

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Producción y Calidad de Cebolla Roja Var. *Mata Hari*  
Cultivada con *Azospirillum* sp

Por:

**VICTORINO CERVANTES PARRA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Abril, 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Producción y Calidad de Cebolla Roja Var. *Mata Hari*

Cultivada con *Azospirillum* sp

Por:

**VICTORINO CERVANTES PARRA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

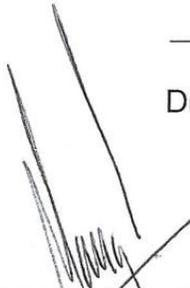
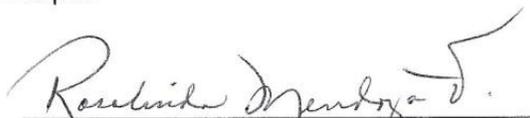
**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Marcelino Cabrera De La fuente

Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Alberto Sandoval Rangel  
Coasesor  
\_\_\_\_\_  
Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal  
Coasesor  
\_\_\_\_\_  
Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Abril, 2017



Coordinación  
de la División de Agronomía

## AGRADECIMIENTOS

**A Dios** por darme la oportunidad de superarme y permitirme terminar un proyecto más de mi vida, por las bendiciones y por todo lo que me ha otorgado durante todo este tiempo, hasta hoy en día.

**A Mi Familia** por apoyarme en todo momento, que con su apoyo soy lo que soy hoy en día, y gracias por creer en mí y que a pesar de la distancia siempre estuvieron conmigo y esto es el final de un proyecto en mi vida, pero el inicio de otro.

**A mi Alma Terra Mater** por haberme cobijado durante todo este tiempo en que radique en sus instalaciones para lograr mi nivel profesional que hoy en día he logrado y por todas las oportunidades que me ha dado durante todo mi camino.

**A los Profesores** de esta universidad y los que han influido en mi preparación profesional, gracias por todo sus enseñanzas, sugerencias, que con ello llevo un buen tesoro de esta universidad y eso es gracias a ustedes.

**A mi Asesor de Tesis** Dr. Marcelino Cabrera por brindarme su apoyo durante todo el proceso del trabajo de investigación, por motivarme y guiarme hasta poder terminar esta investigación.

**A mi coasesor** Dra. Rosalinda Mendoza por haber facilitado la cepa de *Azospirillum* para esta investigación.

**A mi coasesor** Dr. Alberto Sandoval por su apoyo en este trabajo realizado.

**A la Técnica del Laboratorio de Postcosecha** Lupita Ovalle por todo su apoyo y tiempo brindado para que este trabajo fuera posible.

**A la Profesora** Ninive Cortés por todos sus consejos y motivaciones para poder terminar satisfactoriamente esta investigación, gracias a todo su apoyo brindado.

**Mis Compañeros y Amigos** Teresa, Hilda, Tanya, Otoniel, Miguel, José Manuel, Noé, Julén, Roberto, David, Cesar, Diego, Erick, Víctor, Javier, Samuel, Luis, Celia, Alejandro, Juan Moreno y todos mis demás compañeros con quienes reía, me divertía, convivía, por todo su apoyo que me brindaron durante mi preparación profesional.

## DEDICATORIA

**A Dios** primeramente por la salud que me ha otorgado para poder cumplir un proyecto más de mi vida, por las bendiciones que he recibido y las oportunidades que me ha dado de poder superarme día a día.

### **A Mis Padres**

Octaviano Cervantes Santos †

Luisa Parra Munguía

Por inculcarme los buenos valores con los que me identifico hoy en día, por todo el apoyo otorgado desde los primeros niveles de educación hasta en este grado de estudios de gran importancia en mi vida, todo esfuerzo tiene su recompensa y hoy me toca a mí junto con ustedes disfrutar con satisfacción este logro que durante años se vio planeado y escrito dentro de mi proyecto de vida. Esta meta lograda de muchas que aún faltan por concluir, se las dedico con mi más sincero agradecimiento. Gracias nuevamente por darme educación para llegar a este nuevo escalón.

### **A Mis Hermanos**

Paulina

Esteban

Justino

Federico

Cristina

Jesús

Antolín

Cirila

Jaime

Por sus apoyos, motivaciones que día a día me han brindado, ustedes son el ejemplo que he ido tomando para mi propia superación, les dedico este trabajo a todos ustedes junto con mis cuñadas y cuñados, de misma forma, va dedicada a todos mis sobrinos.

## INDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>ii</b>
<b>INDICE</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xi</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Objetivo General .....	2
1.2 Objetivo Específico .....	2
1.3 Hipótesis .....	2
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
2.1 Generalidades del cultivo .....	3
2.1.1 Origen .....	3
2.1.2 Importancia económica y distribución geográfica .....	3
2.1.3 Taxonomía.....	3
2.1.4 Descripción del cultivo.....	3
2.1.4.1 Sistema de radicular .....	3
2.1.4.2 Hojas .....	4
2.1.4.3 Tallo.....	4
2.1.4.4 Bulbo .....	4
2.1.4.5 Inflorescencia y Flor.....	4
2.1.4.6 Fruto y Semilla .....	5
2.2 Requerimientos climáticos .....	5
2.2.1 Humedad .....	5
2.2.2 Luz.....	6
2.2.3 Suelo .....	6
2.3 Manejo del cultivo .....	6
2.3.1 Fertilización .....	7
2.3.2 Riego.....	7
2.3.3 Plagas y enfermedades.....	8
2.4 Propiedades nutritivas .....	8
2.4.1. Principales componentes .....	8

2.4.2. Antioxidantes.....	8
2.4.3. Antocianinas.....	9
2.5 Uso de acolchado plástico .....	9
2.5.1 Ventajas del acolchado .....	10
2.5.2 Efecto del acolchado en el ambiente físico .....	11
2.5.2.1 Humedad .....	11
2.5.2.2 Temperatura.....	11
2.5.2.3 Incremento en el rendimiento .....	11
2.5.2.4 Control de malezas.....	12
2.6 Biofertilizantes .....	12
2.6.1 Bacterias Promotoras de Crecimiento de las Plantas .....	12
2.6.2 Géneros más utilizados en la agricultura.....	13
2.6.3 Importancia.....	13
2.7 Azospirillum sp .....	14
2.7.1 Características de Azospirillum .....	14
2.7.2 Clasificación taxonómica de Azospirillum.....	14
2.7.3 Fijación de nitrógeno por Azospirillum .....	15
2.7.4 Métodos de Inoculación .....	15
2.7.5 Trabajos realizados con Azospirillum.....	16
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
3.1 Ubicación del experimento.....	18
3.2 Material Vegetativo .....	18
3.3 Siembra.....	18
3.4 Preparación de las disoluciones de <i>Azospirillum</i> sp.....	18
3.5 Tratamientos.....	19
3.6 Establecimiento del experimento.....	19
3.6.1 Preparación del terreno.....	19
3.6.2 Trasplante.....	20
3.6.3 Fertilización .....	20
3.6.4 Tratamiento fitosanitario.....	20
3.6.5 Riego.....	20
3.7 Variables evaluadas .....	21
3.7.1 Peso de raíz .....	21

3.7.2	Peso del bulbo.....	21
3.7.3	Peso de la hoja .....	21
3.7.4	Longitud de la raíz .....	21
3.7.5	Longitud de hoja.....	21
3.7.6	Número de hojas.....	21
3.7.7	Diámetro polar.....	21
3.7.8	Diámetro ecuatorial.....	22
3.7.9	Firmeza .....	22
3.7.10	Grados brix.....	22
3.7.11	Antocianinas .....	22
3.7.12	Vitamina C.....	23
3.7.13	Clorofila A.....	23
3.7.14	Clorofila B.....	24
3.7.15	Clorofila Total.....	24
3.8	Diseño experimental.....	25
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>26</b>
4.1	Peso de la raíz .....	26
4.2	Peso del bulbo.....	27
4.3	Peso de la hoja.....	28
4.4	Longitud de la raíz .....	30
4.5	Longitud de hoja.....	31
4.6	Número de hojas.....	32
4.7	Diámetro polar.....	33
4.8	Diámetro ecuatorial.....	35
4.9	Firmeza .....	36
4.10	Grados Brix.....	37
4.11	Antocianinas.....	38
4.12	Vitamina C .....	39
4.13	Clorofila A .....	40
4.14	Clorofila B .....	41
4.15	Clorofila Total .....	42

<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>44</b>
<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>45</b>
<b>VII. APÉNDICE .....</b>	<b>54</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Peso de la raíz (gr) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	26
Figura 2. Peso del bulbo (gr) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	27
Figura 3. Peso de la hoja (gr) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	29
Figura 4. Longitud de la raíz (cm) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	30
Figura 5. Longitud de la hoja (cm) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	31
Figura 6. Número de hojas de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	33
Figura 7. Diámetro polar (mm) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	34
Figura 8. Diámetro ecuatorial (mm) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	35
Figura 9. Firmeza (kg·cm <sup>2</sup> ) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	36
Figura 10. Grados brix de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	37
Figura 11. Antocianinas (mg·100g) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	38
Figura 12. Vitamina C (mg·100g) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	39

Figura 13. Clorofila A (mg·g) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	40
Figura 14. Clorofila B (mg·g) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	41
Figura 15. Clorofila Total (mg·g) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

Diagrama 1. Ilustración de los Tratamientos utilizados en el Experimento.....	19
Tabla 1a.- Formula de Fertilización Aplicada.....	54
Tabla 2a.- Análisis de correlación entre las variables evaluadas.....	55
Tabla 3a.- Peso de la raíz de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	56
Tabla 4a.- Peso del bulbo de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	56
Tabla 5a.- Peso de la hoja de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	56
Tabla 6a.- Longitud de la raíz de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	57
Tabla 7a.- Longitud de la hoja de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	57
Tabla 8a.- Diámetro polar de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	57

Tabla 9a.- Diámetro ecuatorial de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	58
Tabla 10a.- Número de hojas de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	58
Tabla 11a.- Firmeza de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	58
Tabla 12a.- Grados Brix de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	59
Tabla 13a.- Antocianinas de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	59
Tabla 14a.- Vitamina C de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	59
Tabla 15a.- Clorofila A de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	60
Tabla 16a.- Clorofila B de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	60
Tabla 17a.- Clorofila Total de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de <i>azospirillum</i> sp en función de acolchado plástico.....	60
Tabla 18a.- Comparación de medias de la prueba Duncan $p \leq 0.05$ para la variable peso de la raíz.....	61
Tabla 19a.- Comparación de medias de la prueba Duncan $p \leq 0.05$ para la variable peso del bulbo.....	61
Tabla 20a.- Comparación de medias de la prueba Duncan $p \leq 0.05$ para la variable peso de la hoja.....	61

Tabla 21a.- Comparación de medias de la prueba Duncan $p \leq 0.05$ para la variable longitud de la raíz.....	62
Tabla 22a.- Comparación de medias de la prueba Duncan $p \leq 0.05$ para la variable longitud de la hoja.....	62
Tabla 23a.- Comparación de medias de la prueba Duncan $p \leq 0.05$ para la variable diámetro polar.....	63
Tabla 24a.- Comparación de medias de la prueba Duncan $p \leq 0.05$ para la variable diámetro ecuatorial.....	63
Tabla 25a.- Comparación de medias de la prueba Duncan $p \leq 0.05$ para la variable número de hojas.....	64
Tabla 26a.- Comparación de medias de la prueba Duncan $p \leq 0.05$ para la variable firmeza.....	64
Tabla 27a.- Comparación de medias de la prueba Duncan $p \leq 0.05$ para la variable grados brix.....	64
Tabla 28a.- Comparación de medias de la prueba Duncan $p \leq 0.05$ para la variable antocianinas.....	65
Tabla 29a.- Comparación de medias de la prueba Duncan $p \leq 0.05$ para la variable vitamina C.....	65
Tabla 30a.- Comparación de medias de la prueba Duncan $p \leq 0.05$ para la variable clorofila A.....	66
Tabla 31a.- Comparación de medias de la prueba Duncan $p \leq 0.05$ para la variable clorofila B.....	66
Tabla 32a.- Comparación de medias de la prueba Duncan $p \leq 0.05$ para la variable clorofila total.....	67

## RESUMEN

Para estudiar los efectos de la aplicación de *Azospirillum* sp en la producción y calidad de cebolla roja var. *Mata Hari* cultivada en diferentes sistemas de producción, se realizó esta investigación en el campo experimental del departamento de Horticultura en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, durante el periodo enero 2015 a julio 2015. Se evaluaron cuatro concentraciones (Unidades Formadoras de Colonias UFC) de *Azospirillum* sp 1) Testigo 0.00, 2)  $10^4$ , 3)  $10^6$  UFC y 4)  $10^8$ , y dos sistemas de producción 1) Acolchado plástico y 2) Sin acolchado.

Las variables evaluadas fueron: peso de la raíz, peso del bulbo, peso de la hoja, longitud de la raíz, longitud de la hoja, número de hojas, diámetro polar, diámetro ecuatorial, firmeza, grados brix, antocianinas, vitamina C, clorofila A, clorofila B, clorofila total.

Los resultados obtenidos indicaron que con la aplicación de *Azospirillum* sp a una concentración de  $10^4$  UFC con acolchado plástico aumentan significativamente el diámetro ecuatorial y la aplicación de *Azospirillum* sp a una concentración de  $10^6$  UFC y con acolchado, aumentó los grados brix y vitamina C en el bulbo.

**Palabras claves:** Cebolla, *Azospirillum* sp, UFC, Acolchado plástico.

## I. INTRODUCCIÓN

La cebolla es uno de los vegetales más ampliamente cultivados y consumidos en el mundo, es la quinta hortaliza más importante desde el punto de vista del consumo nacional, se exporta principalmente a Estados Unidos lo que ha ubicado al país como primer exportador latinoamericano de cebolla. Contiene altos niveles de compuestos con actividad antioxidante (compuestos fenólicos especialmente flavonoides). Debido a la calidad nutracéutica que contiene la cebolla, su consumo puede reducir o prevenir problemas de salud (Pérez *et al.*, 2011), la cebolla roja var. *Mata Hari* es resistente a la emisión del tallo floral, lo que permite obtener mayor potencial en producción y calidad, por lo que la hace una hortaliza altamente demandada debido a su gran valor nutracéutico en algunos países de la Unión Europea, Asia y Estados Unidos (Hernández *et al.*, 2015).

Los suelos en los cuales se establecen cultivos de esta especie en México, presentan problemas como deficiencia de materia orgánica o son suelos contaminados por el mal uso de fertilizantes, lo que repercute en la insuficiencia de elementos minerales para las plantas, afectando en gran medida el rendimiento. Para incrementar rendimientos promedios en el cultivo de cebolla, es necesario implementar nuevas alternativas, una de ellas la biofertilización, ya que al ser parte de la nutrición vegetal tiene gran influencia sobre la productividad de las plantas. La aplicación de bacterias en particular *azospirillum* presentan efectos sobre el crecimiento de las plantas tales como en la fijación de nitrógeno atmosférico, la solubilización de fósforo y el hierro en el suelo (Rodríguez, 2009).

Los alimentos funcionales actualmente presentan gran demanda por los consumidores a nivel mundial, hoy en día ya no es suficiente que los alimentos sean técnicamente perfectos y económicamente factibles, si no que la calidad nutracéutica obtenida supere ampliamente las expectativas del consumidor más exigente (Aguayo *et al.*, 2014).

En base a lo anterior se estudió en este proyecto la influencia de tiene *Azospirillum* sp en la producción y calidad de la cebolla en función de acolchado plástico.

### **1.1 Objetivo General**

Determinar el efecto de diferentes concentraciones de *Azospirillum* sp sobre la producción y calidad nutraceutica de la cebolla roja en función de acolchado plástico.

### **1.2 Objetivo Específico**

a) Evaluar la producción y calidad nutraceutica en la cebolla en diferentes concentraciones de *Azospirillum* sp en relación con el efecto que proporciona el acolchado plástico.

### **1.3 Hipótesis**

La productividad y calidad de la cebolla roja *Mata Hari* aumenta con la aplicación de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades del cultivo

#### 2.1.1 Origen

La cebolla (*Allium cepa* L.), originaria de Asia Central, es la hortaliza más importante de la familia *Alliaceae* en la alimentación de la humanidad desde hace miles de años (Resende *et al.*, 2007). En el año 3,200 A.C. los egipcios lo usaron como alimento, en rituales religiosos, se ha utilizado en base de hierbas para medicina. El nombre de la cebolla se deriva del latín, *unus*, que significa "una perla grande", su consumo es en fresco o procesados, es un agente aromatizante en platillos de comida (Shrestha, 2007).

#### 2.1.2 Importancia económica y distribución geográfica

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una hortaliza cultivada en 139 países, con una superficie de 4.6 millones de hectáreas, siendo el mayor productor China con 15 millones de t año<sup>-1</sup> (FAO, 2013). Estados Unidos ocupa el sitio 16 en superficie cultivada, tiene el primer lugar en rendimiento con 56 t h<sup>-1</sup> (Osuna y Ramírez, 2013). En México la superficie sembrada con esta hortaliza es de 44,399 ha con una producción de 1'238,602 toneladas y un rendimiento promedio de 29.08 ton /ha (SIAP, 2013). Los estados con mayor superficie sembrada de cebolla son: Baja California, Tamaulipas, Guanajuato, Chihuahua, Zacatecas, Michoacán, Puebla y Morelos (Rodríguez, 2014).

#### 2.1.3 Taxonomía

**Reino:** *Plantae*, **Sub. Reino:** *Embriofita*, **División:** *Fanerógama*, **Sub División:** *Angiosperma*, **Clase:** *Monocotiledónea*, **Orden:** *Liliales*, **Familia:** *Alliaceae*, **Genero:** *Allium*, **Especie:** *A. cepa* (Medina, 2008).

#### 2.1.4 Descripción del cultivo

##### 2.1.4.1 Sistema de radicular

Presenta de tipo fasciculado, corto en longitud y poco ramificado, sus raíces son blancas, estas se encuentran espesas y simples (Casaca, 2005).

#### **2.1.4.2 Hojas**

Se encuentran dispuestas de forma alternada, sésiles, simples cilíndricas, paralelas con hueco. La vaina rodea el punto de crecimiento y forma un tubo que encierra las hojas más jóvenes y el ápice del brote, estos mismos, creciendo a través del centro de la vaina de la hoja anterior. Las láminas de las hojas son tubulares ligeramente aplanadas y en el ápice los huecos se encuentran cerrados (Shrestha, 2007).

#### **2.1.4.3 Tallo**

Este órgano de la planta es dividido en dos partes en forma de bulbo que es la parte subterránea, es la parte de interés comercial y de forma eréctil en la parte aérea. Al tallo verdadero se le conoce como plato; es la base del bulbo de apariencia muy corta, sobre él crecen las raíces adventicias y se forman las yemas y las hojas. Los tallos florales son huecos y ensanchados en el centro de color verde, estos carecen de hojas y mueren después de haber madurado la semilla (Marroquín, 2014).

#### **2.1.4.4 Bulbo**

Se encuentra formado por numerosas capas gruesas y carnosas al interior, estas realizan las funciones de reservar sustancias nutritivas para la alimentación de los nuevos brotes y están recubiertas de membranas secas, delgadas y transparentes, que son parte de la base de las hojas. La sección longitudinal muestra un eje caulinar llamado cormo, cónico notándose en la base de raíces fasciculadas (Casaca, 2005).

#### **2.1.4.5 Inflorescencia y Flor**

La inflorescencia es una umbela simple, caracterizada por tener los pedicelos de sus flores casi de la misma longitud emergiendo estos de un mismo lugar, el número de flores por umbela varía de 200 a 1000 éstas dependiendo de la época

de plantación, tamaño de bulbo, tiempo y desarrollo del tallo floral así como las condiciones del cultivo. Las flores son hermafroditas, blancas pardas, de pedúnculos largos y tienen seis pétalos y seis estambres (Suquilandia, 2001)

#### **2.1.4.6 Fruto y Semilla**

El fruto es una capsula tricarpelar, del cual se forman hasta 6 semillas. Cuando se secan las semillas brotan con presión, la maduración de éstas se lleva a cabo en fases. Las semillas son negras arriñonadas y en el primer año pierden del 30 a 40 % de su germinación, el embrión se encuentra de forma semicircular, en espiral o rizado, encontrándose encerrado en el endospermo, tejido de reserva de la semilla (Wattembarger, 2010).

### **2.2 Requerimientos climáticos**

La cebolla es una hortaliza de clima templado, en México puede explotársele en todo el año. Esta planta es muy resistente al frío, puede llegar a tolerar temperaturas de hasta -5 °C en su etapa adulta, las semillas pueden iniciar su germinación a temperaturas de 2 a 3 °C pero muy lentamente, la temperatura optima es de 18 a 25 °C durante un periodo de 7 a 10 días, temperaturas de 22 a 24 °C son las más favorables para el desarrollo de las hojas, sin embargo, las plantas pueden soportar temperaturas de hasta 33 °C, ya que al sobre pasar este límite dejan de crecer. La cebolla siendo una planta bianual requiere de un periodo de bajas temperaturas (vernalización) posterior a la fase juvenil para permitir el desarrollo del vástago floral, este periodo de temperaturas bajas puede ser de 7 a 12 °C durante cuatro semanas (Gadea, 2002).

La temperatura óptima para el desarrollo de la planta va desde los 12 a 24 °C, favoreciendo la producción de bulbos (Marroquín, 2014).

#### **2.2.1 Humedad**

La poca capacidad de absorción debido a su sistema de raíces poco desarrolladas hace a la cebolla es una planta exigente en cuanto a humedad en el suelo; sin embargo, sus requerimientos son diferentes en cada etapa de desarrollo, para obtener un rendimiento óptimo se necesitan de 300 a 500 mm de

agua durante el ciclo vegetativo, así mismo se requieren de 380 a 760 mm de agua desde la siembra hasta la cosecha. En la etapa de formación de bulbos es necesario cuidar los niveles de humedad ya que un estrés de agua afectaría el contenido de sólidos solubles, pungencia y rendimiento, además provocaría la división de bulbos (Mata *et al.*, 2011).

### **2.2.2 Luz**

La producción de bulbos es controlado por el fotoperiodo, el día-longitud crítica varía de 11-16 horas, dependiendo del cultivar. **De Fotoperiodo Corto** (10 a 12 horas luz por día). Se siembran en la época conocida como de otoño invierno. **Fotoperiodo Intermedio** (12 A 13 horas luz) y **Fotoperiodo Largo** (Más de 13 horas luz), (Shrestha, 2007).

### **2.2.3 Suelo**

Requiere suelos migajón arenoso, limoso, ricos en materia orgánica, de consistencia media y no calcárea. El pH del suelo óptimo es entre 6.4 a 7.9, no tolera la acidez. Se recomienda que el suelo tenga una buena retención de humedad en los 15-25 cm. En suelos poco profundos, mal labrados y pedregosos, los bulbos no se desarrollan bien y pueden presentar deformaciones durante su desarrollo. El intervalo para repetir este cultivo en el mismo suelo no debe ser inferior a tres años, ya que los mejores rendimientos se obtienen en terrenos no utilizados anteriormente para cebolla (Chihuahua-SAGARPA, 2011).

## **2.3 Manejo del cultivo**

La preparación del cultivo es parte fundamental para el desarrollo de la cebolla y lograr un buen establecimiento del cultivo en un suelo que tenga las mejores condiciones posibles lo cual se logra barbechando a una profundidad no menor de 25 cm; debe seguirse dos pasos de rastra, de manera que el terreno que de lo más mullido posible, posteriormente se realiza una nivelación y por último, el trazo de los surcos facilitando con los dos puntos anteriores los riegos al cultivo (Serrano, 1993).

Para la siembra se utilizan tres métodos.

1. Siembra directa. Este método es poco usual, pero cuando se realiza se recomiendan de 4.5 a 6 kg/ha.
2. Plantación de bulbillos. Este se recomienda para siembra temporal.
3. Trasplante. Es el más usado por los mejores resultados que ha dado, en este caso se requieren de 1.5 a 2.0 kg de semilla por hectárea (Serrano, 1993).

### **2.3.1 Fertilización**

La nutrición balanceada de este cultivo está relacionada con las determinaciones de análisis de nutrientes que contiene el suelo y el agua donde se realizara el establecimiento del cultivo, asimismo, determinaciones de los órganos de la planta como análisis foliar y análisis bromatológico durante el ciclo del cultivo (Navarro, 2012).

La buena nutrición inicial de las plántulas, determina en gran medida el crecimiento del cultivo una vez que este se establece en el campo de trasplante (Aljaro *et al.*, 2009).

El nitrógeno es un elemento muy importante en la fertilización en el cultivo de la cebolla, de este depende mucho el crecimiento de la planta, así como el rendimiento de la misma, el potasio, por otra parte, es un elemento fundamental en el proceso de la fotosíntesis del cultivo (Dilruba *et al.*, 2006).

### **2.3.2 Riego**

Si el suelo no presenta la humedad adecuada para la siembra deberá regarse unos tres a cinco días antes de la preparación del terreno. Los primeros riegos se deben dar con regadera para no provocar arrastre de semillas.

Después de la germinación se puede regar 2 o 3 veces al día, tratando de mantener la humedad en charola. Después de la tercer semana, notándose que las plantas se encuentran en crecimiento vegetativo, los riegos son necesarios aplicarlos a diario o cada tercer día, según se requiera, dada las condiciones ambientales en que se encuentran las charolas y del sustrato. El riego se suspende 30 días antes de la cosecha para facilitar y uniformar la misma, detener

el crecimiento radical y favorecer el secado de las catáfilas exteriores (Corpeño, 2004).

### **2.3.3 Plagas y enfermedades**

El cultivo de la cebolla enfrenta la incidencia de plagas como los trips (*Thrips tabaci* Linderman), minador de la hoja (*Liriomyza spp.*), gusano de la cebolla (*Hylemia antiqua*) y enfermedades como la mancha púrpura (*Alternaria porri*), mildiú veloso (*Peronospora destructor*), pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum*), podredumbre del cuello (*Botrytis alli*), raíz rosada (*Pyrenochaeta terrestres*), (Ostaiza & Rosana, 2016).

## **2.4 Propiedades nutritivas**

### **2.4.1. Principales componentes**

El bulbo contiene un aceite esencial pungente rico en compuestos sulfurados, como el disulfuro de alilpropilo y otros, vitamina E, B, y C, carotenos, derivados flavónicos, sales, minerales, varios azúcares y almidón, además contiene vitamina A; los minerales como el potasio, fósforo, magnesio, entre otros. Su sabor picante característico, se debe a la presencia de un aceite esencial que se recomienda en el caso de afecciones respiratorias (Luz, 2008).

### **2.4.2. Antioxidantes**

Los radicales libres están implicados en la causa de enfermedades por ocasionar daño oxidativo a proteínas, lípidos y ácidos nucleicos. Es por esto que los antioxidantes, los cuales neutralizan la acción de los radicales libres, desempeñan una función fundamental en la prevención de enfermedades cardiovasculares (Daymy *et al.*, 1999).

Se trata de un grupo de vitaminas, minerales, colorantes naturales y otros compuestos de vegetales y enzimas (sustancias que en nuestro organismo interviene en múltiples procesos metabólicos), y bloquean el efecto perjudicial de los denominados radicales libres; es decir, los antioxidantes son sustancias que pueden retrasar o reducir el comienzo de oxidación de las sustancias

autooxidables. Existen infinidad de compuestos naturales y sintéticos con propiedades antioxidantes (Fennema, 2000).

### **2.4.3. Antocianinas**

Las frutas y hortalizas de color rojo presentan un alto contenido de pigmentos, destacando las antocianinas. Los arándanos, frambuesas, fresas, cerezas, rábanos, cebollas rojas y algunas variedades de chiles son fuentes ricas de estos productos naturales. Las antocianinas pertenecen al grupo de los flavonoides y son glucósidos de las antocianinas con gran diversidad estructural. También poseen actividad antioxidante, disminuyen el daño oxidativo causado por radicales libres y se relacionan con la actividad anticancerígena, antiinflamatoria y antitumoral (Castañeda y Guerrero, 2015).

Las antocianinas se encuentran presentes en la cebolla roja y morada en la parte comestible que es el bulbo, siendo estas las antocianinas cianidina 3-glucósido, cianidina 3-arabinósido, cianidina 3-malonil-glucósido y cianidina 3-malonilarabinosida. Dependiendo de la intensidad de pigmentación, la cantidad de antocianinas pueden llegarse a encontrar a 233 mg/kg de peso fresco de cebolla (Ferrerres *et al.*, 1996).

González, 2014, encontró en su trabajo de investigación que el contenido de antocianinas si mostro diferencia significativa en el color de acolchado rojo con la cantidad de 15.02 mg/5mg y azul con una cantidad de 14.34 mg/5mg en el cultivo de cebolla roja.

Las funciones en la planta son atracción de polinizadores para la posterior dispersión de semillas y la protección de la planta contra los efectos de la radiación ultravioleta, contaminación viral y microbiana (Astrid, 2008).

## **2.5 Uso de acolchado plástico**

El acolchado del terreno agrícola, es una técnica empleada en cultivos herbáceos como leñosos para mejorar el control de las malezas, así como aumentar la temperatura del suelo y disminuir la evaporación del agua. Los plásticos más utilizados en acolchados son films de polietileno de espesor entre los 120 a 200

galgas dentro de estructuras en invernadero, aunque algunas veces hasta 300 galgas en zonas ventosas a campo abierto (Díaz y Santos, 2012).

Las películas de plástico hechas de polietileno de baja densidad (LDPE) son comúnmente utilizado en la agricultura como revestimientos para invernaderos o bajo túnel y para acolchado de suelos con el fin de aumentar el rendimiento y la calidad de los productos hortícolas. El propósito de la cubierta de plástico de efecto invernadero es, además de la protección de las plantas de los agentes atmosféricos, Las películas de plástico para acolchado de suelos son usadas para reducir el consumo de agua y de pesticidas, transmitido por el suelo patógenos y proteger la zona de cultivo contra la erosión; películas de acolchado negro reducen el crecimiento de malas hierbas. Durante la exposición en el campo, las películas de plástico se someten a la degradación resultante de radiación solar, viento, granizo, nieve, alta temperatura del aire y humedad relativa y un ciclo térmico, así como los productos químicos utilizados durante el cultivo, en consecuencia, las películas de plástico se vuelven frágiles y su tiempo de vida útil es reducida (Kapanen *et al.*, 2008).

Los acolchados con polietileno son ampliamente usados en la producción de hortalizas. Los cambios en el microambiente de la planta y del suelo provocados por el uso de acolchados permiten lograr un crecimiento y desarrollo del cultivo más acelerado y por consecuencia tener mayores ventajas que aquellos manejados en forma tradicional (Marroquín, 2014).

### **2.5.1 Ventajas del acolchado**

El acolchado del suelo con plástico negro; protege al suelo de la erosión, conserva la humedad, protege a las plantas contra el calor o frío, mejora la germinación y establecimiento de las plántulas, mejora la sanidad del cultivo al proteger a las raíces, frutos y follaje del ataque de fitopatógenos e insectos, aumenta la temperatura del suelo, controla malezas, mejora la estructura del suelo y conserva su fertilidad. Todo esto se traduce en un incremento tanto del rendimiento como de la calidad del producto cosechado (Zavaleta-Mejía, 1999).

## **2.5.2 Efecto del acolchado en el ambiente físico**

El uso de acolchado de polietileno en los cultivos genera importantes modificaciones en el ambiente físico donde son cultivadas las plantas, la intensidad de modificación depende del tipo de polietileno que se utilice. Los factores que se alteran con el uso de acolchado son: humedad, temperatura, estructura y fertilidad del suelo, como también la vegetación espontánea bajo el acolchado (Díaz y Santos, 2012).

### **2.5.2.1 Humedad**

La impermeabilidad de las películas de polietileno, impide la evaporación del agua desde la superficie del suelo cubierta por la película de polietileno, quedando esa agua disponible para el cultivo durante mayor tiempo, proporcionando un abasto regular y constante, ofreciendo un mejor aprovechamiento y reduciendo considerablemente el consumo de agua (Ibarra y Rodríguez, 1991).

### **2.5.2.2 Temperatura**

El acolchado se comporta como un filtro de doble efecto, ya que acumula calor durante el día y deja salir parte de este durante la noche, evitando de esta forma el riesgo de heladas por las bajas temperaturas del aire. Los acolchados permiten la conservación de la temperatura más adecuada del suelo, cuando se presentan variaciones del clima que afectan la temperatura exterior, el acolchado transparente puede ayudar a conservar la temperatura en regiones de clima frío (García, 1996)

### **2.5.2.3 Incremento en el rendimiento**

Durante las investigaciones se ha demostrado que el polietileno para acolchado mejora el desarrollo e incrementa el rendimiento de diferentes cultivos, especialmente en climas fríos (Ibarra *et al.*, 2001).

La utilización de acolchado plástico en combinación con el riego por goteo influye en la importancia del incremento en la producción de tomate, pimiento, berenjena, melón, calabaza, sandía, entre otros vegetales (Kasirajan y Ngouajio, 2012).

#### **2.5.2.4 Control de malezas**

El crecimiento y desarrollo de malezas bajo el acolchado depende del color de la película de polietileno, es decir de su transmisividad a la luz solar. El polietileno transparente posee una alta transmisión de radiación solar fotosintéticamente activa, lo cual favorece el crecimiento y desarrollo de malezas que compiten por agua y nutrientes con el cultivo y además le provocan daño mecánico por levantamiento de del acolchado plástico. De esta forma podemos reducir y evitar el crecimiento de maleza utilizando película de polietileno color negro, aluminizado o bicolor en el que una de sus caras sea de color negro, ya que estos colores impiden el paso de luz hacia el interior del acolchado. Dependiendo del color utilizado de película, tendrán diferentes porcentajes de transmisividad, es decir a mayor paso de luz mayor cantidad de malezas (Alvarado y Castillo, 1999).

#### **2.6 Biofertilizantes**

El término biofertilizante proviene de las palabras biológico y fertilizante, por lo que este vocablo hace referencia a un fertilizante biológico (Aguado, 2012).

Los biofertilizantes, también conocidos como bioinoculantes, inoculantes microbianos o inoculantes del suelo, son productos agrobiotecnológicos que contienen microorganismos vivos o latentes (bacterias u hongos, solos o combinados), aplicados al suelo y/o planta con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética así como disminuir la contaminación generada por los agroquímicos y se utilizan en la agricultura, agregándolos a los cultivos agrícolas para estimular su crecimiento y productividad (Aguado, 2012).

Estos microorganismos se encuentran de forma natural en el suelo y abarcan diversos grupos; sin embargo, su población es afectada por el manejo de suelo y uso excesivo de agroquímicos (Grageda, *et al.*, 2012)

##### **2.6.1 Bacterias Promotoras de Crecimiento de las Plantas**

Entre los organismos más conocidos y estudiados se encuentran las especies de los géneros *Rhizobium*, *Pseudomonas* y *Azospirillum*. Se clasifican en dos grupos, la primera son promotoras de crecimiento en plantas, donde la bacteria afecta a la

planta suprimiendo otros organismos, la segunda son bacterias con capacidad de control biológico, las cuales promueven el crecimiento de la planta al suprimir los patógenos (Bashan & Holguin, 2004).

### **2.6.2 Géneros más utilizados en la agricultura**

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

### **2.6.3 Importancia**

Hoy en día el incremento de la producción agrícola con el uso de fertilizantes y otros productos químicos para el control de plagas y enfermedades, han presentado mayor problema en los cultivos, originados por la resistencia de microorganismos patógenos a los pesticidas. Debido a esto, se han creado diferentes manejos alternativos para el control de plagas y enfermedades siendo así el uso de microorganismos antagonistas que además permiten la reducción de la incidencia de enfermedades, contribuyendo en la regulación y equilibrio de las comunidades microbianas tanto edáficas como de la planta misma (Alarcón & Cerrato, 2012).

El mejoramiento en la calidad de la microflora de suelos agrícolas se encuentra asociada a la incorporación de microorganismos que contribuyen de manera significativa en el crecimiento y la productividad de los cultivos, siendo esta una alternativa para el logro de mejores cultivos, entre los microorganismos se encuentran *Azospirillum brasilense* que muestra efectos de fijación del nitrógeno atmosférico, la producción y liberación de hormonas promotoras de crecimiento, el aumento en la producción de exudados y promoviendo el crecimiento de otros microorganismos (Díaz *et al.*, 2006).

## **2.7 Azospirillum sp**

La primera especie *Azospirillum* fue aislada en Holanda por (Beijerinck, 1925) en suelos arenosos pobres en nitrógeno y originalmente fue llamado *Spirillum lipoferum*. Esta bacteria estuvo olvidada por varias décadas. Son las observaciones de Peña-Cabriales y Döbereiner en 1973 las que iniciarían la época moderna de esta bacteria. Estudios taxonómicos de *S. lipoferum* conducen a su reclasificación en un género nuevo, *Azospirillum* (Beijerinck, 1925).

Tarrand, et al, en 1978, propusieron a *Azospirillum* como género distinguiendo dos especies: *Azospirillum brasilense* y *Azospirillum lipoferum*. Actualmente se conocen ocho especies, siendo las más ampliamente estudiadas *A. lipoferum* y *A. brasilense* (Tarrand, et al., 1978).

### **2.7.1 Características de Azospirillum**

*Azospirillum* ( $\alpha$ - subclase de las proteobacterias) es una bacteria Gram Negativa, de vida libre, fijadora de nitrógeno y asociada a la rizósfera de las plantas. Tiene un metabolismo carbonado y nitrogenado muy versátil, lo que permite adaptarse y establecerse en el competitivo entorno rizosférico. Como fuentes nitrogenadas, *Azospirillum* puede utilizar un amplio rango de sustratos, amonio, nitrato, nitrito, aminoácidos y nitrógeno molecular. En condiciones desfavorables, tales como desecación y carencia de nutrientes, puede enquistar, recubriéndose en una capa de polisacáridos produciendo una acumulación de gránulos de  $\beta$ -hidroxibutirato, que sirven a la bacteria de reserva de fuente carbonada (Collados, 2016).

Es una bacteria móvil, que presenta gran variabilidad en el número y posición de sus flagelos. En medio líquido produce un solo flagelo mientras que en medio sólido se inducen diversos flagelos laterales, siendo diferente la cantidad y posición de estos flagelos para cada una de las especies del genero *Azospirillum* (Collados, 2016). Para identificar si las bacterias son móviles se realiza una prueba de movilidad con manitols con 3.5 gr/L de agar (Benavides & Hermida, 2008).

### **2.7.2 Clasificación taxonómica de Azospirillum**

La clasificación como género de *Azospirillum* fue realizada por (Tarrand, *et al.*, 1978), para sustituir el antiguo nombre *Spirillum* y su división en las especies:

**Reino:** Procaryote

**División:** Gracilicute

**Clase:** Scotobacteria

**Familia:** No existe

**Género:** *Azospirillum*

**Especie:** Sp. (*lipoferum*, *brasiliense*, *amazonense*, *haloproferenses*, *irakenses*)

### **2.7.3 Fijación de nitrógeno por *Azospirillum***

El nitrógeno que se localiza en el suelo procede de la atmosfera, pero el N<sub>2</sub> atmosférico no puede ser utilizado directamente por los seres vivos salvo en el caso de algunos microorganismos. Para el nitrógeno atmosférico sea absorbido por las plantas y la mayoría de los microorganismos, este tiene formar parte de otros compuestos químicos, este proceso se llama fijación (Gómez, 2014).

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

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

### **2.7.4 Métodos de Inoculación**

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

Los mejores resultados se han obtenido a partir de suspensiones de turba vertido por goteo al surco o distribuyendo el inoculante en el momento de la siembra. De

esta manera se satisfacen los requerimientos de un buen inoculante (acarreador químicamente inerte, seco, uniforme, biodegradable y permite la liberación gradual de las bacterias durante periodos largos (1 mes aproximadamente), y puede ser producido a gran escala (Bashan *et al.*, 1996)

### **2.7.5 Trabajos realizados con *Azospirillum***

Se estudió el uso de lombricompost e inoculante con *Azospirillum* sp, en el cultivo del repollo, se utilizó un lombricompost comercial, cuyo origen es una proporción de 80 % de estiércol vacuno y 20 % de restos de silo de sorgo y maíz. Se utilizó 1 ml de inoculante en medio líquido, conteniendo *Azospirillum* sp Az39 INTA en concentración de  $1,2 \times 10^8$  ufc/ml. Se encontró que la inoculación con *Azospirillum* sp, incrementó en un 17.3 % el peso seco aéreo y en un 21 % el peso seco total (Cracogna *et al.*, 2008).

(Aguilar, 2010) en su experimento inoculó semillas de melón con biofertilizante líquido, formulado con la cepa de *Azospirillum* sp ( $10^9$  UFC/ml). Encontró que la combinación más sobresaliente fue la (cepa 5) que son extraídos de raíz de trigo colectadas en Guanajuato y (cepa 7) de *Azospirillum* extraídas de raíz de trigo colectados en Buenavista, Coahuila, obteniendo como resultado flores masculinas 39.99 días después de la siembra, flores femeninas 41.13 días, cuajado de fruto con una medida de 49.13 días, diámetro ecuatorial con una medida de 13.46 cm.

En un experimento se evaluó la aplicación de la bacteria *Azospirillum* en el rendimiento y calidad de fruto de tomate, donde se encontró que a dosis de 10 ml/L, aumenta significativamente la altura de planta (62 cm) en comparación con el testigo (54.9), asimismo para las variables peso de fruto, tamaño (diámetro polar y ecuatorial), número de lóculos aumentan a dosis de 100 ml/L, con esta misma el rendimiento incremento a 12 t/ha a diferencia con el testigo (Velázquez, 2011).

(Vega, 2015) estudió el efecto en la absorción de minerales N,P,K, en chile jalapeño inoculado con *Azospirillum* en invernadero y encontró que en la cepa de *Azospirillum* aislada de raíces de tomate de General Cepeda (AzGT) incrementa el contenido de fosforo en el fruto y tallo y el contenido de nitrógeno en las hojas, la

cepa de *Azospirillum* de Torreón aislada de raíces de chile (AzTCh) incrementa el contenido de potasio en fruto y nitrógeno en las hojas y la cepa *Azospirillum* de saltillo (AzST-5) aislada de raíces de trigo aumenta el contenido de nitrógeno en frutos y hojas, todas las cepas a una concentración de  $10^4$  UFC/ml.

Lara *et al.*, 2013, encontraron que en la inoculación de la semilla de arroz con la cepa del género *Azospirillum* (A5), influyó favorablemente en el crecimiento y desarrollo de las plantas de arroz, promoviendo el enraizamiento inicial. La concentración  $10^7$  UFC, produjo 3,74 gr/planta favoreciendo el rendimiento de producción.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación del experimento

La presente investigación se llevó a cabo en el campo experimental del departamento de Horticultura en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, cuya ubicación geográfica se encuentra a 25° 21' 24" latitud norte y 101° 2' 3" longitud oeste, con una altitud sobre el nivel del mar de 1742 m, durante el periodo enero 2015 a julio 2015.

#### 3.2 Material Vegetativo

Para este experimento se utilizó la cebolla roja variedad *Mata Hari*, la cual se caracteriza por ser una especie de fotoperiodo corto, la forma del bulbo es redondo de tamaño grande- jumbo de color rojo. La duración del ciclo es en promedio de 175 a 180 días.

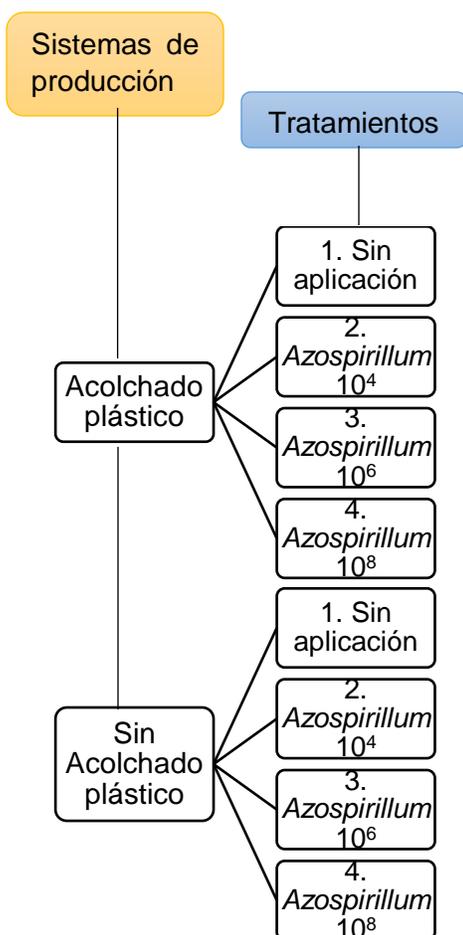
#### 3.3 Siembra

La siembra se realizó el día 29 de enero del 2015, en charola de 200 cavidades, utilizando como sustrato peat moss, esto fue realizado en un invernadero del departamento de horticultura, se les dieron 2 despuntes a las plántulas como parte del manejo para la preparación al trasplante.

#### 3.4 Preparación de las disoluciones de *Azospirillum sp*

La cepa de la bacteria (*Azospirillum sp*) fue facilitada por parte del laboratorio de siembra del departamento de horticultura, en donde se prepararon 3 disoluciones a concentraciones de  $10^4$ ,  $10^6$ ,  $10^8$  ufc/ml, cada una de estas fueron preparadas en 1L de agua destilada.

### 3.5 Tratamientos



**Diagrama 1.** Ilustración de los Tratamientos utilizados en el Experimento

### 3.6 Establecimiento del experimento

#### 3.6.1 Preparación del terreno

Esta actividad se realizó los días 20, 22 y 23 de marzo del 2015, limpiando el área de trabajo, utilizando herramienta mecánica y manual entre ella; maquina motocultor con ella se realizó el barbecho, se utilizó azadón y rastrillo para la formación de camas.

Para el trabajo experimental se utilizaron 2 camas de 10m x 0.6m con instalación de cintilla para el riego, de las cuales 1 se le colocó plástico negro para acolchado y la otra quedó sin acolchado.

### **3.6.2 Trasplante**

Para el trasplante se tomaron las plántulas más homogéneas y vigorosas, se desprendió el sustrato quedando libre el sistema radicular al cual, fue sumergido a las diferentes concentraciones de *Azospirillum* sp por 20 a 30 segundos y trasplantando en la cama de acuerdo a los tratamientos, quedando así distribuidos 160 plantas en las 2 camas a doble hilera con espacios de 15 cm entre plantas y 25 cm entre hileras, al segundo día después del trasplante se aplicó el resto de la disolución de cada concentración de *Azospirillum* sp, aplicando una dosis de 12.5 ml/ planta/ tratamiento.

### **3.6.3 Fertilización**

Durante la etapa de plántula en charola se aplicó ácido fosfórico y quelato de fierro cada 5 días por 2 semanas, estos dos fertilizantes en forma asperjada al sustrato.

Después del trasplante se realizaron fertilizaciones cada 5 días con la dosis especificada en la (Tabla a1).

Aplicando 12.5 ml de solución por planta, manteniendo esta dosis hasta finalizar el experimento.

### **3.6.4 Tratamiento fitosanitario**

Se aplicaron fungicidas como preventivos utilizando como productos Cuperhidro, Mancozeb a dosis de 0.7 g/l y Tecto60 a dosis de 0.6 g/l de manera alternada cada 8 días, así mismo, se realizaron aspersiones de insecticidas como Imidacron, con un atomizador.

### **3.6.5 Riego**

Se realizaron riegos asperjados en la etapa de plántula conforme las necesidades del cultivo, se aplicó un riego pesado antes del trasplante, los riegos posteriores se realizaron uno por día de manera ligera, a los 15 días antes de la cosecha se suspendió el riego.

### **3.7 Variables evaluadas**

#### **3.7.1 Peso de raíz**

Se llevó a cabo en el laboratorio de postcosecha de esta universidad con ayuda de una balanza semi analítica marca OHAUS modelo YS, se cortaron las raíces de 4 plantas de cebolla y se pesaron registrando los datos en (gr).

#### **3.7.2 Peso del bulbo**

Fueron pesados en el laboratorio de postcosecha de esta universidad con ayuda de una balanza semi analítica marca OHAUS modelo YS los bulbos de 4 plantas por tratamiento se registró los datos en (gr).

#### **3.7.3 Peso de la hoja**

En el laboratorio de postcosecha se pesaron las hojas de 4 plantas por tratamiento con la ayuda de una balanza analítica y se registró en (gr).

#### **3.7.4 Longitud de la raíz**

En el laboratorio de postcosecha se midió con una cinta métrica la longitud de la raíz de 4 plantas por tratamiento registrando en (cm).

#### **3.7.5 Longitud de hoja**

Se registró en (cm), midiendo desde la parte basal hasta la punta más larga de la hoja de 4 repeticiones por tratamiento, en el laboratorio utilizando una cinta métrica.

#### **3.7.6 Número de hojas**

Se cuantifico el número de hojas de 4 plantas por tratamiento dentro del laboratorio.

#### **3.7.7 Diámetro polar**

En el laboratorio se realizó la medición con ayuda de un vernier en 4 bulbos por tratamiento registrando los datos en (mm).

### **3.7.8 Diámetro ecuatorial**

En el laboratorio con ayuda de un vernier de reloj marca Cienceware modelo D-2921, se midió el diámetro ecuatorial de 4 bulbos por tratamiento y se registró en (mm).

### **3.7.9 Firmeza**

Dentro del laboratorio de postcosecha fue medida la firmeza con ayuda de un penetrómetro marca Qa modelo FT 327 con puntilla de 11 mm, se introdujo en la parte del diámetro ecuatorial a 4 bulbos como repetición de cada tratamiento tomando dos lecturas a cada uno y por último se promediaron y registraron como ( $\text{kg}\cdot\text{cm}^2$ ).

### **3.7.10 Grados brix**

En el laboratorio se tomaron 4 repeticiones de cada tratamiento, se macero un poco la muestra para que le saliera el jugo, posteriormente se colocó una gota de jugo en un refractómetro digital marca HANNA modelo HL96801 con escala de 0 a 32 grados brix calibrado a 20 °C.

### **3.7.11 Antocianinas**

Tomando en cuenta la técnica por espectrofotometría de la guía técnicas de la AOAC 1990, vol. I y II. Se pesaron 2.5 g de muestra finamente picada y se colocó en una vaso de precipitado de 50 ml, se agregó la solución extractora de antocianinas (5 partes de metanol al 85 % + 1 parte de HCl 3N (v/v) hasta cubrir la muestra, se tapó con aluminio y se dejó reposar por 24 horas en refrigeración, se transfirió a un mortero y se trituro, después se filtró a través de una gasa y se recogió el filtrado en un matraz de aforación de 100 ml, posteriormente se lavó la muestra y se macero 4 veces con 20 ml de solución extractora de antocianinas, se recuperó el líquido del matraz de aforación de 100 ml filtrado a través de la gasa y se aforó con la solución de antocianinas, se colocó 2 ml de la muestra aforada en una celdilla para espectrofotómetro y se agregó 1 ml de peróxido de hidrogeno al 30 % (agua oxigenada 30 %), leímos el % de absorbancia a una longitud de onda de 525 nm, utilizando como blanco 2 ml de solución extractora de antocianinas y 1

ml de peróxido de hidrogeno al 30 %. Se utilizó la fórmula propia para su cálculo. El resultado fue mg de antocianina por cada 100 g de muestra (mg·100 g).

### **3.7.12 Vitamina C**

Tomando en cuenta la técnica por titulación de la guía técnicas de la AOAC 1990, vol. I y II. Se utilizó un matraz Erlenmeyer de 125 ml, mortero, balanza eléctrica, reactivos como ácido clorhídrico al 2 %, reactivo Thielmann (0.2 gr de 2, 6, dichloroindophenol). Para esto se pesó 20 gr de muestra de cada tratamiento con sus respectivas repeticiones, colocándolos en el mortero, se agregó ácido clorhídrico al 2 %, se filtró el contenido del mortero a través de una gaza. Se tomó una alícuota de 10 ml de filtrado en un matraz Erlenmeyer de 125 ml. En una bureta se midió un volumen conocido del reactivo Thielmann, y se tituló la alícuota hasta la aparición de un color rosácea, se anotó el volumen gastado. Por último se calcula el contenido de vitamina C. el resultado fue mg de vitamina C por 100 gramos de cebolla.

### **3.7.13 Clorofila A**

Tomando en cuenta la técnica por espectrofotometría de la guía técnicas de la AOAC 1990, vol. I y II. Se pesaron 2.5 g de la muestra finamente picada y colocamos en un vaso de precipitado de 50 ml, se agregamos acetona al 85 % hasta cubrir la muestra, tapamos con aluminio y dejamos reposar por 24 horas en refrigeración, posteriormente colocamos la muestra en un mortero y la trituramos, pasamos el líquido en un matraz de aforación de 100ml, filtrando la muestra con un filtro de gasa, lavamos y maceramos 4 porciones de 20 ml cada una de acetona al 85 %, filtramos cada lavado a través de la gasa y se recogió el filtrado en el matraz de aforación de 100 ml, después aforamos con acetona al 85 %, colocamos una porción de la muestra en una celdilla para espectrofotómetro y leímos la muestra en % de absorbancia a una longitud de onda de 642.5 nm y 660 nm utilizando como blanco acetona al 85 %, calculamos la clorofila A de acuerdo a su fórmula. El resultado fue mg de clorofila A por gramo de muestra (mg·g).

### **3.7.14 Clorofila B**

Tomando en cuenta la técnica por espectrofotometría de la guía técnicas de la AOAC 1990, vol. I y II. Se pesaron 2.5 g de la muestra finamente picada y colocamos en un vaso de precipitado de 50 ml, agregamos acetona al 85 % hasta cubrir la muestra, tapamos con aluminio y dejamos reposar por 24 horas en refrigeración, posteriormente colocamos la muestra en un mortero y la trituramos, pasamos el líquido en un matraz de aforación de 100ml, filtrando la muestra con un filtro de gasa, lavamos y maceramos 4 porciones de 20 ml cada una de acetona al 85 %, filtramos cada lavado a través de la gasa y se recogió el filtrado en el matraz de aforación de 100 ml, después aforamos con acetona al 85 %, colocamos una porción de la muestra en una celdilla para espectrofotómetro y leímos la muestra en % de absorbancia a una longitud de onda de 642.5 nm y 660 nm utilizando como blanco acetona al 85 %, calculamos la clorofila B de acuerdo a su fórmula. El resultado fue mg de clorofila B por gramo de muestra (mg/g).

### **3.7.15 Clorofila Total**

Tomando en cuenta la técnica por espectrofotometría de la guía técnicas de la AOAC 1990, vol. I y II. Se pesaron 2.5 g de la muestra finamente picada y colocamos en un vaso de precipitado de 50 ml, se agregamos acetona al 85 % hasta cubrir la muestra, tapamos con aluminio y dejamos reposar por 24 horas en refrigeración, posteriormente colocamos la muestra en un mortero y la trituramos, pasamos el líquido en un matraz de aforación de 100ml, filtrando la muestra con un filtro de gasa, lavamos y maceramos 4 porciones de 20 ml cada una de acetona al 85 %, filtramos cada lavado a través de la gasa y se recogió el filtrado en el matraz de aforación de 100 ml, después aforamos con acetona al 85 %, colocamos una porción de la muestra en una celdilla para espectrofotómetro y leímos la muestra en % de absorbancia a una longitud de onda de 642.5 nm y 660 nm utilizando como blanco acetona al 85 %, calculamos la clorofila total de acuerdo a su fórmula. El resultado fue mg de clorofila total por gramo de muestra (mg/g).

### **3.8 Diseño experimental**

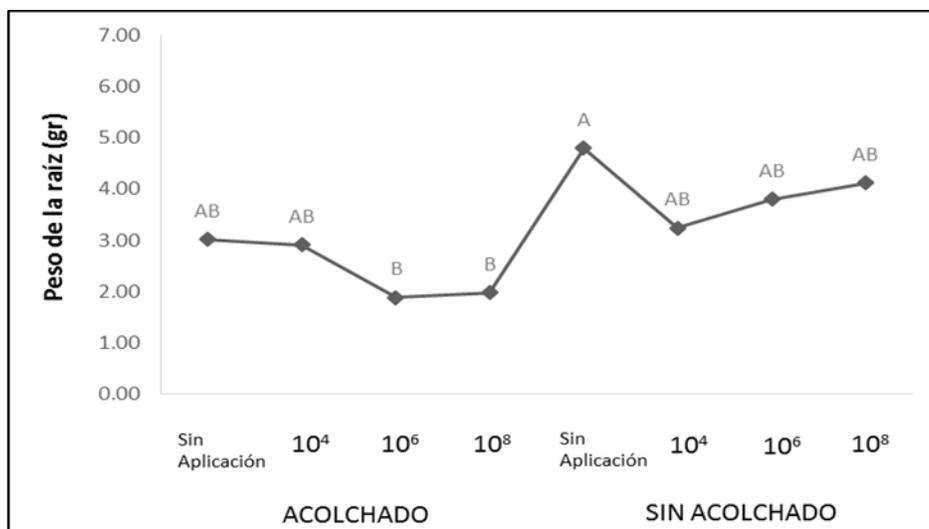
Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo factorial 2X4, siendo el factor A los sistemas de producción y factor B las concentraciones UFC, con 4 repeticiones por tratamiento, tomando en cuenta una planta por repetición, teniendo así 32 unidades experimentales.

Los datos se les realizó un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Duncan ( $P < 0.05$ ). Con el software SAS Versión 9.0.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Peso de la raíz

Los resultados arrojados por análisis estadístico, demuestran que si hubo diferencia significativa (Figura 1.), se puede afirmar que el tratamiento sin aplicación de *Azospirillum* y en ambiente sin acolchado se obtiene mayor peso 4.80 gr de raíz en comparación con los tratamientos de *azospirillum* a concentración de  $10^6$  que se obtuvo 1.88 gr y a concentración de  $10^8$  obteniendo 1.98 gr en ambiente acolchado, obteniéndose por lo tanto menor peso de raíz en estas dos concentraciones.



**Figura 1.** Peso de la raíz (gr) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

Para esta variable nos permite saber que no es necesaria la aplicación de *Azospirillum* ya que se comportó menor peso de la raíz comparada con el testigo que fue sin aplicación. Esto puede ser por la falta de microorganismos en asociación con la bacteria aplicada en el suelo, ya que para que la bacteria influya directamente en el crecimiento y desarrollo de la planta debe de interactuar con otros microorganismos nativos del suelo (Cruz, 2015).

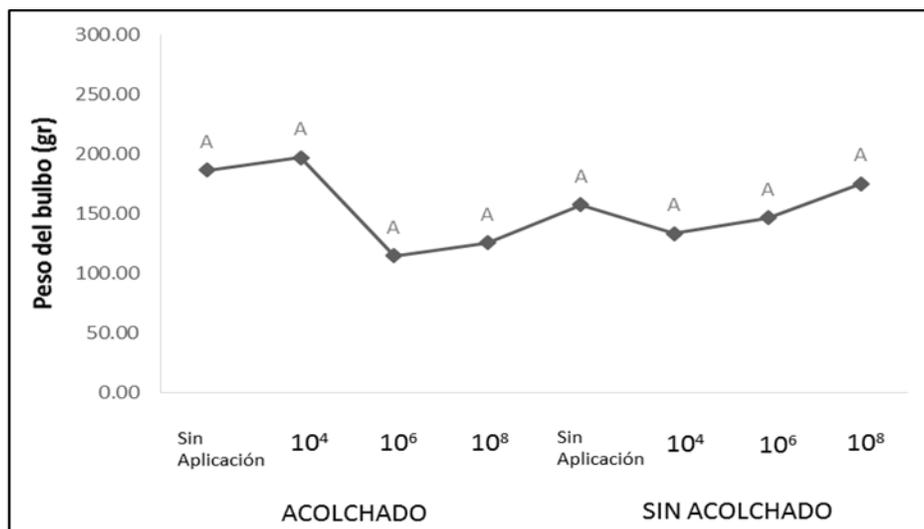
Lo obtenido de acuerdo al ambiente acolchado y no acolchado se difiere por lo que reporta (Santos *et al.*, 2010), en condiciones de acolchado las plantas desarrollan más su sistema radical (superficial y lateral) y el aumento de raíces

asegura a la planta una mayor extracción de agua y sales minerales, lo que conduce a mayores rendimientos.

Además se encontró que para esta variable existe correlación con las variables peso del bulbo, diámetro polar, diámetro ecuatorial y antocianinas para el ambiente acolchado y también se encontró correlación con las variables longitud de la hoja y vitamina C en ambiente sin acolchado, de acuerdo al análisis de correlación mostrado en la (tabla 2a).

#### 4.2 Peso del bulbo

Los datos arrojados por la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ), no existe diferencia estadística entre tratamientos (Figura 2.), por lo tanto, esto indica que todos los tratamientos evaluados se comportaron de la misma manera, sin embargo, el tratamiento  $10^4$  en ambiente acolchado tiene mayor aumento con 197.20 gr en comparación con el tratamiento  $10^6$  con ambiente acolchado que es el más bajo con 114.99 gr.



**Figura 2.** Peso del bulbo (gr) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

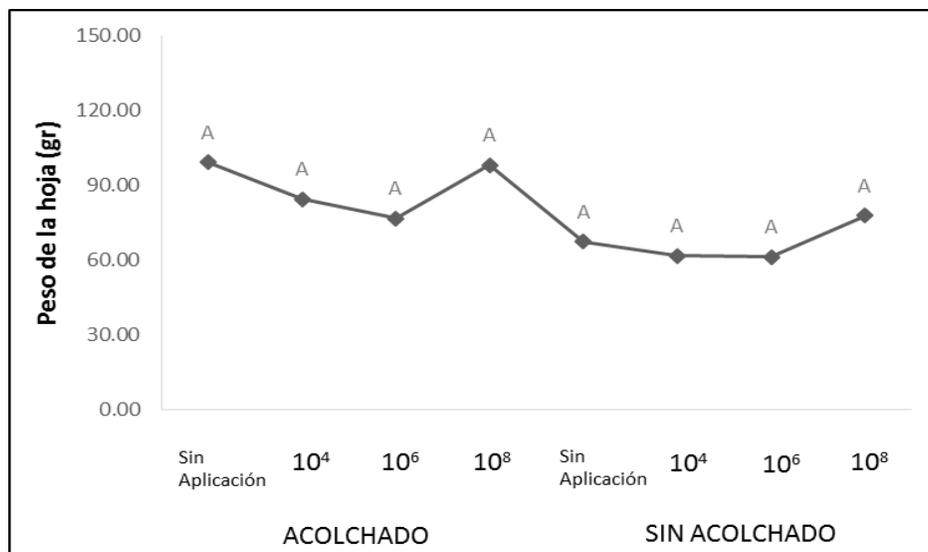
Los resultados difieren con lo reportado por (Jamir *et al.*, 2013), quienes encontraron que al utilizar abonos orgánicos y biofertilizantes como *azospirillum*, solos o en combinación, aumentaron significativamente el rendimiento en peso de bulbo en cebolla, ya que la aplicación de *Azospirillum* tuvo un efecto positivo en la

fijación de N desde la parte aérea para el desarrollo del bulbo, en cambio en este experimento no se desarrolló el efecto probablemente por el número de repeticiones evaluadas, ya que fueron las mínimas para el análisis estadístico, asimismo, condiciones del suelo y ambiente climático en el que se aplicó (Alcocer, 2014).

El factor acolchado se relaciona con lo que realizó (Gento y Oltra, 1998), donde no se encontraron buenos resultados con el acolchado plástico, proponiendo al acolchado de compost como alternativa para obtener mayores aumentos en cultivos hortícolas. Además se encontró que para esta variable existe correlación con las variables diámetro polar y diámetro ecuatorial en ambiente acolchado y también se encontró correlación con las variables peso de la hoja, longitud de la hoja, diámetro polar, diámetro ecuatorial y número de hojas en ambiente sin acolchado, de acuerdo al análisis de correlación mostrado en la (tabla 2a).

#### **4.3 Peso de la hoja**

Los datos obtenidos por la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ), nos muestra que no existe diferencia estadística entre tratamientos (Figura 3.), esto indica que todos los tratamientos evaluados se comportaron de la misma manera, sin embargo, el tratamiento sin aplicación con el factor acolchado fue mayor presentando 99.11 gr junto con el tratamiento con *azospirillum*  $10^8$  en ambiente acolchado presentando 98.09 gr de peso de la hoja en cuanto a la aplicación de *azospirillum* en comparación con el tratamiento de *azospirillum*  $10^6$  con ambiente sin acolchado con 61.26 gr siendo el que tuvo menor efecto.



**Figura 3.** Peso de la hoja (gr) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

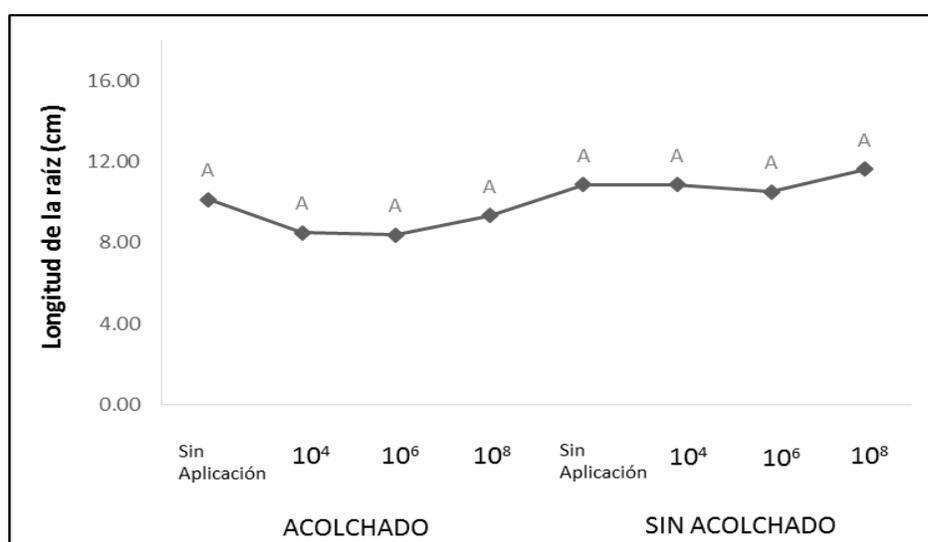
Los resultados difieren con lo reportado por (Castillejo, 2013), quien encontró que al aplicar *azospirillum* en fresa, aumenta el peso fresco de la hoja, así como el área foliar y el rendimiento. Las condiciones que presenta el suelo probablemente dependieron donde se desarrolló este experimento, ya que en ambos ambientes no se encontró efecto significativo.

En el factor acolchado se puede apreciar que todos los tratamientos de *azospirillum* sp que están en función del acolchado plástico el efecto se nota en mayor peso de la hoja en comparación de los tratamientos con *azospirillum* y con el factor sin acolchado. El acolchado plástico permite el incremento en la producción, precocidad en el cultivo y producción total (Espinosa, 2012).

Además se encontró que para esta variable existe correlación con las variables longitud de la raíz, número de hojas y firmeza en ambiente acolchado y también se encontró correlación con las variables longitud de raíz, longitud de la hoja, diámetro ecuatorial, número de hojas y clorofila A en ambiente sin acolchado, de acuerdo al análisis de correlación mostrado en la (tabla 2a).

#### 4.4 Longitud de la raíz

Conforme a los datos arrojados por la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ), no existe diferencia estadística entre tratamientos (Figura 4.), como se puede observar, esto indica que todos los tratamientos se comportaron de la misma manera, sin embargo, el tratamiento *azospirillum*  $10^8$  en ambiente sin acolchado presenta mayor longitud de raíz presentando 11.625 cm en comparación con el tratamiento *azospirillum*  $10^6$  en ambiente acolchado que presentó 8.375 cm de largo en la raíz de la cebolla, siendo este el más bajo.



**Figura 4.** Longitud de la raíz (cm) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

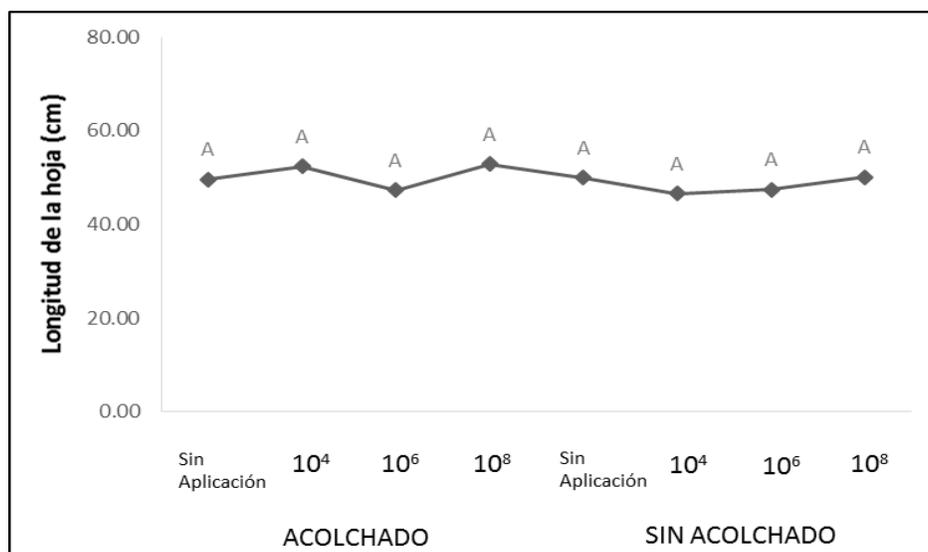
Los resultados coinciden con lo que reporta (Castañeda et al., 2013), donde la concentración de *Azospirillum*  $10^9$  empleada no tuvo efectos en la longitud de raíz, se inhibió el crecimiento y rendimiento del cultivo de fresa, provocando reducción en el tamaño y peso del fruto, por tal motivo el autor sugiere emplear dosis inferiores en futuras investigaciones, debido a que la planta no presentó respuesta favorable en el aumento de la división celular y crecimiento de la zona de elongación de las raíces, comprobándose que un mayor desarrollo del sistema radical, se traduce en mayor superficie de absorción de nutrientes, así como en mayor desarrollo de la parte aérea de las plantas (Caballero, 2002).

Los resultados de acuerdo al factor ambiente acolchado presentan menor crecimiento en la longitud de la raíz en todos sus tratamientos, en comparación con el ambiente sin acolchado que presento más altos crecimientos en la longitud de la raíz en todos sus tratamientos, estos datos difieren con lo que dice (Alvarado y Castillo, 1999), con uso del acolchado se mantiene la humedad de la superficie donde las plantas desarrollan más superficial, lateralmente y en número su sistema de radical, ayudando a la planta tener una mayor extracción de agua y sales minerales, lo que provoca mayores rendimientos.

Además se encontró que para esta variable existe correlación con las variables número de hojas y firmeza en ambiente acolchado y también se encontró correlación con las variables número de la hojas y clorofila A en ambiente sin acolchado, de acuerdo al análisis de correlación mostrado en la (tabla 2a).

#### 4.5 Longitud de hoja

Los resultados que se presentan obtenidos por la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ), no existe diferencia estadística entre tratamientos (Figura 5.), de tal manera que todos los tratamientos se comportaron de la misma manera, notándose mayor aumento el tratamiento *azospirillum*  $10^8$  con acolchado con 52.88 cm, en comparación con el tratamiento *azospirillum*  $10^4$  sin acolchado que presento 46.60 cm, siendo el más bajo.



**Figura 5.** Longitud de la hoja (cm) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

Los resultados obtenidos de los tratamientos fueron similares estadísticamente, *azospirillum* no tuvo efecto, esto puede ser porque no hubo la colonización adecuada por diversos factores edáficos que pudieron estar presentes en el experimento y que afectaron al desarrollo de *azospirillum*. Además, esto difiere con lo realizado por (Ghanti, 2009), donde encontró buenos resultados al aplicar *azospirillum* en combinación con *azotobacter* en el cultivo de cebolla, obteniendo diferencia significativa en número de hojas, longitud de hojas, así como también el peso fresco y seco de la misma.

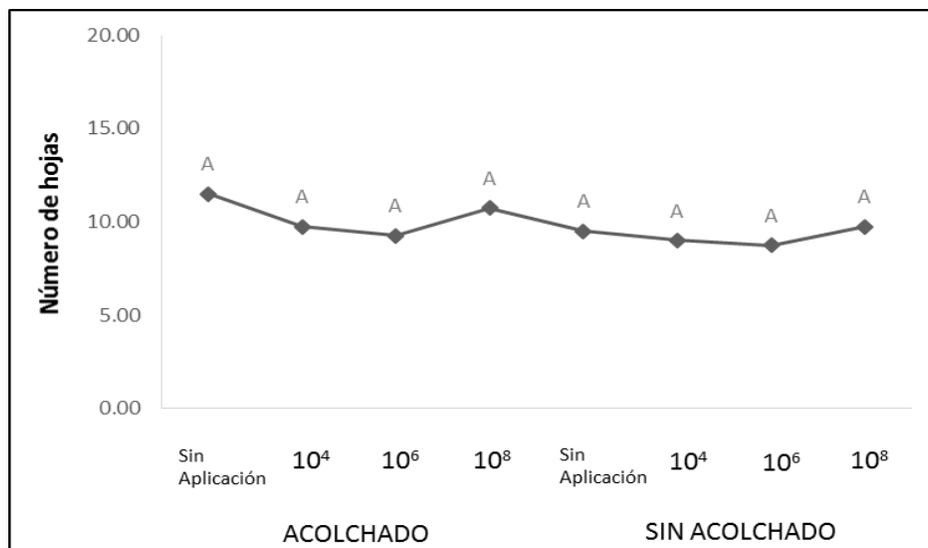
(Vásquez, 2012), encontró diferencia significativa al utilizar la interacción (biofertilización x acolchado x fertilización química) en las variables de producción y morfológicas en el cultivo de pepino.

(Melek *et al.*, 2009), obtuvo mayor longitud en la planta de melón al utilizar acolchado.

Además se encontró que para esta variable existe correlación con la variable diámetro ecuatorial en ambiente sin acolchado, de acuerdo al análisis de correlación mostrado en la (tabla 2a).

#### **4.6 Número de hojas**

De acuerdo a los resultados que se presentan arrojados por la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ), no existe diferencia estadística entre tratamientos (Figura 6.), esto nos da a entender que todos los tratamientos que se evaluaron se comportaron de la misma manera.



**Figura 6.** Número de hojas de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

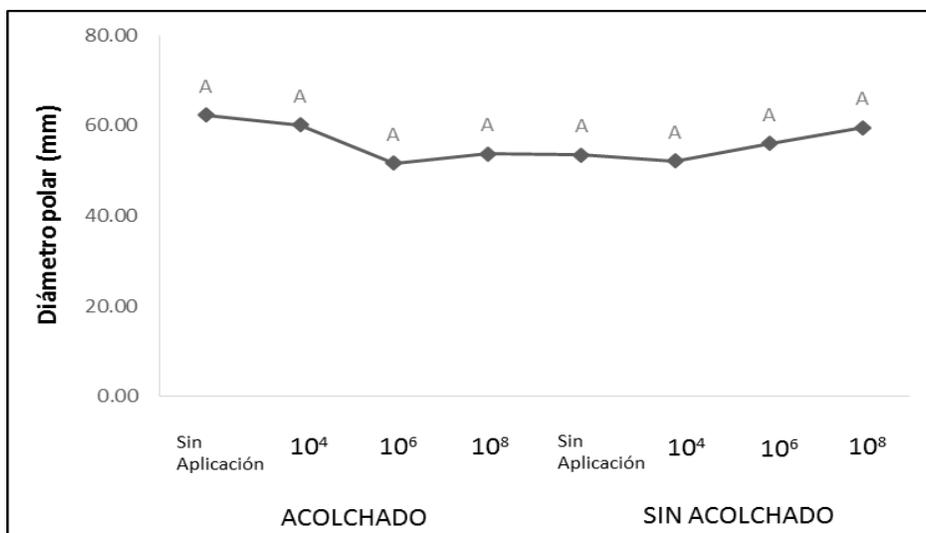
Esto coincide con (Álvarez, 2011) que evaluó diferentes fertilizantes químicos y orgánicos en producción de cebolla y no encontró diferencia significativa en el número de hojas y difieren por lo que reporta (Cumplido *et al.*, 2016), ya que con la adición de *Azospirillum*, aumentó el peso fresco y número de hojas de maíz elotero, los resultados obtenidos pueden deberse a condiciones específicas en la variedad de cebolla utilizada, ya que en ninguno de los dos ambientes se obtuvo mayor efecto significativo. (Ekinci, 2009), concuerda en sus resultados donde encontró menor dosel foliar en melón en acolchado plástico negro, siendo mejor los colores de acolchado claros ya que adelanto la floración debido a mayores compuestos de fotoasimilados.

Además se encontró que para esta variable existe correlación con la variable firmeza en ambiente acolchado y también se encontró correlación con la variable clorofila A en ambiente sin acolchado, de acuerdo al análisis de correlación mostrado en la (tabla 2a).

#### 4.7 Diámetro polar

Los resultados arrojados por la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ), para esta variable no presentó diferencia significativa entre tratamientos (Figura 7.), notándose un

mayor aumento en el tratamiento sin *azospirillum* presentando 62.34 mm y el tratamiento *azospirillum*  $10^4$  con 60.12 mm ambos en ambiente acolchado, siendo más bajo el tratamiento *azospirillum*  $10^6$  en ambiente acolchado con 51.63 mm.



**Figura 7.** Diámetro polar (mm) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

Esto coincide con lo reportado por (Velázquez, 2011), quien no encontró diferencia significativa en diámetro polar en el fruto de tomate utilizando tres dosis diferentes de *Azospirillum*. Pero difiere con lo reportado por (Aguilar, 2010), encontró mejor resultado en diámetro polar en el cultivo de melón utilizando la combinación de la cepa 3 y 5 de *Azospirillum* a una concentración de  $10^9$  UFC mL<sup>-1</sup> el cual obtuvo un promedio de 16.06 superando al testigo (aplicación de urea) con 14.50 cm.

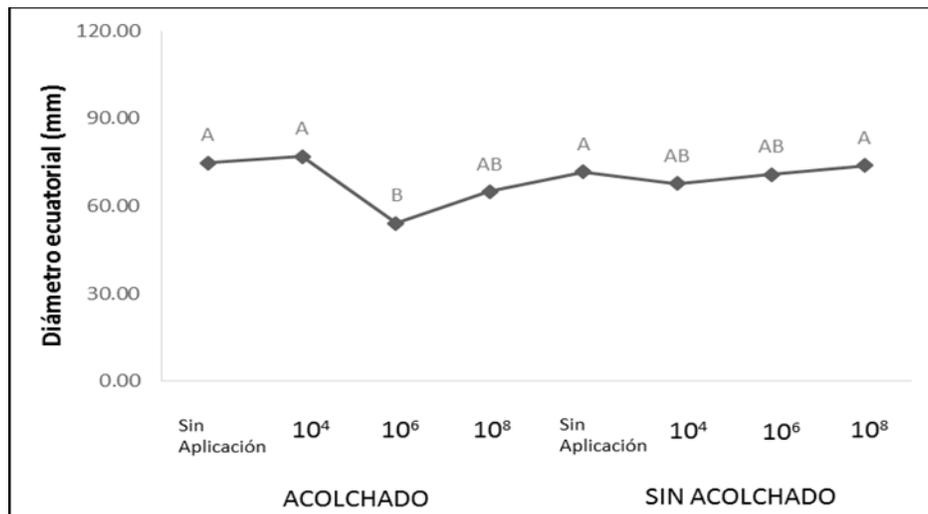
El resultado de acuerdo al factor ambiente coincide con (Orzolec, 2009) observo que las plantas crecidas en acolchado color rojo tuvieron mayor cantidad de diámetro en comparación con el color de acolchado negro, esto puede deberse a las altas temperaturas altos niveles de radiación de la luz reflejada de la superficie del acolchado.

Además se encontró que para esta variable existe correlación con las variables diámetro ecuatorial y antocianinas en ambiente acolchado y también se encontró correlación en las variables diámetro ecuatorial, número de la hojas y clorofila A en

ambiente sin acolchado, de acuerdo al análisis de correlación mostrado en la (tabla 2a).

#### 4.8 Diámetro ecuatorial

Los resultados arrojados por la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ), demuestran que si hubo diferencia significativa (Figura 8.), se puede afirmar que el tratamiento sin aplicación de *azospirillum* con 74.83 mm y *azospirillum* a la concentración  $10^4$  con 76.96 mm ambos tratamientos en ambiente acolchado y el tratamiento sin aplicación de *azospirillum* con 71.74 mm y *azospirillum*  $10^8$  con 73.81mm ambos en ambiente sin acolchado se obtiene mayor diámetro ecuatorial en comparación al tratamiento *azospirillum*  $10^6$  con 54.09 mm en ambiente acolchado que fue el de menor efecto, obteniéndose por lo tanto menor diámetro ecuatorial.



**Figura 8.** Diámetro ecuatorial (mm) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

De acuerdo a los resultados presentados por (Gómez & Martínez, 2011), concuerda que con el tratamiento *azospirillum*  $10^4$  se obtuvo mayor diámetro ecuatorial, esto puede deberse al material genético con el que se utilizó para este experimento.

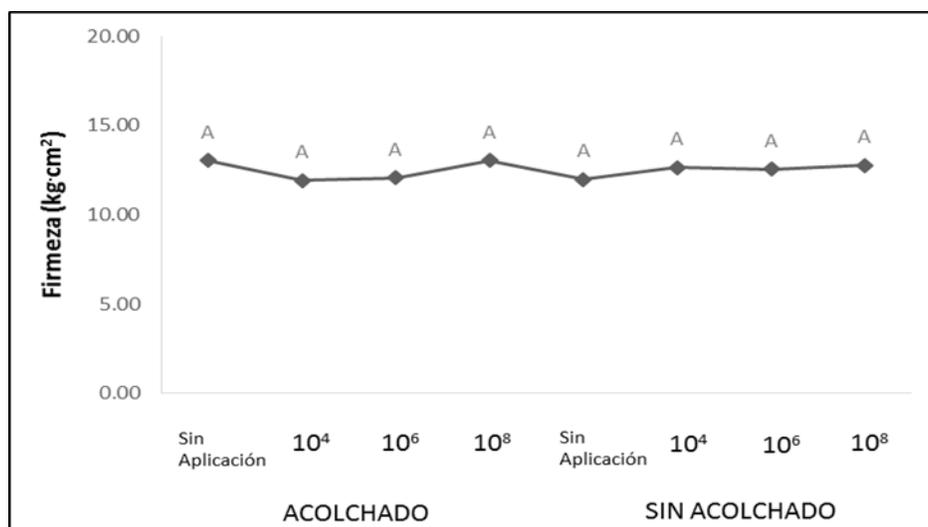
En ambos ambientes con y sin acolchado se encontraron buenos resultados, según (Pimentel, 2005) al utilizar acolchado plástico hay mayor solubilidad acelerando el ciclo del N y S creando una mayor fertilidad en el suelo que si se

tratase de un cultivo al aire libre, por eso es que se logró un buen resultado en sin acolchado, pero con una concentración de *azospirillum* más alta.

Además se encontró que para esta variable existe correlación con la variable clorofila A en ambiente sin acolchado, de acuerdo al análisis de correlación mostrado en la (tabla 2a).

#### 4.9 Firmeza

Los resultados arrojados por la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ), no existe diferencia significativa entre tratamientos (Figura 9.), la tendencia de estos tratamientos nos indica que el tratamiento sin aplicación con  $13.03 \text{ kg}\cdot\text{cm}^2$  y *azospirillum* a concentración de  $10^8$  con  $13.03 \text{ kg}\cdot\text{cm}^2$  fueron mayores ambos en ambiente acolchado en comparación a los demás tratamientos.



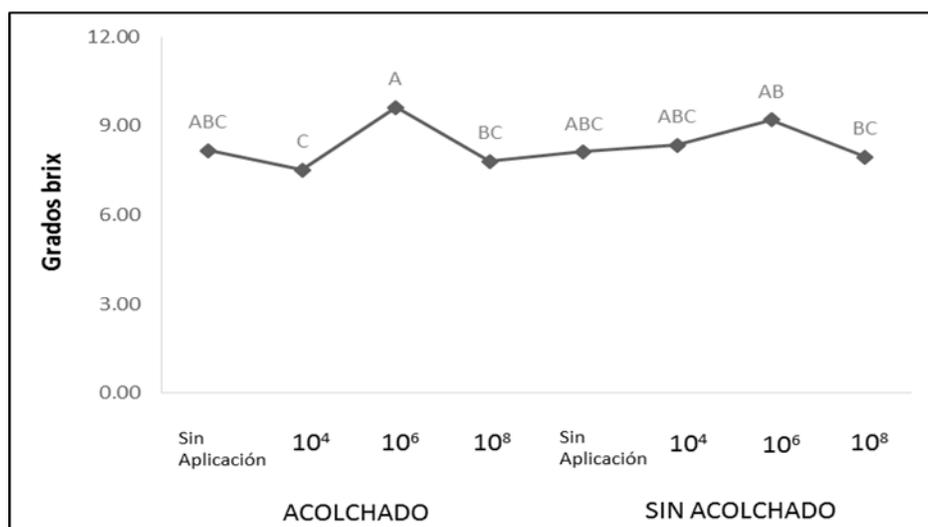
**Figura 9.** Firmeza ( $\text{kg}\cdot\text{cm}^2$ ) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

Esto significa que con la aplicación de *azospirillum* a cualquier concentración, es bueno, esto concuerda con Ibarra (2010), observó que las extracciones de potasio fueron mayores en colores de acolchado en relación a sin acolchar en chile jalapeño. Esto difiere con lo que reporta (Alarcón, 2013), donde los tratamientos con biofertilización presentaron incrementos superiores de firmeza en comparación al control (sin aplicación) en la productividad y calidad de tomate. La

firmeza está relacionada con el tiempo de duración en postcosecha de la cebolla, al tener su firmeza baja puede estar expuesto a un hospedero de plagas y enfermedades afectando así a este y otros cultivos (González *et al.*, 2012).

#### 4.10 Grados Brix

Los resultados arrojados por la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ), muestra diferencia significativa en los Sólidos Solubles Totales (Grados Brix) entre tratamientos (Figura 10.), siendo mejor el tratamiento *Azospirillum*  $10^6$  con ambiente acolchado con una media de 9.62, en comparación por el tratamiento *azospirillum*  $10^4$  con una media de 7.52 con acolchado.

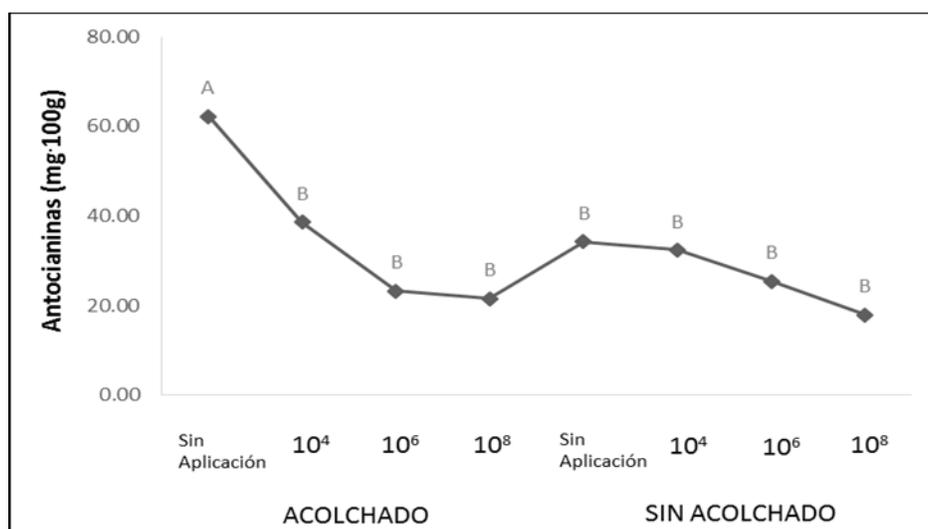


**Figura 10.** Grados brix de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

Los datos coinciden con lo reportado por (Rujano *et al.*, 2013) utilizando *Azospirillum* a concentración de  $10^9$  fue estadísticamente superior al testigo en cinco de nueve muestreos con 0.3° Brix en promedio en el cultivo de fresa. Esto concuerda con lo que realizó (González, 2014), encontró diferencia significativa en los sólidos solubles totales en el cultivo de cebolla al utilizar acolchado plástico, en comparación con el testigo. (Pozo *et al.*, 2005) reporta de 7 a 8 grados brix obtenidos de algunas variedades de cebolla.

#### 4.11 Antocianinas

En la (Figura 11.), muestra los resultados arrojados por la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ), demostrando que si hubo diferencia significativa, se puede afirmar que el tratamiento sin aplicación de *Azospirillum* con 62.21 (mg/100g) en ambiente acolchado se obtiene mayor cantidad de antocianinas en comparación con los demás tratamientos en ambos ambientes que se comportaron de la misma manera estadísticamente.



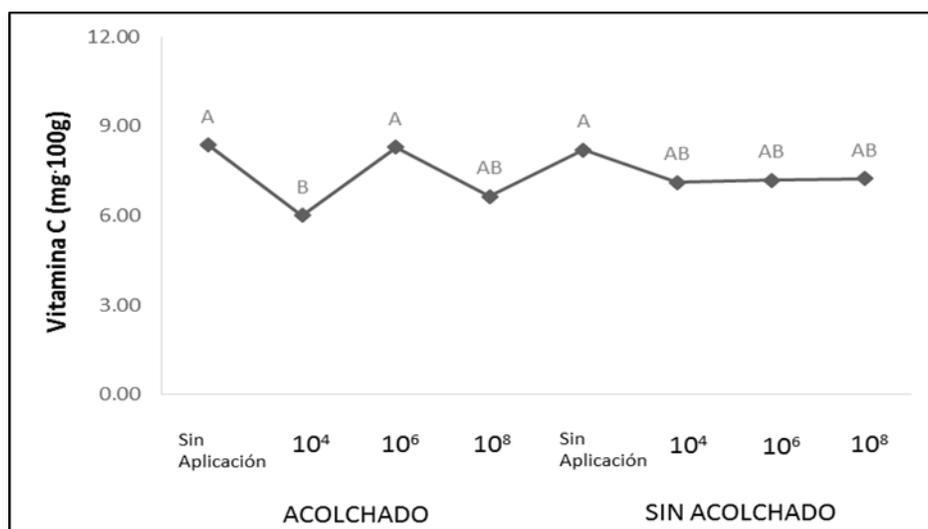
**Figura 11.** Antocianinas (mg/100g) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

Los contenidos de antocianinas aumentaron al no aplicar *azospirillum* en ambiente acolchado, esto pudo ocurrir posiblemente porque a menor fijación de nitrógeno en la planta, esto permite que el contenido de antocianinas vaya en aumento, esto se relaciona a lo reportado por (Del Amor & Porras, 2009), donde los contenidos de antocianinas aumentaron significativamente, bajo suministro de N limitado.

El contenido de antocianinas difiere al utilizar acolchado negro y sin acolchado, encontrando mejores resultados al colocar acolchados de color rojo y azul, por las longitudes de absorbanza que presentan (González, 2014).

#### 4.12 Vitamina C

Los resultados arrojados por la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ), muestran que hay diferencia significativa entre tratamientos en la cantidad de Vitamina C (Figura 12.), siendo mejores los tratamientos sin aplicación con 8.36 (mg·100g) y *azospirillum*  $10^6$  con 8.23 (mg·100g) ambos con acolchado y el tratamiento sin aplicación y sin acolchado, con efecto más bajo fue el tratamiento *azospirillum*  $10^4$  con una media de 6.01 (mg·100g).



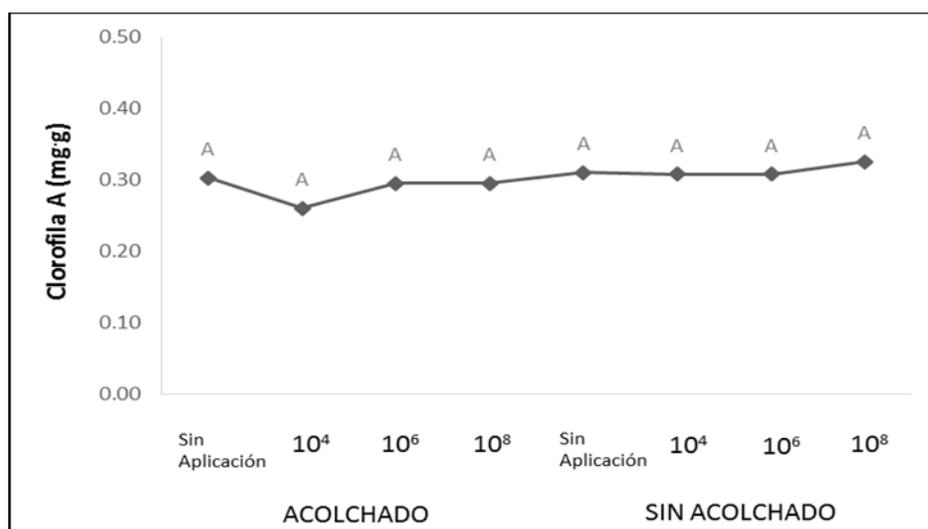
**Figura 12.** Vitamina C (mg·100g) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

La bacteria *azospirillum* aplicada en el suelo requiere de más microorganismos en asociación para poder interactuar y favorecer más el crecimiento y desarrollo de la planta para la formación de antioxidantes (Cruz, 2015), esto se relaciona a lo reportado por (López 2014), donde encontró que la Vitamina C incrementa su contenido en frutos de tomatillo al realizar la aplicación de *Azospirillum* sp. + *Rhizophagus intraradices*, asimismo, al aplicar ambos microorganismos se notó el incremento en la concentración de *Azospirillum* sp.

(García *et al.*, 2015), en sus resultados mostraron diferencias significativas en el análisis de características físico-químicas en cebolla roja, utilizando acolchado negro perforado.

### 4.13 Clorofila A

En la (Figura 13.), se presenta los resultados de esta variable, bajo los diferentes tratamientos evaluados. Los datos arrojados por la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ), para esta variable no presentó diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo, el tratamiento *azospirillum*  $10^8$  sin acolchado presenta mejor contenido de clorofila A con 0.325 (mg/g) en comparación del tratamiento más bajo que fue *azospirillum*  $10^4$  con acolchado.



**Figura 13.** Clorofila A (mg/g) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

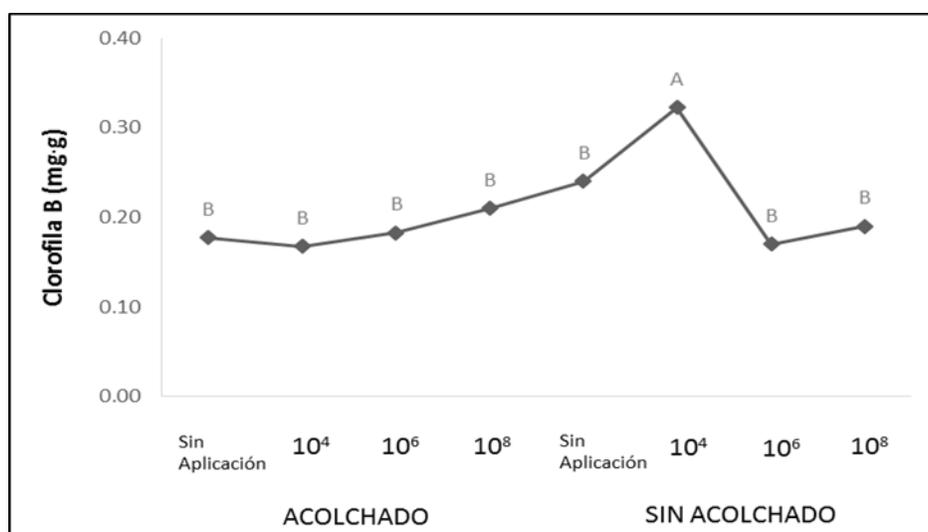
Los resultados se difieren con lo que reporta (Agamy *et al.*, 2012), quien encontró que al aplicar *azospirillum* en combinación con fertilización NPK aumenta significativamente el contenido de pigmentos foliares; clorofila A clorofila B, clorofila Total en plantas de trigo.

Esto se relaciona con lo realizado por (Gómez, 2014), donde no encontró diferencia significativa en la variable de clorofila al aplicar diferentes colores de acolchado en el cultivo de pimiento morrón, al relacionar el contenido de clorofila con la actividad fotosintética y la radiación reflejada, se puede observar que no hay efecto de una sobre la otra.

Además se encontró que para esta variable existe correlación con la variable clorofila total en ambiente acolchado, de acuerdo al análisis de correlación mostrado en la (tabla 2a).

#### 4.14 Clorofila B

Los resultados arrojados por la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ), muestra diferencia significativa entre tratamientos (Figura 14.), teniendo mayor aumento en el tratamiento *azospirillum*  $10^4$  sin acolchado presentando 0.323 (mg·g), en comparación con los demás tratamientos en ambos ambientes que se comportaron de la misma manera estadísticamente.



**Figura 14.** Clorofila B (mg·g) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

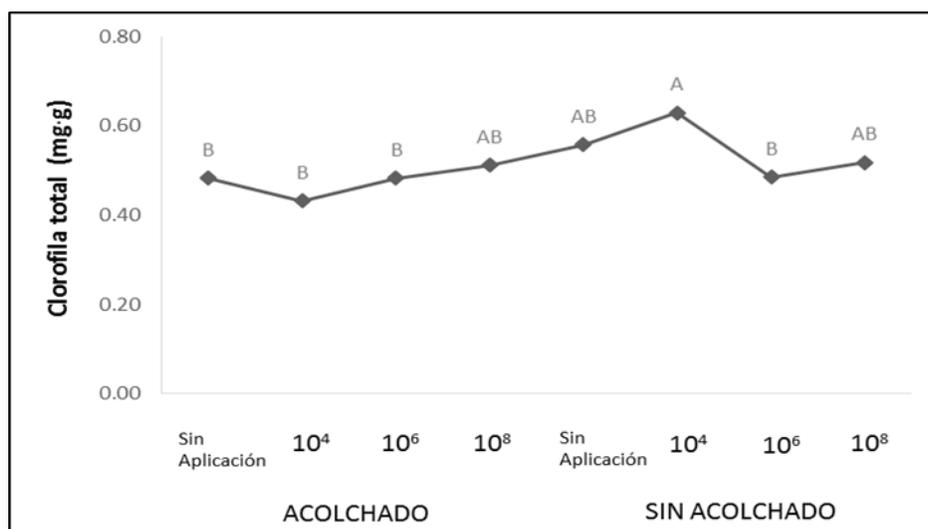
De acuerdo a los resultados obtenidos se puede saber que con la inoculación de *azospirillum* con una concentración menor y sin acolchado se logra mejor efecto, esta investigación es similar a la realizada por (Bashan *et al.*, 2006), al realizar la inoculación de *azospirillum* en plantas de trigo, aumentó significativamente la cantidad de varios pigmentos fotosintéticos como la Clorofila A y la clorofila B, observándose así plantas de trigo con apariencia más verde y sin aparentar algún estrés visible.

En este experimento el acolchado no presento mayor efecto coincidiendo con lo que reporta (Núñez *et al.*, 2012), donde el uso del acolchado no influyó en la calidad poscosecha albahaca (*Occimum basilicum* L.) producida con y sin acolchado.

Además se encontró que para esta variable existe correlación con la variable clorofila total en ambiente acolchado, de acuerdo al análisis de correlación mostrado en la (tabla 2a).

#### 4.15 Clorofila Total

Los resultados arrojados por la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ), muestra diferencia significativa entre tratamientos (Figura 14.), teniendo mayor aumento en el tratamiento *azospirillum*  $10^4$  sin acolchado con 0.630 (mg·g), en comparación con el tratamiento *azospirillum*  $10^4$  con acolchado presentando 0.433, siendo el de mas bajo efecto.



**Figura 15.** Clorofila Total (mg·g) de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

Los resultados presentados coinciden con lo reportado por Thamizhiniyan *et al.*, (2009), en su investigación realizó inoculaciones de *azospirillum* + hongos AM en plantas de la especie *Coleus aromaticus* y como resultado encontró que se

incrementaron los contenidos bioquímicos, Clorofila a, Clorofila b y Clorofila total en comparación con las plantas que no fueron inoculadas.

(Ramírez, 2011), encontró que las plantas desarrolladas sin acolchado presentaron los más altos contenidos de clorofila ya que siempre presentaron un menor desarrollo comparado con las crecidas en los acolchados.

## CONCLUSIÓN

La adición de *Azospirillum* sp a una concentración de  $10^4$  UFC en el cultivo de la cebolla, cultivada sin acolchado, afecta de manera positiva la producción comercial y el contenido de clorofilas en suelo sin acolchado, en tanto que la productividad del cultivo, la firmeza de bulbos y el contenido de antocianinas muestran un incremento con una concentración de  $10^8$  UFC en condiciones de acolchado plástico

## LITERATURA CITADA

- Agamy, R. A., Mohamed, G. F., & Rady, M. M. (2012). Influence of the application of fertilizer type on growth, yield, anatomical structure and some chemical components of wheat (*Triticum aestivum* L.) grown in newly reclaimed soil. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6(3), 561-570.
- Aguilar, G. F. J. (2010). Efecto de *azospirillum* sp. Utilizado como biofertilizante en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.). UAAAN.
- Aguado, S. G. A. (2012). Introducción al uso y manejo de fertilizantes en agricultura. CIRCE-INIFAP. Celaya, Guanajuato, México. Pp. 295.
- Alarcón, A., & Cerrato, R. F. (2012). Biofertilizantes: importancia y utilización en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 26(2), 191-203.
- Alarcón, Z. A. (2013). Calidad poscosecha del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en sistemas ecológicos de fertilización. Editorial Universitaria.
- Alcocer, H. F. B. (2014). Influencia de *Azospirillum* sp Y *Rhizophagus intraradices* Sobre los Caracteres Morfológicos y Bioquímicos del Tomate (*Solanum lycopersicum* L.). UAAAN.
- Alemán, M. V. (2006). Efecto de los niveles de composta y hongo micorrízico arbuscular en el desarrollo y crecimiento de frijol *Phaseolus vulgaris* L. Tesis de Maestría. Universidad de Colima, Colima. México.
- Aljaro, U. A., Monardes, M. H., Urbina, Z. C., Martin, B. A., & Muñoz, R. E. (2009). Manual del Cultivo del Ajo (*Allium sativum* L.) y Cebolla (*Allium cepa* L.). Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile.
- Alvarado, V. P., & Castillo, G. H. (1999). Acolchado de suelo mediante filmes de polietileno. *Revista El Agroecológico de la fundación de Chile* Ejemplar del mes de Mayo.
- Astrid, G. (2008). Anthocyanins as natural colorants and bioactive compounds. *Acta biológica Colombiana*, 13(3), 27-36.

- Bashan, Y., Bustillos, J. J., Leyva, L. A., Hernandez, J. P., & Bacilio, M. (2006). Increase in auxiliary photoprotective photosynthetic pigments in wheat seedlings induced by *Azospirillum brasilense*. *Biology and Fertility of Soils*, 42(4), 279-285.
- Bashan, Y., Holguin, G., & De-Bashan, L. E. (2004). *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). *Canadian journal of microbiology*, 50(8), 521-577.
- Bashan Y, Holguin G (1997). *Azospirillum*-plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). *Can. J. Microbiol.* 43: 103-121.
- Beijerinck, M. W. (1925). Über ein *Spirillum*, welches freien Stickstoff binden kann *Zentralbl. Bakteriol. Parasitenkd. Infektionskr. Abt. 2*, 63: 353-359.
- Benavides, G. D., & Hermida, A. (2008). Aislamiento e identificación de flora bacteriana nativa del suelo de los páramos Cruz Verde y Guasca (Cundinamarca). Tesis de licenciatura de la pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ciencias. Carrera de Microbiología Industrial. Bogotá D.C., 118.
- Bloemberg, G. V. and Lugtenberg, B.J. (2001). Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by rhizobacteria. *Curr. Opin. Plant Biol.* 4:343-350.
- Casaca, A. D. (2005). Guías Tecnológicas de Frutas y Vegetales. Secretario de Agricultura y Ganadería (SAG). Pp 3.
- Castañeda, M. C., Gómez-González, G., Tapia-Campos, E., Maciel, O. N., Pérez, J. S. B., & Silva, M. L. R. (2013). Efecto de *Azospirillum brasilense* y fertilización química sobre el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad de fruto de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch). *Interciencia*, 38(10), 737.
- Castañeda S. A. y Guerrero B. J. A. (2015). Pigmentos en frutas y hortalizas rojas: antocianinas. *Temas selectos de ingeniería de alimentos* 9 (2015): 25-33.

- Castillejo, A. L. E. (2013). Aplicación de *Azospirillum* y su efecto en la Calidad y Rendimiento de fresa (*Fragaria x ananassa*) Var. Albión cultivada en invernadero (Doctoral dissertation).
- Collados, C. M. (2006). Impacto de inoculantes basados en *Azospirillum* modificado genéticamente sobre la diversidad y actividad de los hongos de la micorriza arbuscular en rizósfera de trigo y maíz. Tesis doctoral. Universidad de Granada, Facultad de Ciencias, Departamento de Mí, 7-11.
- Cracogna, M. F., Fogar, M. N., Iglesias, M. C., & Diaz, I. (2008). Uso de lombricomposto e inoculante con *Azospirillum* sp, en el cultivo del repollo (*Brassica oleracea*) (IV). In XXI Argentine Congress of Soil Science (pp. 13-16).
- Cruz, V. J. G. (2015). Efecto de la aplicación de cuatro biofertilizantes a base de *Azospirillum brasilense* sobre el rendimiento de grano en el cultivo de maíz, en la zona de Babahoyo. Tesis de Grado. Universidad Técnica De Babahoyo.
- Daymy, P. A., Regina, L. G., Ferro, L. A. (1999). Capacidad antioxidante y potencial de sinergismo entre los principales constituyentes antioxidantes de algunos alimentos. Revista Cubana de Alimentación y Nutrición. 13(2): p. 104-111.
- De Chihuahua-SAGARPA, G. D. E. (2011). Plan Rector del sistema Producto Cebolla Chihuahua. 68 pp.
- Del Amor, F. M., & Porras, I. (2009). Effects of plant-growth-promoting bacteria on growth and yield of pepper under limited nitrogen supply. Canadian Journal of Plant Science, 89(2), 349-358.
- Díaz, G. C., & Santos, C. B. (2012). El acolchado plástico. Información técnica. AgroCabildo. Pp. 4

- Díaz, Z. M., Baliña, R. M., Fernández, C. M. V., & Peticari, A. (2006). Rendimiento de cultivos de trigo en la región pampeana inoculados con *Azospirillum brasilense*. INPOFOS Informaciones agronómicas, 29, 17-19.
- Dilruba, S., Alam M. M., Rahman M. A., Hasan M. F. (2006). Influence of nitrogen and potassium on yield contributing bulb traits of onion. International Journal of Agricultural Research. 1: 85-90.
- Espinosa, M. C. J. (2015). Respuesta del maíz a la incorporación de composta (*Tillandsia recurvada*) al suelo bajo acolchado plástico y riego por goteo. UAAAN.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2013). Estimación de la producción mundial de cebolla. FAOSFAT. (en línea) consultado 14 enero 2016. Disponible en: <http://faosfat3.fao.org/faosfat-gateway/go/to/home/E>
- Fennema, O. R. (2000). Química de alimentos, Ed. Acribia, S.A. 2ª ed., Zaragoza, España. pp.1055.
- Ferreres, F., Gil, M. I., & Tomas, B. F. A. (1996). Anthocyanins and flavonoids from shredded red onion and changes during storage in perforated films. Food Research International, 29(3), 389-395.
- Gadea, S. E. O. (2002). El cultivo de cebolla (*Allium cepa*), en el Estado de Morelos. UAAAN.
- García, A. J. (1996). Manual de acolchados: segunda parte. Productores de Hortalizas. Pp. 24-25.
- García, M. E., Gutiérrez, M., Caramés, E., Gutiérrez, S., Castrillo, B., & Bermúdez, D. (2015). Caracterización, evaluación agronómica y calidad de conservación de dos cultivares tradicionales de cebolla de Cantabria.
- Gento, A. D., & Oltra, J. R. (1998). Comparación de tres tipos de acolchados para hortalizas ecológicas. Una alternativa para el mundo rural del tercer milenio, 279.

- Gómez, D. I. (2014). Cambios en la morfología de plántulas de Tomate Saladette con la Aplicación de Selenio y *Azospirillum*. UAAAN.
- Gómez, C. S. & Martínez, C. M. V. (2011). Efecto de un biofertilizante bacteriano (*Azospirillum* sp.) en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Cv." Rio grande" en la Comarca Lagunera.
- Gómez, H. G. (2014). Efecto del acolchado plástico de varios colores sobre algunos aspectos fisiológicos en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) Var. Capistrano. UAAAN.
- González, A. D. (2014). Efecto del Color del Acolchado Plástico en Parámetros de Calidad y Área Foliar en Cebolla Roja. UAAAN.
- González, A., Cáez, G., Moreno, F., Rodríguez, N., & Sotelo, I. (2012). Análisis combinado acústico-mecánico durante el almacenamiento de cebolla (*Allium fistulosum*) mínimamente procesada. *Scientia Agropecuaria*, 3(2), 117-122.
- Ghanti, S., & Sharangi, A. B. (2009). Effect of bio-fertilizers on growth, yield and quality of onion cv. sukhsagar. *Journal of Crop and Weed*, 5(1), 120-123.
- Grageda, C. O. A., Díaz, F. A., Peña, C. J. J., & Vera, N. J. A. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(6), 1261-1274.
- Hernández, D. D., Diaz, L. C., Barboza, M. D. R., Fregoso, I. R. E., López, C. Y. M., Soto, M. T. E. G., & Logístico, A. (2015). XVIII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas.
- Heulin, T. M., Rahman, A. M., Omar, Z. R., Rafidison, J. C. P. (1989). Experimental and mathematical procedures for comparing N<sub>2</sub>-fixing efficiencies of rhizosphere diazotrophs. *J. Microbiol. Meth.* 9:163-173.
- Ibarra, J. L., Flores V. J., Quezada M. R. (2001). Desarrollo y rendimiento de melón (*Cucumis melo* L.) con relación al tiempo de permanencia de la cubierta flotante. *Rev. Chapingo Serie Horticultura* 7(1): 95-109.

- Ibarra, J. L & Rodríguez P. A. (1991). Acolchado de Suelos con Películas Plásticas. Editorial Limusa, México.
- Jamir, S., Singh, V. B., Kanaujia, S. P., & Singh, A. K. (2013). Effect of integrated nutrient management on growth, yield and quality of onion (*Allium cepa* L.). *Progressive Horticulture*, 45(2), 373-380.
- Kapanen, A., Schettini, E., Vox, G., Itavaara, M. (2008). Performance and environmental impact of biodegradable films in agriculture: a field study on protected cultivation. *Journal of Polymers and the Environment*, 16: 109-122.
- Kasirajan, S. & Ngouajio, M. 2012. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: Review article. *Agron. Sustain. Dev.* 32: 501-529.
- Kwon, O., Eck, P., Chen, S., Corpe, C., Lee, J. H., Kruhlak, M. (2007). Inhibition of the intestinal glucose transporter GLUT2 by flavonoides. *FASEB J*21; 366-377.
- Lara, M. C., Álvarez, S. A., Oviedo, Z. L. E. (2013). Impacto de inoculación con la bacteria NATIVA *Azospirillum* sobre *Oryza sativa* L. en Córdoba-Colombia. *Rev.Bio.Agro.* vol.11, n.2, pp. 37-45.
- Leyva, A., Hernández, A., Terry, A. E. (2005). Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). *Revista Colombiana de Biotecnología* [en línea], VII (diciembre): Pp 47-54. [Fecha de consulta: 31 de marzo de 2016] Disponible en:<<http://redalyc.org/articulo.oa?id=77670207>> ISSN 0123-3475.
- López, P. M. C. (2014). Influencia de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares y *Azospirillum* sp en el crecimiento, rendimiento y contenido nutricional de tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.).
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., Jiménez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79, 727-747.

- Marroquín, P. R. (2014). Análisis de calidad de cebolla (*Allium cepa*) var. Cristal White Cultivada con Diferentes Colores de Acolchado Plástico. UAAAN.
- Mata, V. H., Patishtán, P., Vázquez, G. E., Ramírez, M. M. (2011). Fertirrigación del cultivo de cebolla con riego por goteo en el sur de Tamaulipas. Instituto Nacional de Investigadores Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo Experimental Las Huastecas. Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas. México. 158p.
- Medina, J. (2008). Cebolla: guía técnica. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). Santo Domingo, DO. 64p.
- Navarro, G. M. (2012). Efecto de una correcta nutrición en la calidad final de la cebolla. Memoria 3er Conferencia de cebollas. Irapuato, Gto., México. s/p.
- Nuncio, O. G. L. (2014). Aislamiento y Caracterización de *Azospirillum* sp Inoculado en el Cultivo de Chile Jalapeño (*Capsicum annum* L. Híbrido “Grande”) UAAAN.
- Núñez, L. V., Martínez, D. M., & Colinas, L. M. (2012). Fisiología poscosecha de albahaca (*Occimum basilicum* L.) con y sin acolchado. Revista Chapingo. Serie horticultura, 18(3), 307-315.
- Ostaiza, V., & Rosana, V. (2016). Evaluación de la eficacia de tres dosis de fertilizante químico en el rendimiento de cuatro cultivares de cebolla colorada (*Allium cepa* L.).
- Osuna, C. F. J. y Ramírez, R. S. (2013). Manual para cultivar cebolla con fertiriego y riego por gravedad en el estado de Morelos. Libro técnico N° 12. Campo experimental Zacatecas- INIFAP, Zacatepec, Morelos, México. 155 p.
- Pajarito, R. A. (2012). Uso de Biofertilizantes en la Producción de Frijol en el Estado de Durango. Libro Técnico No. 6. Campo Experimental Valle del Guadiana. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP. México.

- Pérez, G. M. R., García, F. M. S. and Simal, G. J. (2011). Flavonoids changes in fresh-cut onions during storage in different packaging systems. *Food Chemistry*, 124, 652–658.
- Pimentel, G. R. (2014). Evaluación de seis genotipos de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en tres diferentes colores de acolchado, blanco, negro y plata.
- Ramírez, R. J. A. (2015). Acolchados fotoselectivos en el crecimiento y rendimiento\ de melón (*Cucumis melo* L.) y sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.). UAAAN.
- Resende, J. T. V., Pires, D. B., Camargo, L. K. P., Marchese, A. (2007). Desempenho produtivo de cultivares de cebola em Guarapuava, Paraná. *Ambiência Guarapuava*, 3:193-199.
- Rodríguez, S. J., Suárez, R., Caballero, M. J., & Iturriaga, G. (2009). Trehalose accumulation in *Azospirillum brasilense* improves drought tolerance and biomass in maize plants. *FEMS Microbiology Letters*, 296(1), 52-59.
- Rujano, S. M. L., Castañeda, S. M. C., Gómez, G. G., Barajas, P. J. S., Núñez, M. O., Tapia, C. E. (2013). Efecto de *Azospirillum brasilense* y fertilización química sobre el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad de fruto de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) *Interciencia* [en línea] 2013, [Fecha de consulta: 31 de marzo de 2016] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33929482008>> ISSN 0378-1844.
- Santos, B., Obregón, H., & Salamé, T. (2010). Producción de hortalizas en ambientes protegidos: estructuras para la agricultura protegida. *Tecolostote-nicaragua: departamento de horticultural sciences, UF/IFAS Extensión*. Obtenido de <http://agronomicatecnoparque.blogspot.com/2010/04/tomate-sembrarcielo-abierto-o-en.html>.
- Shrestha, H. (2007). A plant monograph on onion (*Allium cepa* L), pokhora University. The school of phaceutical and biomedical sciences, Nepal. Pp 90.

- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2013). Bases de Datos SAGARPA-SIAP. México, D.F
- Tarrand, J. J. K., and Döbereiner, J. (1978). A taxonomic study of *Spirillum lipoferum* group, with descriptions of a new genus, *Azospirillum* gen. Nov. and 7 two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerincki) comb. Nov. and *Azospirillum brasilense* sp. nov. Canadian Journal of Microbiology.24: 967-980.
- Thamizhiniyan, P., Panneerselvam, M., & Lenin, M. (2009). Studies on the growth and biochemical activity of *Coleus aromaticus* Benth. as influenced by AM fungi and *Azospirillum*. Recent Research in Science and Technology, 1(6).
- Vásquez, S. E. (2012). Producción orgánica de pepino (*Cucumis sativus* L.) con biofertilizantes y acolchado plástico en condiciones de casombra. UAAAN.
- Vega, G. A. M. (2015). Efecto en la Absorción de Minerales N, P, K, en Chile Jalapeño (*Capsicum annuum* L.) Inoculado con (*Azospirillum* sp) en Invernadero. UAAAN.
- Velázquez, S. R. R. (2011). Efecto de la aplicación de la bacteria azospirillum sp en rendimiento y calidad de fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum* mill) hibrido" Río Supremo", a cielo abierto en la Comarca Lagunera. UAAAN.
- Wattembarger, D. C. L. (2010). El cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L), en el Estado de Coahuila. UAAAN.
- Zavaleta, M. E. (1999). Alternativas de manejo de las enfermedades de las plantas. Terra, 17(3), 201-207.
- Zvietcovich, G. (2004). Los inoculantes Fertilizantes Biológicos Nitrogenados para cultivo de leguminosas, gramíneas, raíces y tubérculos, hortalizas y frutales. Ediciones Monserrath. Pp 20-24.

## VII. APÉNDICE

**Tabla 1a.-** Formula de Fertilización Aplicada

<b>Nutriente</b>	<b>Fertilizantes</b>	<b>(g) o (ml) por aplicación</b>
Nitrógeno	Urea	1.6 g
Fósforo	MAP	0.5 g
Potasio	Nitrato de Potasio + Sulfato de Potasio	2.4 + 2.4 g
Calcio	Calitech	6.6 g
Magnesio	Nitrato de Magnesio	1.68 g
Azufre	Sulfato de Potasio	2.4 g
Fierro	Quelato de Fe Tradecorp fierro	1.5 ml
Cobre	Quelato de Cu Tradecorp Cobre	1 ml
Zinc	Quelato de Zn Aton Zn (zinc)	1.5 ml
Manganeso	Quelato de Mn Tradecorp Manganeso	0.3 g
Molibdeno	Quelato de Mo	1.0 ml
Boro	Boro Tradecorp Bor	0.3 ml

**Tabla 2a.-** Análisis de correlación entre las variables evaluadas.

AMBIENTE 1 ACOLCHADO															
Tratamiento	P. Raíz	P. Bulbo	P. Hoja	L. Raíz	L. Hoja	D. Polar	D. Ecuatorial	N. de Hojas	Firmeza	Brix	Antocianinas	Vit C	Clorofila A	Clorofila B	Clorofila Total
1	3.02	186.57	99.11	10.13	49.63	62.34	74.83	11.50	13.03	8.18	62.21	8.36	0.30	0.18	0.48
2	2.91	197.20	84.42	8.50	52.38	60.19	76.95	9.75	11.91	7.53	38.64	6.01	0.26	0.17	0.43
3	1.88	114.99	76.66	8.38	47.30	51.63	54.09	9.25	12.07	9.63	23.22	8.30	0.30	0.18	0.48
4	1.98	125.53	98.09	9.35	52.88	53.70	64.90	10.75	13.03	7.80	21.58	6.64	0.30	0.21	0.51
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN															
	0.98	0.26	0.91	0.14	0.27	0.93	0.52	0.91	-0.26	-0.28	0.32	0.79	0.52	0.89	
	0.32	0.28	0.51	0.53	0.59	0.57	0.15	-0.47	0.30	0.76	0.11	-0.07	0.85		
	0.41	0.34	0.45	0.43	0.30	0.17	-0.84	0.65	0.25	0.48	-0.55	0.38			
	0.23	0.96	0.50	0.99	0.23	-0.60	0.72	0.18	0.72	-0.03	-0.30				
	0.99	0.95	0.96	0.91	-0.93	0.92	-0.43	0.50	0.63	0.25					
	0.92	0.34	0.92	-0.33	-0.08	-0.09	-0.45	0.26	0.76						
	0.45	-0.08	-0.61	0.67	-0.88	-0.25	-0.44	0.41							
	0.03	-0.64	0.45	0.34	-0.48	-0.59	-0.52								
	-0.56	0.79	-0.04	0.61	0.29	-0.51									
	0.89	-0.28	0.40	0.24	-0.08										
	-0.11	-0.51	0.44	0.46											
	-0.35	-0.71	0.47												
	-0.69	-0.71													
	-0.62														
AMBIENTE 2 SIN ACOLCHADO															
Tratamiento	P. Raíz	P. Bulbo	P. Hoja	L. Raíz	L. Hoja	D. Polar	D. Ecuatorial	N. de Hojas	Firmeza	Brix	Antocianinas	Vit C	Clorofila A	Clorofila B	Clorofila Total
1	4.80	157.48	67.37	10.88	50.00	53.55	71.74	9.50	11.98	8.13	34.28	8.21	0.31	0.24	0.56
2	3.24	133.40	61.80	10.88	46.63	52.18	67.69	9.00	12.65	8.35	32.37	7.12	0.31	0.32	0.63
3	3.80	146.37	61.26	10.50	47.50	56.05	70.74	8.75	12.56	9.20	25.37	7.20	0.31	0.17	0.49
4	4.12	175.33	77.79	11.63	50.10	59.50	73.81	9750.00	12.77	7.95	17.88	7.25	0.33	0.19	0.52
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN															
	0.65	0.94	0.94	0.62	0.54	0.84	0.74	0.53	0.10	0.04	0.52	-0.11	-0.40	1.00	
	0.45	0.76	0.82	0.63	0.90	0.87	-0.05	-0.55	-0.70	-0.36	-0.80	0.00	-0.32		
	0.18	0.91	0.76	0.61	0.58	0.48	-0.36	-0.86	-0.95	-0.62	0.68	0.03			
	0.88	0.83	0.84	0.93	-0.37	-0.12	-0.66	-0.25	0.41	-0.33	0.64				
	0.22	0.98	0.93	0.37	-0.63	-0.96	0.30	0.99	-0.08	-0.42					
	0.71	0.83	0.20	-0.82	-0.31	-0.27	0.80	-0.40	-0.07						
	0.14	0.02	-0.73	-0.61	0.63	0.85	-0.76	-0.32							
	-0.74	-0.53	-0.67	-0.07	0.69	-0.79	-0.70								
	-0.36	-0.67	0.11	0.94	-0.45	-0.74									
	0.06	0.26	0.97	-0.08	-0.38										
	0.88	0.89	-0.36	0.01											
	0.26	-0.63	-0.27												
	-0.42	-0.55													
	-0.38														

**Tabla 3a.-** Peso de la raíz de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	7	28.42473750	4.06067679	1.38	0.2631
Repeticiones	3	3.40943750	1.13647917	0.39	0.7632
Error	21	61.59111250	2.93291012		
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>93.42528750</b>			

M = 3.2185                      C.V= 53.21652

**Tabla 4a.-** Peso del bulbo de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	7	24825.17237	3546.45320	0.99	0.4656
Repeticiones	3	4933.99801	1644.66600	0.46	0.7141
Error	21	75306.8902	3586.0424		
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>105066.0605</b>			

M = 154.60875                      C.V= 38.73257

**Tabla 5a.-** Peso de la hoja de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	7	6189.022400	884.146057	0.78	0.6078
Repeticiones	3	2746.81407	915.604692	0.81	0.5013
Error	21	23668.29588	1127.06171		
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>32604.13235</b>			

---

M = 78.3125

C.V= 42.86963

**Tabla 6a.-** Longitud de la raíz de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	7	38.97718750	5.56816964	0.86	0.5542
Repeticiones	3	45.62843750	15.20947917	2.34	0.1022
Error	21	136.2990625	6.4904315		
Total	31	220.9046875			

M = 10.028125

C.V= 25.40487

**Tabla 7a.-** Longitud de la hoja de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	7	149.4700000	21.3528571	0.43	0.8696
Repeticiones	3	193.0400000	64.3466667	1.31	0.2979
Error	21	1032.510000	49.167143		
Total	31	1375.020000			

M = 49.55

C.V= 14.15122

**Tabla 8a.-** Número de hojas de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	7	23.71875000	3.38839286	0.66	0.7044
Repeticiones	3	7.59375000	2.53125000	0.49	0.6920

Error 21 108.1562500 5.1502976

Total	31	139.4687500			
-------	----	-------------	--	--	--

M = 9.78125 C.V= 23.20181

**Tabla 9a.-** Diámetro polar de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	7	459.7143469	65.6734781	0.66	0.7063
Repeticiones	3	84.5355844	28.1785281	0.28	0.8384
Error	21	2104.377291	100.208442		

Total	31	2648.627222			
-------	----	-------------	--	--	--

M = 56.141625 C.V= 17.83067

**Tabla 10a.-** Diámetro ecuatorial de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	7	1483.248350	211.892621	1.25	0.3206
Repeticiones	3	336.272475	112.090825	0.66	0.5847
Error	21	3556.782575	169.370599		

Total	31	5376.303400			
-------	----	-------------	--	--	--

M = 69.342875 C.V= 18.76807

**Tabla 11a.-** Firmeza de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	7	5.84273750	0.83467679	0.63	0.7236
Repeticiones	3	1.72686250	0.57562083	0.44	0.7292
Error	21	27.69188750	1.31866131		

Total	31	35.26148750			
-------	----	-------------	--	--	--

M = 12.498125      C.V= 9.188017

**Tabla 12a.-** Grados Brix de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	7	14.28875000	2.04125000	1.54	0.2067
Repeticiones	3	2.12375000	0.70791667	0.54	0.6628
Error	21	27.74625000	1.32125000		

Total	31	44.15875000			
-------	----	-------------	--	--	--

M = 8.34375      C.V= 13.77626

**Tabla 13a.-** Antocianinas de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	7	5564.339838	794.905691	3.26	0.0166
Repeticiones	3	91.753213	30.584404	0.13	0.9439
Error	21	5114.52394	243.54876		

Total	31	10770.61699			
-------	----	-------------	--	--	--

M = 31.94375      C.V= 48.86147

**Tabla 14a.-** Vitamina C de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	7	20.05449688	2.86492813	1.56	0.2014
Repeticiones	3	21.67258437	7.22419479	3.94	0.0225
Error	21	38.52109063	1.83433765		

Total	31	80.24817188			
-------	----	-------------	--	--	--

M = 7.3859375      C.V= 18.33724

**Tabla 15a.-** Clorofila A de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	7	0.00997188	0.00142455	0.30	0.9457
Repeticiones	3	0.02145938	0.00715313	1.51	0.2410
Error	21	0.09946562	0.00473646		
Total	31	0.13089688			

M = 0.3003125      C.V= 22.91677

**Tabla 16a.-** Clorofila B de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	7	0.07650000	0.01092857	2.45	0.0527
Repeticiones	3	0.00987500	0.00329167	0.74	0.5410
Error	21	0.09362500	0.00445833		
Total	31	0.18000000			

M = 0.2075      C.V= 32.17868

**Tabla 17a.-** Clorofila Total de la cebolla cultivada a diferentes concentraciones de *azospirillum* sp en función de acolchado plástico.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	7	0.09925000	0.01417857	1.56	0.2024
Repeticiones	3	0.04792500	0.01597500	1.76	0.1864
Error	21	0.19102500	0.00909643		
Total	31	0.33820000			

M = 0.5125      C.V= 18.60979

**Tabla 18a.-** Comparación de medias de la prueba Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable Peso de la raíz.

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupamiento Duncan</b>
1	3.018	AB
2	2.908	AB
3	1.883	B
4	1.978	B
5	4.795	A
6	3.240	AB
7	3.803	AB
8	4.123	AB

**Tabla 19a.-** Comparación de medias de la prueba Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable Peso del bulbo.

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupamiento Duncan</b>
1	186.57	A
2	197.20	A
3	114.99	A
4	125.53	A
5	157.48	A
6	133.40	A
7	146.37	A
8	175.33	A

**Tabla 20a.-** Comparación de medias de la prueba Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable Peso de la hoja.

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupamiento Duncan</b>
--------------------	--------------	----------------------------

1	99.11	A
2	84.42	A
3	76.66	A
4	98.09	A
5	67.37	A
6	61.80	A
7	61.26	A
8	77.79	A

**Tabla 21a.-** Comparación de medias de la prueba Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable Longitud de la raíz.

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupamiento Duncan</b>
1	10.125	A
2	8.500	A
3	8.375	A
4	9.350	A
5	10.875	A
6	10.875	A
7	10.500	A
8	11.625	A

**Tabla 22a.-** Comparación de medias de la prueba Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable Longitud de la hoja.

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupamiento Duncan</b>
1	49.625	A
2	52.375	A
3	47.300	A
4	52.875	A

5	50.000	A
6	46.625	A
7	47.500	A
8	50.100	A

**Tabla 23a.-** Comparación de medias de la prueba Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable Número de hojas.

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupamiento Duncan</b>
1	11.500	A
2	9.750	A
3	9.250	A
4	10.750	A
5	9.500	A
6	9.000	A
7	8.750	A
8	9.750	A

**Tabla 24a.-** Comparación de medias de la prueba Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable Diámetro polar.

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupamiento Duncan</b>
1	62.340	A
2	60.193	A
3	51.625	A
4	53.700	A
5	53.550	A
6	52.175	A
7	56.050	A
8	59.500	A

**Tabla 25a.-** Comparación de medias de la prueba Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable Diámetro ecuatorial.

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupamiento Duncan</b>
1	74.828	A
2	76.950	A
3	54.088	B
4	64.900	AB
5	71.738	A
6	67.688	AB
7	70.738	AB
8	73.813	A

**Tabla 26a.-** Comparación de medias de la prueba Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable Firmeza.

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupamiento Duncan</b>
1	13.0300	A
2	11.9125	A
3	12.0675	A
4	13.0275	A
5	11.9775	A
6	12.6475	A
7	12.5550	A
8	12.7675	A

**Tabla 27a.-** Comparación de medias de la prueba Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable Grados Brix.

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupamiento Duncan</b>
1	8.1750	ABC
2	7.5250	C
3	9.6250	A
4	7.8000	BC
5	8.1250	ABC
6	8.3500	ABC
7	9.2000	AB
8	7.9500	BC

**Tabla 28a.-** Comparación de medias de la prueba Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable Antocianinas.

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupamiento Duncan</b>
1	62.21	A
2	38.64	B
3	23.22	B
4	21.58	B
5	34.28	B
6	32.37	B
7	25.37	B
8	17.88	B

**Tabla 29a.-** Comparación de medias de la prueba Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable Vitamina C.

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupamiento Duncan</b>
1	8.3625	A
2	6.0125	B

3	8.2950	A
4	6.6425	AB
5	8.2050	A
6	7.1225	AB
7	7.1950	AB
8	7.2525	AB

**Tabla 30a.-** Comparación de medias de la prueba Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable Clorofila A.

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupamiento Duncan</b>
1	0.30250	A
2	0.26000	A
3	0.29500	A
4	0.29500	A
5	0.31000	A
6	0.30750	A
7	0.30750	A
8	0.32500	A

**Tabla 31a.-** Comparación de medias de la prueba Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable Clorofila B.

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupamiento Duncan</b>
1	0.17750	B
2	0.16750	B
3	0.18250	B
4	0.21000	B
5	0.24000	B

6	0.32250	A
7	0.17000	B
8	0.19000	B

**Tabla 32a.-** Comparación de medias de la prueba Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable Clorofila Total.

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupamiento Duncan</b>
1	0.48250	B
2	0.43250	B
3	0.48250	B
4	0.51250	AB
5	0.55750	AB
6	0.63000	A
7	0.48500	B
8	0.51750	AB