.J, 2010.** Cultivo del pimiento dulce en invernadero. Sevilla: Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación. (Agricultura. Estudios e informes técnicos). ISBN 978-84-8474-288-3 Pp. 18
- Romero, García. 2008.** “Efecto de Los de Los Diferentes Sistemas de Cultivo.” Retrieved
<http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/255/1/pfc2156.pdf>.
- Ruiz N. 2012.** Evaluación de cepas de (*Azospirillum sp.*) y mallas sombras de colores sobre la morfología y biología de la lechuga. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Colonia Buenavista, Saltillo, Coahuila. CP: 25315, tel. 844 4 11 02 88.
- Serrano C.Z., 2011.** Prontuario del cultivo del pimiento Ingeniero Técnico en hortofloricultura Perito Agrícola Diplomado de producción de plantas ornamentales. ISBN: 978-84-615-3521-7
- Serrano M.A., 2009.** Efecto de diferentes factores: fertilización, salinidad y procesado, sobre parámetros objetivos de calidad en pimiento. Facultad de Ciencias de la Salud, de la Actividad Física y del Deporte. Universidad Católica San Antonio. Tesis Doctoral
- Sifuentes S., Mendoza V., Robledo T., Benavides M., Rodríguez G., Espinoza C., Rojas M. 2010.** Biofertilización líquida en tomate (*Lycopersicon esculentum*) con acolchado plástico y evaluación de sus características bioquímicas y agronómicas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro,

Calzada Antonio Narro 1923, Colonia Buenavista, Saltillo, Coahuila. CP: 25315, tel. 844 4 11 02 88.

Soto U. L., Baca B. E., 2001. Mecanismos de protección de la nitrogenasa a la inactivación por oxígeno. Centro de Investigaciones Microbiológicas, Instituto de Ciencias, Universidad Autónoma de Puebla. C. P. 72,000 Puebla Pue. México. Revista Latinoamericana de Microbiología 43:37-49 Asociación Latinoamericana de Microbiología.

Soon F., Ley-Moy N., Zhou E., West G., Kovach A., Tan E. 2012. Molecular Mimicry Regulates ABA Signaling by SnRK2 Kinases and PP2C Phosphatases. Vol.335, Issue 6064, P.p. 85-88. DOI: 10.1126/science.1215106

Staller G.M, 2012. Caracterización morfológica, agronómica y de calidad del pimiento y pimentón de la variedad tap de cortí. Proyecto final de carrera. Ingeniería técnica agrícola. Govern de las Illes Balears. Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori Pp. 18

Steenhoudt, O., and Vanderleyden, J. 2000. Azospirillum, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. FEMS Microbiol Rev.24: 487-506.

Teodoro-Pardo, Claudia V. De; García-Velázquez, Armando; Corona-Torres, Tarsicio 2007. Polimorfismo cromosómico en *Capsicum annuum* L. (Solanaceae) en recolectas de Puebla, Morelos y Querétaro, México. Agrociencia, vol. 41, núm 8, pp 873-881. Colegio de Postgraduados, Texcoco, México.

Traut, C.O., Iglesias, M.C., Sotero, C., Pereira, L., 2006. Utilización de inoculante conteniendo *Azospirillum brasilense* en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*). Universidad nacional del noreste. Comunicación científica y tecnológica. Catedral de microbiología agrícola-facultad de ciencias agrarias. UNNE. Sargento Cabral 2131- c.p. 3400. Argentina.

USDA. United States Department of Agriculture. Agricultural Reseach Service consultado en: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/1351?fgcd=&manu=&lfacet=&format=&count=&max=35&offset=&sort=&qlookup=red+pepper> el 31/10/2015 a las 04:00 pm.

USDA. United States Department of Agriculture. 2009. Sweet Peppers and Other Peppers. Shipping Point and Market. Inspection Instructions.

Velázquez S. 2011. Efecto de la Aplicación de la Bacteria *Azospirillum* sp. en el rendimiento y calidad de fruto de tomate (*Lycopersicom esculentum* Mill)

hibrido "Río Supremo", a cielo abierto en la Comarca Lagunera. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.

Villamil G. 2015. Evaluación de Tres Híbridos de Chile Pimiento Morrón (*Capsicum annuum* L.) en Cultivo Hidropónico, en Invernadero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.

Waliszewski, K., Blasco, G. 2010. Propiedades nutraceuticas del licopeno. Laboratorio de Enzimología, Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos, Instituto Tecnológico de Veracruz. Veracruz, México. Salud pública. México, vol.52 no.3 Cuernavaca.

VII. Apéndice

Tabla 1. Análisis de varianza para la variable número de hojas

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la Media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	4	14.8665	3.7166	1.45	0.2435
Repetición	7	40.7310	5.8187	2.27	0.0578
Error	28	71.7015	2.5607		
Total	39	127.2990			
Media: 19.85		CV: 8.05			

Tabla 2. Comparación de medias para número de hojas de pimiento

DUNCAN Agrupamiento	Media	Tratamientos
B	18.9250	1
AB	19.8750	2
A	20.8125	3
AB	19.6375	4
AB	20.0250	5

*Nota: Tratamientos con diferentes literales son estadísticamente diferentes (Duncan $\alpha=0.05$)

Tabla 3. Análisis de varianza para la variable altura de planta

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la Media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	4	379.5333	94.8833	1.03	0.4138
Repetición	5	244.1666	48.8333	0.53	0.7491
Error	20	1833.6666	91.6833		
Total	29	2457.3666			
Media: 57.43333		CV: 16.67175			

Tabla 4. Comparación de medias para la variable altura de planta

DUNCAN Agrupamiento	Media	Tratamientos
A	56.500	1
A	56.500	2
A	53.167	3
A	57.000	4
A	64.000	5

*Nota: Tratamientos con diferentes literales son estadísticamente diferentes (Duncan $\alpha=0.05$)

Tabla 5. Análisis de varianza para la variable longitud de raíz

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la Media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	4	322.0000	80.5000	1.02	0.4216
Repetición	5	201.8666	40.3733	0.51	0.7648
Error	20	1580.8000	79.0400		
Total	29	2104.6666			
Media: 31.66		CV: 28.07			

Tabla 6. Comparación de medias para la variable longitud de raíz

DUNCAN Agrupamiento	Media	Tratamientos
A	37.167	1
A	28.833	2
A	33.667	3
A	28.833	4
A	29.833	5

*Nota: Tratamientos con diferentes literales son estadísticamente diferentes (Duncan $\alpha=0.05$)

Tabla 7. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la Media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	4	0.5613	0.1403	2.24	0.1014
Repetición	5	0.1786	0.0357	0.57	0.7224
Error	20	1.2546	0.0627		
Total	29	1.9946			
Media: 1.65		CV: 15.14			

Tabla 8. Comparación de medias para la variable diámetro de tallo

DUNCAN Agrupamiento	Media	Tratamientos
AB	1.7500	1
AB	1.6167	2
B	1.4167	3
AB	1.6667	4
A	1.8167	5

*Nota: Tratamientos con diferentes literales son estadísticamente diferentes (Duncan $\alpha=0.05$)

Tabla 9. Análisis de varianza para la variable peso fresco de raíz

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la Media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	4	31847.1223	7961.7806	6.49	0.0016
Repetición	5	2784.1267	556.8253	0.45	0.8054
Error	20	24524.6433	1226.2321		

Total	29	59155.8924
	Media: 88.37	CV: 39.62

Tabla 10. Comparación de medias para la variable peso fresco de raíz

DUNCAN Agrupamiento	Media	Tratamientos
A	146.52	1
B	98.87	2
B	76.78	3
B	54.55	4
B	65.17	5

*Nota: Tratamientos con diferentes literales son estadísticamente diferentes (Duncan $\alpha=0.05$)

Tabla 11. Análisis de varianza para la variable peso seco de raíz

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la Media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	4	361.2776	90.3194	4.84	0.0068
Repetición	5	12.0409	2.4081	0.13	0.9840
Error	20	373.4375	18.6718		
Total	29	746.7560			
	Media: 11.20	CV: 38.57			

Tabla 12. Comparación de medias para la variable peso seco de raíz

DUNCAN Agrupamiento	Media	Tratamientos
A	17.573	1
B	11.777	2
B	10.135	3
B	7.603	4
B	8.922	5

Nota: Medias con literales diferentes tienen diferencia estadística (Duncan $\alpha=0.05$).

Tabla 13. Análisis de varianza para la variable peso seco de hojas

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la Media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	4	95.4937	23.87344	0.23	0.9185
Repetición	5	462.7740	92.55480	0.89	0.5061
Error	20	2079.2494	103.9624		
Total	29	2637.5172			
	Media: 32.63	CV: 31.24			

Tabla 14. Comparación de medias para la variable peso seco de hojas

DUNCAN Agrupamiento	Media	Tratamientos
----------------------------	--------------	---------------------

A	33.153	1
A	32.190	2
A	32.792	3
A	35.282	4
A	29.733	5

Nota: Medias con literales diferentes tienen diferencia estadística (Duncan $\alpha=0.05$).

Tabla 15. Análisis de varianza para la variable peso seco del tallo

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la Media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	4	152.2221	38.0555	0.31	0.8707
Repetición	5	308.1953	61.6390	0.50	0.7760
Error	20	2489.2176	124.4608		
Total	29	2949.6351			
Media: 25.08		CV: 44.47			

Tabla 16. Comparación de medias para la variable peso seco del tallo

DUNCAN Agrupamiento	Media	Tratamientos
A	29.192	1
A	24.032	2
A	22.505	3
A	24.287	4
A	25.405	5

Nota: Medias con literales diferentes tienen diferencia estadística (Duncan $\alpha=0.05$).

Tabla 17. Análisis de varianza para la variable peso de frutos

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la Media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	4	6753.599432	1688.399858	5.79	0.0016
Repetición	7	6489.856998	927.122428	3.18	0.0132
Error	28	8162.21611	291.50772		
Total	39	21405.67254			
Media: 123.8368		CV: 13.78718			

Tabla 18. Comparación de medias para la variable peso de frutos

DUNCAN Agrupamiento	Media	Tratamientos
C	113.370	1
AB	133.059	2
C	111.563	3

A	133.059	4
BC	116.320	5

Nota: Medias con literales diferentes tienen diferencia estadística (Duncan $\alpha=0.05$).

Tabla 19. Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la Media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	4	210.7198150	52.6799538	2.01	0.1196
Repetición	7	247.2806700	35.3258100	1.35	0.2643
Error	28	732.054505	26.144804		
Total	39	1190.054990			
Media: 79.07450		CV: 6.466306			

Tabla 20. Comparación de medias para la variable diámetro ecuatorial

DUNCAN Agrupamiento	Media	Tratamientos
AB	78.970	1
A	83.019	2
B	75.819	3
AB	78.755	4
AB	78.810	5

Nota: Medias con literales diferentes tienen diferencia estadística (Duncan $\alpha=0.05$).

Tabla 21. Análisis de varianza para la variable diámetro polar

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la Media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	4	207.1035	51.7758	1.16	0.3508
Repetición	7	708.6528	101.2361	2.26	0.0588
Error	28	1253.1349	44.7548		
Total	39	2168.8913			
Media: 64.30		CV: 10.40			

Tabla 22. Comparación de medias para la variable diámetro polar

DUNCAN Agrupamiento	Media	Tratamientos
A	65.781	1
A	64.375	2
A	59.894	3
A	65.406	4
A	66.046	5

Nota: Medias con literales diferentes tienen diferencia estadística (Duncan $\alpha=0.05$).

Tabla 23. Análisis de varianza para la variable grados brix

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la Media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	4	20.7903	5.1975	4.91	0.0040
Repetición	7	18.7000	2.6714	2.52	0.0382
Error	28	29.6556	1.0591		
Total	39	69.1460			
Media: 6.21		CV: 16.55			

Tabla 24. Comparación de medias para la variable grados brix

DUNCAN Agrupamiento	Media	Tratamientos
C	5.2625	1
BC	5.9375	2
AB	6.7188	3
BC	5.8375	4
A	7.3188	5

Nota: Medias con literales diferentes tienen diferencia estadística (Duncan $\alpha=0.05$).

Tabla 25. Análisis de varianza para la variable firmeza

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la Media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	4	5.3902	1.3475	2.77	0.0466
Repetición	7	6.9680	0.9954	2.05	0.0839
Error	28	13.6107	0.4860		
Total	39	25.9690			
Media: 5.77		CV: 12.08			

Tabla 26. Comparación de medias para la variable firmeza

DUNCAN Agrupamiento	Media	Tratamientos
AB	5.6563	1
B	5.2938	2
AB	5.5063	3
A	6.2000	4
AB	6.1938	5

Nota: Medias con literales diferentes tienen diferencia estadística (Duncan $\alpha=0.05$)

Tabla 27. Análisis de varianza para la variable vitamina C

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la Media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	4	2042.3242	510.5810	2.19	0.0955
Repetición	7	16530.2939	2361.4705	10.15	<.0001
Error	28	6517.1218	232.7543		

Total	39	25089.7399
	Media: 63.67	CV: 23.95

Tabla 28. Comparación de medias para la variable vitamina C

DUNCAN Agrupamiento	Media	Tratamientos
B	57.768	1
AB	67.509	2
B	59.281	3
B	57.824	4
A	76.010	5

Nota: Medias con literales diferentes tienen diferencia estadística (Duncan $\alpha=0.05$).

Tabla 29. Análisis de varianza para la variable licopeno

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la Media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	4	11.4759	2.8689	12.87	0.0003
Repetición	3	0.9217	0.3072	1.38	0.2967
Error	12	2.6753	0.2229		
Total	19	15.0730			
	Media:2.6315	CV:17.9430			

Tabla 30. Comparación de medias para la variable licopeno

DUNCAN Agrupamiento	Media	Tratamientos
B	1.8900	1
A	3.6225	2
A	3.4850	3
B	2.0675	4
B	2.0925	5

*Nota: Tratamientos con diferentes literales son estadísticamente diferentes (Duncan $\alpha=0.05$)