

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



EFFECTO DE LA INOCULACIÓN DE RIZOBACTERIAS NATIVAS SOBRE LA
CALIDAD NUTRACÉUTICA DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.)

Tesis

Que presenta NALLELY BRISEIDA LUVIANO HERNÁNDEZ
como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila

Junio 2021

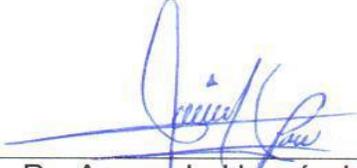
EFFECTO DE LA INOCULACIÓN DE RIZOBACTERIAS NATIVAS SOBRE LA
CALIDAD NUTRACÉUTICA DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.)

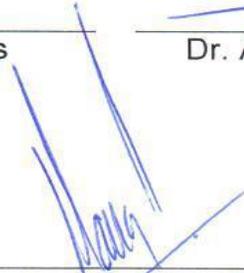
Tesis

Elaborada por NALLELY BRISEIDA LUVIANO HERNÁNDEZ como requisito
parcial para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN
HORTICULTURA con la supervisión y aprobación del Comité de Asesoría


Dra. Rosalinda Mendoza Villareal
Asesor Principal


Dr. Valentín Robledo Torres
Asesor


Dr. Armando Hernández Pérez
Asesor


Dr. Alberto Sandoval Rangel
Asesor


Marcelino Cabrera De la Fuente
Subdirector de Postgrado
UAAAN

Saltillo, Coahuila

Junio 2021

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios de Maestría

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por la oportunidad de realizar mis estudios y cumplir una meta más, por todo el apoyo otorgado durante mi estancia

A la Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal por aceptarme en su laboratorio además de su asesoría, tiempo, por compartir conocimientos y todo el apoyo brindado para culminar este trabajo

Al Dr. Alberto Sandoval Rangel por formar parte de la revisión de tesis, además de su apoyo y asesoría para el establecimiento del cultivo.

Al Dr. Armando Hernández Pérez, por formar parte de la revisión de tesis además de sus sugerencias y comentarios para redacción y trabajo de campo

Al Dr. Valentín Robledo Torres por formar parte de este proyecto, sugerencias y comentarios.

A mis compañeros que me ayudaron en algún momento y compartieron conocimiento Lidia, Francisco, Fredy, Jorge, Maribel, Marco, Paul, Rafael, Raúl, Sime, Tomas, Xóchitl.

Dedicatorias

A mi familia ya que sin su apoyo esto no hubiera sido posible, gracias por sus consejos y todo el apoyo brindado

Índice General

Contenido	
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIAS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
HIPÓTESIS	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Género <i>Allium</i>	4
Origen	5
Raíz	5
Tallo	6
Hojas	6
Bulbo	6
Inflorescencia y flor	6
Semilla	7
Fruto	7
Formación de bulbo	7
Requerimientos climáticos	7
Suelos	7
Manejo del cultivo	8
Fertilización	8
Biofertilizante	9
<i>Azospirillum sp.</i>	11
MATERIALES Y MÉTODOS	12

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
Peso de bulbo	15
Diámetro ecuatorial.....	15
Diámetro polar	16
Peso total	17
Número de hojas.....	18
Longitud de hoja	19
Peso de hoja	20
Peso de raíz.....	21
Altura de planta.....	22
Rendimiento.....	23
Variables de calidad.....	24
Acidez titulable.....	24
Sólidos solubles totales (°Brix).....	25
Alicina	26
Contenido mineral.....	27
Nitrógeno	27
Fósforo.....	28
Potasio	29
Calcio	30
Magnesio	31
CONCLUSIONES.....	33
REFERENCIAS.....	34

Índice de Tablas

Tabla 1. Efecto de la inoculación de rizobacterias y diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre los caracteres de crecimiento del bulbo de cebolla (<i>Allium cepa</i> L)	40
Tabla 2. Efecto de la inoculación de rizobacterias con diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre los caracteres de crecimiento de cebolla (<i>Allium cepa</i> L)	41
Tabla 3. Efecto de la inoculación de RPCV y diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre las variables de calidad del bulbo de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.)...42	
Tabla 4. Efecto de la inoculación de RPCV y diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el contenido mineral del bulbo de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.).....43	

Índice de Figuras

Figura 1. Peso de bulbo de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con <i>Azospirillum sp.</i>	15
Figura 2. Diámetro ecuatorial de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con <i>Azospirillum sp.</i>	16
Figura 3. Diámetro polar de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con <i>Azospirillum sp.</i>	17
Figura 4. Peso total) de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con <i>Azospirillum sp.</i>	18
Figura 5. Número de hojas de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con <i>Azospirillum sp.</i>	19
Figura 6. Longitud de hoja de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con <i>Azospirillum sp.</i>	20
Figura 7. Peso de hoja de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con <i>Azospirillum sp.</i>	21
Figura 8. Peso de raíz de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con <i>Azospirillum sp.</i>	22
Figura 9. Altura de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con <i>Azospirillum sp.</i>	23
Figura 10. Rendimiento de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con <i>Azospirillum sp.</i>	24
Figura 11. Acidez titulable de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con <i>Azospirillum sp.</i>	25
Figura 12. Sólidos solubles totales de bulbo de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con <i>Azospirillum sp.</i>	26
Figura 13. Alicina en cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con <i>Azospirillum sp.</i>	27
Figura 14. Nitrógeno de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con <i>Azospirillum sp.</i>	28

Figura 15. Fósforo de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con <i>Azospirillum sp.</i>	29
Figura 16. Potasio de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con <i>Azospirillum sp.</i>	30
Figura 17. Calcio) de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con <i>Azospirillum sp.</i>	31
Figura 18. Magnesio de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con <i>Azospirillum sp.</i>	32

RESUMEN

EFFECTO DE LA INOCULACIÓN DE RIZOBACTERIAS NATIVAS SOBRE LA
CALIDAD NUTRACÉUTICA DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.)

POR

NALLELY BRISEIDA LUVIANO HERNÁNDEZ

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DRA. ROSALINDA MENDOZA VILLARREAL – ASESOR

Saltillo, Coahuila

Junio 2021

La cebolla (*Allium cepa*) es uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia comercial a nivel mundial, los bulbos de cebolla son ricos en minerales como fósforo, calcio y carbohidratos. Si bien el uso de fertilizantes químicos en la agricultura puede aumentar el rendimiento de las hortalizas, también ha contribuido al empobrecimiento de las características biológicas del suelo. El desarrollo y uso de biofertilizantes se contempla como una alternativa para la sustitución parcial o total de los fertilizantes minerales, con el uso de biofertilizantes se busca incrementar el uso de microorganismos benéficos en el suelo. La elaboración de biofertilizantes se debe basar en cepas nativas debido a que estas están adaptadas al medio ambiente y aumentan las posibilidades de establecimiento y multiplicación de estos. Por lo anterior el presente trabajo evaluó el efecto de la inoculación de aislados de rizobacterias nativas del estado de Coahuila sobre el crecimiento y calidad nutricional del cultivo de cebolla. El experimento se realizó en el periodo de abril a noviembre de 2019 a campo abierto. El diseño experimental fue en bloques completos al azar con un arreglo factorial factorial (AxB) donde A son 5 cepas de rizobacterias y B son 3 niveles de fertilización nitrogenada con cinco repeticiones. Se realizó un ANOVA y prueba de medias de Tukey ($P < 0.05$) mediante el paquete estadístico Infostat. Los resultados mostraron que la combinación de cepas nativas puede disminuir la fertilización nitrogenada de 25 a 50%, se tuvo un efecto positivo en las variables agronómicas altura de planta peso de hoja, número de hojas, longitud de hoja, diámetro ecuatorial, diámetro polar y peso de bulbo, peso total y rendimiento, en calidad se incrementó el contenido de azúcares y acidez titulable, además hubo mayor contenido de N, P, K, y Mg, para calcio los testigo son iguales que al combinar las bacterias con 50, 75 y 100 % de N.

Palabras Clave: PGPR, *Azospirillum*, inoculación, calidad, rendimiento.

ABSTRACT

The effect of native rhizobacteria inoculation over the nutraceutical quality of an onion (*Allium cepa* L)

BY

NALLELY BRISEIDA LUVIANO HERNÁNDEZ

MASTER´S DEGREE IN HORTICULTURE SCIENCES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DRA. ROSALINDA MENDOZA VILLARREAL – ADVISER

Saltillo, Coahuila

June 2021

Onion (*Allium cepa*) is one of the most important horticultural crops worldwide. The onion bulbs are rich in minerals such as phosphorous, calcium and carbohydrates. While the use of chemical fertilizers in modern agriculture can augment the yield of the crops, it has also contributed to the impoverishment of the soil's biological features. The development and use of biofertilizers is being contemplated as an alternative for the partial or total substitution of mineral fertilizers; the desired goal with the use of biofertilizers is to increase the use of beneficial microorganisms in the soil. Some authors propose that the development of biofertilizers should rely on native strains, due to this ones are adapted to the environment and they increase the chances of their inception and proliferation. Therefore, the effect of the inoculation of isolated rhizobacteria native from the state of Coahuila, over the growth and nutritional value of the onion crops was evaluated hereby. The experiment was conducted from April to November of 2019 in the countryside. The design of experiments was made in random whole blocks with a factorial arrangement (AxB) where A means 5 strains of rhizobacteria and B stands for 3 nitrogenous fertilization levels with 5 repetitions. An analysis of variance and Tukey's test ($P < 0.05$) were performed using the statistical package Infostat. The results showed that the mixture of native strains can reduce the nitrogenous fertilization between 25 to 50%, a positive effect could be seen in the agronomic variables plant height, leaf weight, number of leaves, leaf length, equatorial diameter, polar diameter and bulb weight, total weight and yield; regarding the quality, the sugar content and titratable acidity increased, and there was also a higher content of N, P, K and Mg, for calcium the controls are the same as when combining the bacteria with 50, 75 and 100% N.

Keywords: PGPR, *Azospirillum*, inoculation, quality, yield.

INTRODUCCIÓN

La cebolla (*Allium cepa* L.) perteneciente a la familia de las liliáceas es originaria de Asia central, pero tiene como centro secundario la cuenca del Mediterráneo, es uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia comercial a nivel mundial (Estrada-Prado *et al.*, 2015). China, India, Estados Unidos, Pakistán, Turquía, Rusia, Brasil, México y España son los principales productores de cebolla (FAO 2015). Esta hortaliza se cultiva en 26 estados de la República Mexicana, siendo los principales productores Chihuahua, Baja California, Michoacán, Tamaulipas, Guanajuato y Morelos (SIAP-SAGARPA, 2015). Los bulbos de cebolla son ricos en minerales como fósforo, calcio y carbohidratos, proteínas y vitamina C. La glucosa, fructosa y sacarosa y los fructanos de bajo peso molecular son importantes carbohidratos no estructurales de la cebolla. (Sharma *et al.*, 2013). La cebolla presenta una compleja composición química y bioquímica, es considerada como una fuente de flavonoides, fibra, fructooligosacáridos y compuestos sulfurados. Los principales metabolitos secundarios de la cebolla son los compuestos organosulfurados (OSCs) que determinan su olor, sabor y pungencia (Colina-Coca *et al.* 2014). Los compuestos sulfurados se encuentran en pequeña cantidad cerca de 0.005% (Kasera *et al.*, 2019). Uno de los compuestos organosulfurados más distintivos del género *Allium* es la alicina (Wang *et al.* 2020). La calidad de la cebolla depende de la forma, tamaño color y pungencia del bulbo (Kasera *et al.*, 2019).

Los nutrientes juegan un rol muy importante en mejorar la productividad y calidad de los cultivos de hortalizas, la aplicación adecuada de fertilizantes ayuda a obtener un buen rendimiento si bien estos pueden aumentar el rendimiento de las hortalizas y otros cultivos, también han contribuido al empobrecimiento de las características biológicas del suelo (Rai *et al.*, 2014), agua, aire y los alimentos (Moreno, 2017), por lo anterior es necesario integrar métodos de manejo sostenibles para la preservación del mismo (Álvarez-Hernández *et al.*, 2011).

Con el uso de biofertilizantes se busca incrementar el uso de microorganismos benéficos en el suelo (Sahu y BrahmaPrakash, 2016). Estos pueden ser aplicados en las semillas, la superficie de las plantas o el suelo para colonizar la rizosfera,

para promover el crecimiento de la planta y a su vez mejoran la salud del suelo (Ismail *et al.*, 2014).

Los biofertilizantes son una alternativa que consiste en aplicar microorganismos beneficiosos en el suelo que ayuden a mejorar la disponibilidad de nutrientes, estos pueden ser aplicados en las semillas, las superficies de las plantas o el suelo para colonizar la rizosfera o el interior de la planta, y promover el crecimiento vegetal, uno de estos inoculantes son las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, fitoestimulantes que contienen auxinas bacterianas capaces de inducir alargamiento de la raíz (Malusa *et al.*, 2012). Los mecanismos por los cuales actúan se clasifican como directos e indirectos. Los mecanismos directos son aquellos donde los microorganismos estimulan el desarrollo de las plantas a través de la producción de reguladores de crecimiento (auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido abscísico), fijación de nitrógeno, solubilización y mineralización de fosfatos (Ahemad y Kibret 2013; Pii *et al.*, 2015). Los mecanismos indirectos se caracterizan porque las PGPR disminuyen o eliminan microorganismos fitopatógenos, ya sea por la producción de sustancias antimicrobianas o de antibióticos, de enzimas líticas, por competencia de nutrientes o espacio, así como la estimulación de las defensas naturales de la planta mediante mecanismos de biocontrol, producción de sideróforos, producción de antibióticos y cianuros de hidrogeno (Esquivel-Cote *et al.*, 2013).

Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) son una alternativa para incrementar la producción, mejorar la calidad de frutos y disminuir el uso de fertilizantes químicos. Entre los principales biofertilizantes se encuentran *Azotobacter*, *Azolla*, *Acetobacter* y *Azospirillum*. La literatura disponible revela que la aplicación de fertilizantes orgánicos, inorgánicos y biofertilizantes ayudan a mejorar el crecimiento vegetativo, mejorar el rendimiento y calidad de la cebolla si se aplican en tiempo y de una manera adecuada (Kumari *et al.*, 2018).

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la inoculación de aislados de rizobacterias nativas del estado de Coahuila sobre el crecimiento y calidad nutricional del cultivo de cebolla.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar los valores de los parámetros de la calidad nutraceútica en cebolla (*Allium cepa*)

Determinar el contenido de N, P, K, Ca y Mg en bulbo de cebolla

HIPÓTESIS

La inoculación de rizobacterias nativas promotoras del crecimiento vegetal, incidirá sobre el crecimiento y calidad nutricional del cultivo de cebolla.

REVISIÓN DE LITERATURA

ANTECEDENTES

Clasificación taxonómica

REINO Vegetal

DIVISION Tracheophyta

CLASE Angiospermae

SUBCLASE Monocotiledoneae

ORDEN Liliales

FAMILIA Liliaceae

SUBFAMILIA Albidea

TRIBU Lilioideae

GENERO *Allium*

ESPECIE *cepa*

Género *Allium*

Allium es el género más representativo de la familia Liliaceae, que incluye 700 especies de bulbosas perennes y bienales ampliamente distribuidas (Najjaa *et al.* 2007). Las especies del género *Allium* son consideradas de las hortalizas más importantes ya que son consumidas en diferentes platos en Europa, Asia y América (Djurdjevic *et al.*, 2004).

Las especies vegetales del género *Allium*, son una importante fuente dietética de productos fitoquímicos antioxidantes capaces de estabilizar los radicales libres, tales como los compuestos organosulfurados, flavonoides, fitoalexinas, además de trazas de elementos como Ge, Ca, Fe, Zn, Se y S. Estos vegetales, llamados *Allium* spp. contienen también aminoácidos, proteínas, lípidos, hidratos de carbono, vitaminas y enzimas que contribuyen a su valor nutricional y características terapéuticas (Fritsch *et al.*, 2006; Micheli *et al.*, 2015).

Los principales metabolitos secundarios de las plantas del género *Allium* son los compuestos organosulfurados (OSCs), que determinan su olor y sabor, y son responsables en gran medida de las propiedades bioactivas que se le atribuye a su ingesta. Los bulbos intactos de estos vegetales contienen cantidades variables de

precursores S-alqu(en)il-cisteína sulfóxidos que, en caso de ruptura del tejido celular al cortar o procesar la planta, entran en contacto con la enzima alinasa dando lugar a compuestos del tipo tiosulfonato 22. Dentro de este grupo de compuestos, el tiosulfonato mayoritario y más conocido es la alicina (tiosulfonato de dialilo). La alicina es muy inestable y se transforma con extrema rapidez en otros compuestos (mono, di, tri-sulfuros de dialilo, ajoeno, ditiina) a través de diferentes mecanismos. En la cebolla los precursores mayoritarios son: metiína (S-metil-L-cisteína-sulfóxido), propiína (S-propil-L-cisteína-sulfóxido) e isoalliína (trans-(+)-S-(1-propenil)-L-cisteína-sulfóxido).

Origen

La cebolla (*Allium cepa* L.) es originaria de Asia Central y como centro secundario el Mediterráneo, es una de las hortalizas de consumo más antigua, es una planta bianual de la familia de las liliáceas, se trata de una de las hortalizas de consumo más antigua. Las primeras referencias se remontan hacia 3200 a.C fue cultivada por los egipcios, griegos y romanos. Durante la edad media se cultivó en países mediterráneos donde se seleccionaron las variedades más grandes, dando origen a las variedades moderna (Infoagro, 2002).

Es una planta bianual monocotiledónea de la cual se desarrolla el bulbo que es la parte comestible, el cual está constituido por varias capas carnosas en forma de escamas, las exteriores son más finas y transparentes, de color variable.

El contenido de materia seca fluctúa de 7 a 15%, lo cual se compone de 70-85 % de carbohidratos, menos del 1% grasas, 10-20% proteínas, péptidos y aminoácidos especiales, y 1-3 % de cenizas (Cohat *et al.*, 1993).

Raíz

El sistema radicular es fibroso y ramificado. Weaver y Bruner (1927), reportan que el sistema de raíces puede alcanzar un crecimiento lateral de 40 a 45 cm y 85 a 90 cm de profundidad, sus raíces son blancas, se encuentran espesas y simples (Casaca, 2005).

Tallo

Este órgano de la planta está 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 que es la base del bulbo de apariencia muy corta. Los tallos son huecos y ensanchados en el centro de color verde y carecen de hojas (Marroquín, 2014).

Hojas

Las hojas, de color verde cenizo tubulares y huecas, son sésiles y están constituidas por la vaina y el limbo (Maldonado-García, 2000). El limbo es simple, glauco, tubular, hueco, aguzado por el extremo superior y ensanchado en la porción media inferior de color verde a verde claro. La vaina es cilíndrica y formada de catafilos o escamas de consistencia carnosa e hinchadas pudiendo ser abiertas o cerradas. La disposición de las hojas es alterna y dispuesta en dos filas (Garza, 2008).

Bulbo

El bulbo está formado por hojas modificadas llamadas “escamas”, cuyo tamaño, diámetro y desarrollo dependen específicamente del fotoperiodo (Maldonado-García 2000). En este órgano se acumulan las sustancias de reserva durante el primer año (Guenkov, 2003).

Inflorescencia y flor

Es una umbella simple que se forma al final del vástago o tallo floral, el número de flores por umbella varía de 200 a 1000 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 (Cervantes-Parra, 2017).

Semilla

La semilla es color negro, angulosa, aplastada y de superficie rugosa (Sobrino y Sobrino, 1992). Cuando se secan las semillas brotan con presión, la maduración se lleva a cabo en fases.

Fruto

Es una capsula con tres caras, de ángulos redondeados (Sobrino y sobrino, 1992) esta capsula trilocular puede contener en cada lóculo de una a dos semillas (Shinohara, 1998).

Formación de bulbo

Se inicia con la paralización del sistema vegetativo aéreo y la movilización y acumulación de las sustancias de reserva en la base de las hojas interiores, que a su vez se engrosan y dan lugar al bulbo. Después de la cosecha el bulbo permanece en estado de reposo (vida latente) por un período 2-6 meses.

Requerimientos climáticos

La cebolla es una hortaliza bianual de clima frío, en México puede producirse durante todo el año, es resistente al frío llegando a tolerar temperaturas de -5°C en etapa adulta (Jones y Mann, 1963). Las semillas comienzan a germinar a temperaturas de 2° a 3° C, pero muy lentamente (Guenkov, 2003). La temperatura optima es de 18° a 25°C durante un período de 7 a 10 día, temperaturas de 22 a 24°C son las más favorables para el desarrollo de las hojas, las plantas llegan a soportar temperaturas de 33°C. Marroquín (2014) menciona que la temperatura óptima para el desarrollo de la planta va de los 12 a 24°C, favoreciendo la producción de bulbos.

Suelos

Los mejores suelos para este cultivo son aquellos que tengan buena estructura y buen contenido de materia orgánica, se prefieren suelos ligeros o arenosos, limosos y limos arenosos (Soria, 1993). El pH optimo es entre 6.4 a 7.9, no tolera la acidez,

se recomienda que el suelo tenga buena retención de humedad en los 15-25 cm. 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).

Manejo del cultivo

La preparación del cultivo es parte fundamental para el desarrollo de la cebolla y lograr un buen establecimiento del cultivo en el 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 quede lo más mullido posibles, se realiza una nivelación y el trazo de los surcos facilitando así el riego del cultivo (Cervantes-Parra, 2017)

Fertilización

La fertilización se debe realizar en base a un análisis del suelo y agua previo a la siembra con el fin de utilizar solo los fertilizantes necesarios para el cultivo. La buena nutrición inicial de las plántulas, determina en gran medida el crecimiento del cultivo una vez que se establece en el campo de trasplante, el nitrógeno es un elemento muy importante en la fertilización en el cultivo de la cebolla, de este depende en gran medida el desarrollo de la planta, así como el rendimiento de la misma. La cebolla aprovecha mejor el nitrógeno en las fases de crecimiento intenso de las hojas, las formas adecuadas son la nítrica y amoniacal, la nítrica para suelos compactos y amoniacal para suelos ligeros, el potasio por otra parte es un elemento fundamental en el proceso de la fotosíntesis del cultivo (Dilruba *et al.* 2006). El fósforo tiene un efecto beneficioso sobre el desarrollo temprano de las raíces, el crecimiento de las plantas, el rendimiento y la calidad de los cultivos (Balai, 2002) ayuda a que los bulbos maduren y logra que mejore su almacenamiento, está relacionado con la calidad de los bulbillos, resistencia al transporte y mejor conservación, favorece la emisión de raíces, proporciona buena coloración al bulbo y adelanta la madurez. Las dosis utilizadas son de 40-50 kg por hectárea de P al momento de la presiembra o en pretrasplante (Sobrino y Sobrino *et al.* 1989).

Biofertilizante

Los fertilizantes al ser usados indiscriminadamente llegan a generar desequilibrios en los agrosistemas ya sea por contaminación del suelo, agua, aire y los alimentos, además de que generan resistencias en plagas, destrucción de los controles naturales y también llegan a representar un peligro para la salud humana. Por lo anterior se ha propuesto el uso de biofertilizantes, Vessey (2003) define a los biofertilizantes como microorganismos vivos que al aplicarse a la planta o bien al suelo, colonizan la rizosfera o interior de la planta y promueve su crecimiento. Son consorcios o cepas microbianas, esos son beneficiosos tanto para la planta como para el suelo, su principal objetivo es movilizar la disponibilidad de nutrientes, ayudan a recuperar la microbiota perdida y a su vez mejorar la calidad y salud del suelo (Ismail *et al.*, 2014) son inocuos y una fuente importante de nutrientes para las plantas se destacan los géneros de bacterias como *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Rhizobium* y *Azospirillum*. La inoculación de *Azospirillum* ayuda a las plantas a lograr un mejor crecimiento vegetativo y también se ahorran insumos de fertilizantes nitrogenados en un 20-30%. El uso de biofertilizantes no solo complementa los nutrientes, sino que también mejora la eficiencia de los nutrientes aplicados (Somani *et al.* 1990).

Uno de los principales beneficios de estos biofertilizantes es la fijación biológica de nitrógeno, la promoción del crecimiento vegetal, la solubilización de fósforo (Bhattacharjee y Dey, 2014).

Diversos estudios han evaluado el efecto de la inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal sobre el cultivo de cebolla. Estudios han reportado la presencia de bacterias como *Azotobacter sp.*, *Azospirillum sp.* asociados a la rizosfera de cebolla y el efecto positivo en el desarrollo de la planta (Pulido y Cabrera 2003, Nemat *et al.*, 2011).

Anish *et al.* (2019) reportó que con la inoculación de *Azospirillum* aumentó las características de crecimiento de cebolla como la altura de la planta, hoja, longitud y número de hojas en comparación con las que no fueron inoculadas, los atributos de rendimiento como son el diámetro de bulbo, peso de bulbo y rendimiento de cebolla también aumentaron con la inoculación de *Azospirillum*. Así mismo Kumar

et al. (2019) reporta que la interacción de *Azospirillum* y niveles de nitrógeno aumenta los atributos de rendimiento.

Devendra et al. (2018) evaluó el efecto de *Azotobacter* sobre el crecimiento y rendimiento de cebolla los resultados mostraron un aumento significativo en el porcentaje de germinación, peso del bulbo, peso seco del bulbo, peso seco de la planta, índice de cosecha, altura de la planta, número de hojas, como en los parámetros bioquímicos; clorofila, carotenoides, proteína del bulbo y azufre del bulbo.

Aida H. (2018) obtuvo resultados que mostraron que la inoculación microbiana lleva a un aumento significativo en los parámetros de crecimiento (altura de hojas, número de hojas y peso seco). Y la misma tendencia fue observada para los parámetros de rendimiento (peso de bulbo, porcentaje de sólidos solubles totales, porcentaje de materia seca y contenido de NPK en tejidos de bulbo. Su estudio mostro que el tratamiento con *Azotobacter chroococcum* + dosis de NK 75% dio el rendimiento más alto. La biofertilización tuvo un marcado aumento en el recuento microbiano en comparación con la biofertilización mineral.

Talwar D. et al. (2017) reporta que los biofertilizantes mejoran el contenido microbiano y absorción de nutrientes de la cebolla comparado con el tratamiento control y fertilizantes químicos recomendados. Los biofertilizantes y abonos orgánicos no solo suministran nutrientes esenciales a la cebolla, sino que también mejoran el rendimiento del cultivo, recuento microbiano del suelo y absorción de nutrientes de la planta. En su estudio se reporta que los tratamientos con *Azospirillum* y *Azotobacter* aumentan la masa seca de cebolla cuando se utiliza en conjunto con fertilizantes orgánicos y ayuda a la absorción de nutrientes. Pulido reporta que con la inoculación de *Azospirillum brasilense* y *Azotobacter Chroococcum* se incrementa la calidad de la cebolla.

Entre los principales biofertilizantes comerciales se encuentran *Azotobacter*, *Azolla*, *Acetobacter* y *Azospirillum*, que son aplicados en diversos cultivos de cereales y hortalizas (Pathak y Kumar 2016).

La literatura disponible revela que la aplicación de fertilizantes orgánicos, inorgánicos y biofertilizantes ayudan a mejorar el crecimiento vegetativo, mejorar el

rendimiento y calidad de la cebolla si se aplican en tiempo y de una manera adecuada (Kumari *et al.* 2018).

Azospirillum sp.

Azospirillum es una bacteria gram negativa de vida libre, fijadora de nitrógeno y asociada a la rizosfera de las plantas. Además de la fijación de nitrógeno, producen sustancias promotoras del crecimiento (IAA), resistencia a enfermedades y la tolerancia a la sequía (Suhameena *et al.* 2020)

Puede utilizar un amplio rango de sustratos como fuentes nitrogenadas, amonio, nitrato, nitrito, aminoácidos y nitrógeno molecular.

El nitrógeno del suelo procede de la atmosfera, pero el N₂ atmosférico no puede ser utilizado directamente por los seres vivos a excepción de algunos microorganismos, este tiene que formar parte de otros compuestos químicos este proceso se conoce como fijación.

La inoculación de cepas de *Azospirillum sp.* en diferentes cultivos ha provocado un aumento en el número y densidad de pelos radicales, lo cual le permite a la planta acceder a más nutrientes (de Souza *et al.* 2013).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo durante 2019 en campo abierto en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Departamento de Horticultura, en Saltillo Coahuila, México. Se utilizaron semillas de cebolla híbrida blanca (variedad Sierra Blanca de la casa comercial Seminis). El diseño experimental fue en bloques completos al azar con un arreglo factorial (AxB) de 5 (cepas de rizobacterias) x 3 (niveles de fertilización nitrogenada) con cinco repeticiones por tratamiento y 25 plantas por cada repetición. Los tratamientos evaluados fueron 15: T₁ cepa uno + 50% N; T₂: cepa uno + 75% N; T₃: cepa uno + 100%; T₄: cepa dos + 50% N; T₅: cepa dos + 75% N; T₆: cepa dos + 100% N; T₇: cepa uno + cepa dos + 50% N; T₈: cepa uno + cepa dos + 75% N; T₉: cepa uno + cepa dos + 100% N; T₁₀: cepa comercial + 50% N; T₁₁: cepa comercial + 75% N, T₁₂: cepa comercial + 100% N; T₁₃: tes + 50% N; T₁₄: tes + 75% N; T₁₅; tes + 100% N. Se realizó un ANOVA y prueba de medias de Tukey (P>0.05) mediante el paquete estadístico Infostat versión 2014. Para la preparación del inoculante líquido, las cepas de bacterias se sembraron en caldo nutritivo líquido y se pusieron en una incubadora durante 7 días a 29°C para su multiplicación, se realizaron tres inoculaciones de rizobacterias a los 30, 60 y 90 días después del trasplante, se aplicaron 10 ml por planta de RPCV a una concentración de 10⁸ UFC ml⁻¹.

Las variables agronómicas fueron evaluadas al término de la cosecha de cebolla se utilizaron 15 plantas por tratamiento (5 repeticiones y 1 planta por repetición), las cuales fueron: peso fresco de hojas, bulbo y raíz: se utilizó una balanza para evaluar el peso del fruto en gramos (g) y número de hojas verdaderas: una vez medido el peso, se separaron y contaron las hojas de cada planta. Longitud y grosor de hoja: de las hojas separadas se tomó la hoja promedio y midió la longitud con una regla graduada, diámetro ecuatorial y polar del bulbo se midió con un vernier marca Auto tec para obtener la medida en milímetros (mm) y el rendimiento: se cuantificó multiplicando el número de bulbos por la masa fresca de los bulbos y por el área, se expresó en t/ha.

También se midieron variables de calidad como acidez titulable que fue cuantificada por el método 942.15 (A.O.A.C.,2005) expresando los datos como porcentaje de ácido cítrico. Los sólidos solubles totales (SST) los cuáles se determinaron por el método 932.12 (A. O. A. C, 1990), para lo cual se empleó un refractómetro digital MI96801 marca HANNA con escala de 0%-85% expresando los resultados en °Brix, se cortó un cuadro pequeño del bulbo de cebolla, para tener una gota de jugo que se colocó en el sensor.

Para la variable contenido de minerales en tejido foliar se colectó el material al término de la cosecha de cebolla. Para la determinación de fósforo se empleó el método colorimétrico (Bray Y Kurtz, 1945) se deshidrato el bulbo de cebolla en una estufa de secado marca Mapsa modelo HDP 334, se molió y se tomó una muestra de 1g, dicha muestra se sometió a calcinación a una temperatura de 650°C durante tres horas en una mufla , después a la muestra calcinada se le agregaron 3 ml de HCl, se filtró y aforó con agua desionizada a 100 ml. Posteriormente se tomó una alícuota de 1ml agregándole 5ml de molibdato de amonio y 2ml de reactivo ANSA. Se leyó la muestra en un espectrofotómetro de absorción atómica PERKIN ELMER 2380 a una longitud de onda de 640nm.

Para la determinación de Mg, Ca y K, se utilizó el método de digestión por vía seca, para la digestión por incineración de las muestras de bulbo de cebolla, se utilizó una mufla marca thermo scientific, se tomó una muestra de 1 g de cebolla previamente deshidratado, se transfirió a un crisol de porcelana, dicha muestra se calcinó a una temperatura de 650 °C durante tres horas hasta obtener cenizas blancas, después a la muestra calcinada se le agregaron 10ml de ácido clorhídrico. Se filtró y se aforó con agua desionizada a 100 ml. Se leyó la muestra en un espectrofotómetro de absorción atómica PERKIN ELMER 2380 a una longitud de onda de 640nm. (Shirin *et al.*, 2008)

El N se cuantificó por el método micro Kjeldahl (A.O.A.C., 1980) se tomó una muestra de 0.05 g colocándola en un matraz de digestión, se agregaron 3 ml de mezcla digestora y después se llevó al micro digestor hasta que la muestra alcanzo un color verde limón para después dejarse enfriar y llevarla al destilador micro Kjeldahl.

Para la determinación de alicina se cuantificó por un método espectrofotométrico desarrollado por Han *et al.* (1995). Se preparó el extracto de cebolla y para la cuantificación se añadieron 1 ml de extracto a 5ml de L-cisteína a 10 mM, luego se agrega 3ml de HEPES 50 mM y 1ml de DTNB a la solución, se deja reposar 15 minutos y posteriormente la muestra se lee a una absorbancia de 412 nm con el espectrofotómetro PERKIN ELMER 2380

Las cepas de *Azospirillum* sp. se aislaron de la superficie e interior de raíces de nopal y tomate en General Cepeda y Torreón Coahuila. Los medios de crecimiento empleados fueron agar nutritivo y melaza, para preparar el inoculante líquido, las cepas se sembraron en caldo nutritivo líquido y se incubaron por 7 días a 29°C para su multiplicación.

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial (AxB) donde A son cinco cepas de rizobacterias y B tres niveles de nitrógeno con tres repeticiones. Se realizó un ANOVA y prueba de medias de Tukey ($P < 0.05$) mediante el paquete estadístico Infostat versión 2014.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso de bulbo

Los resultados arrojados por el análisis estadístico demuestran que el peso de bulbo presenta diferencia estadística significativa (Figura 1), el tratamiento con la combinación de cepas nativas con una fertilización nitrogenada al 50% obtuvo el mayor peso de bulbo con 431 gramos en comparación con el testigo, para este tratamiento la variable aumentó un 13.06% con respecto al testigo. Resultados similares han sido reportados por Kumar-Singh quien reportó un mayor peso de bulbo en el tratamiento con una fertilización nitrogenada al 50% en combinación con *Azotobacter*. El rol de la biofertilización en el aumento de peso del bulbo puede atribuirse al aumento de la concentración de clorofila y a la mejora de absorción de macro y micro nutrientes (Aida *et al.* 2018).

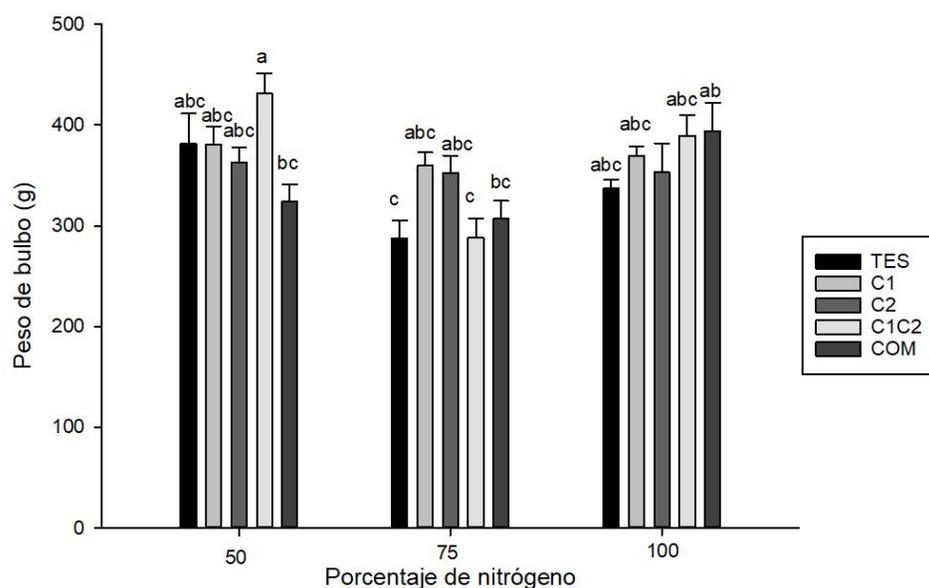


Figura 1. Peso de bulbo de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con *Azospirillum sp.*

Diámetro ecuatorial

De los resultados arrojados por el análisis estadístico se encontraron diferencias significativas en el diámetro ecuatorial (Figura 2). El tratamiento con la combinación

de cepas nativas del estado de Coahuila y fertilización nitrogenada al 50% presentó 91.6 mm en comparación con el testigo que tuvo 84.6 mm. Kumar-Singht (2017) encontró un mayor diámetro ecuatorial en el tratamiento con una fertilización nitrogenada al 50% en combinación de *Azotobacter*. El aumento en el diámetro del bulbo puede atribuirse al papel del nitrógeno en el aumento de los compuestos metabólicos sintetizados en la planta, lo que se refleja en un mayor crecimiento y aumento del diámetro del bulbo (Hafez *et al.* 2018).

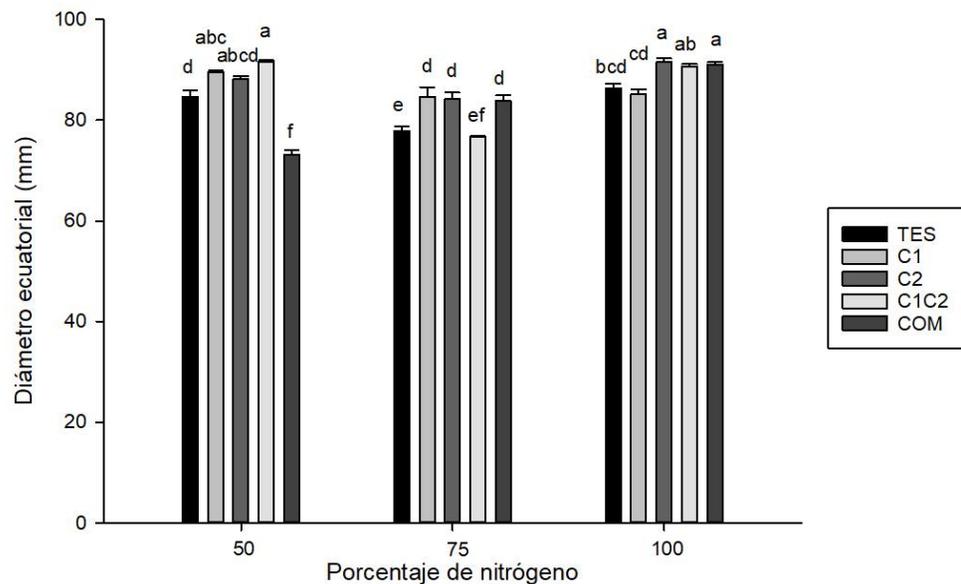


Figura 2. Diámetro ecuatorial de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con *Azospirillum sp.*

Diámetro polar

De acuerdo a los resultados arrojados por el análisis estadístico (Figura 3), para la variable diámetro polar se encontraron diferencias estadísticas significativas el tratamiento en combinación de las dos cepas nativas con una fertilización nitrogenada al 50% presentó el mayor diámetro polar en comparación con el testigo. Balemi *et al.* (2007) reportaron un aumento del 8.5% del diámetro polar en cebolla con el tratamiento inoculado con *Azotobacter* y una fertilización nitrogenada de 75Kg/ha sobre el control 100kg/ha.

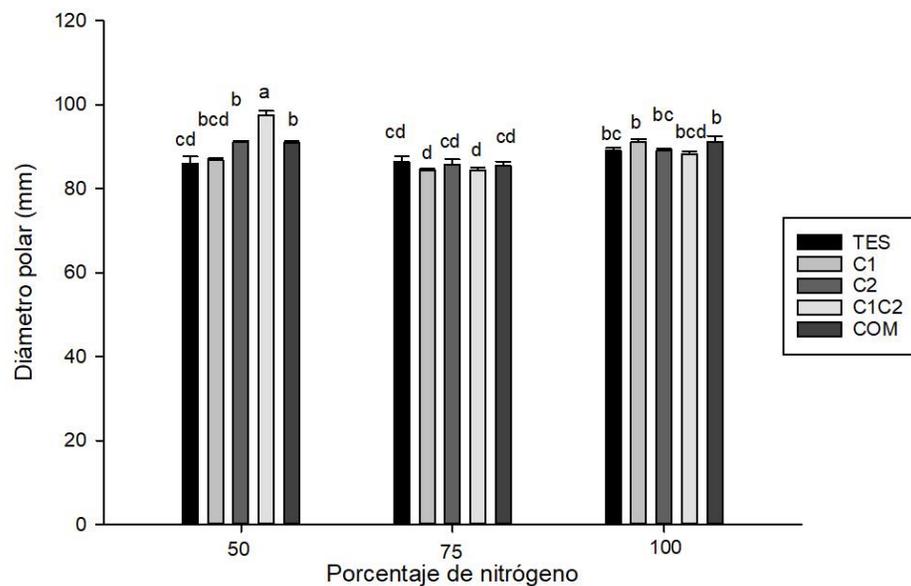


Figura 3. Diámetro polar de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con *Azospirillum sp.*

Peso total

De acuerdo a los resultados arrojados por el análisis estadístico (Figura 4), para el peso total existe diferencia estadística significativa, siendo el tratamiento con la mezcla de cepas y una fertilización nitrogenada al 50% el mejor, el peso total aumentó en un 11.85% respecto al testigo.

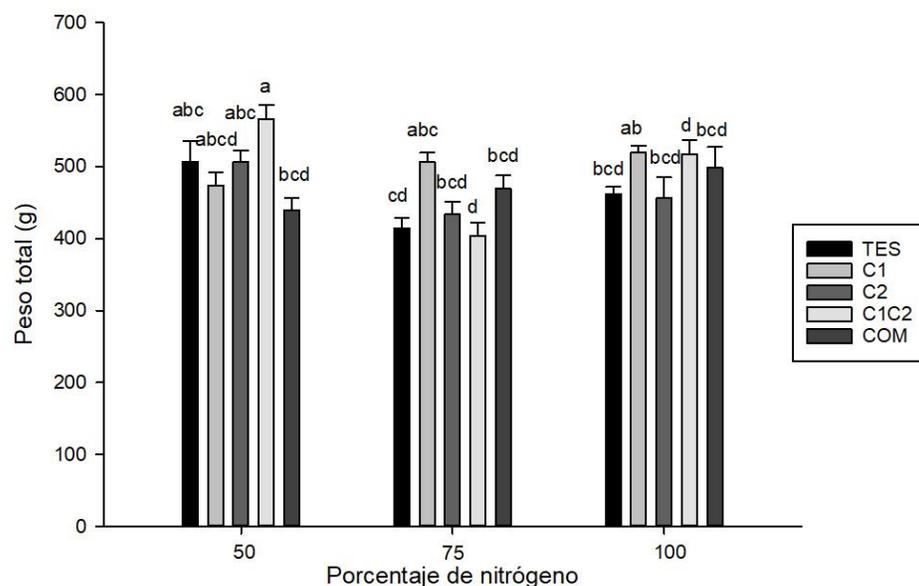


Figura 4. Peso total de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con *Azospirillum sp.*

Número de hojas

En esta variable de acuerdo al análisis estadístico existe diferencia significativa entre tratamientos (Figura 5) siendo el tratamiento de la cepa 2 con una fertilización nitrogenada al 100% el que presenta mayor número de hojas con 11.2 hojas, el incremento fue de 27.27% respecto al testigo. Esto coincide con lo reportado por Anish-Kumar *et al.* (2019) el cual reportó el mayor número de hojas de cebolla en el tratamiento que tenía la mayor fertilización nitrogenada 120 kg/ha y *Azospirillum*, pero difiere con lo reportado por Balemi (2007) quien reporta el mayor número de hojas en el tratamiento con *Azotobacter* y una fertilización nitrogenada de 75 kg/ha sobre el control 100 kg/ha.

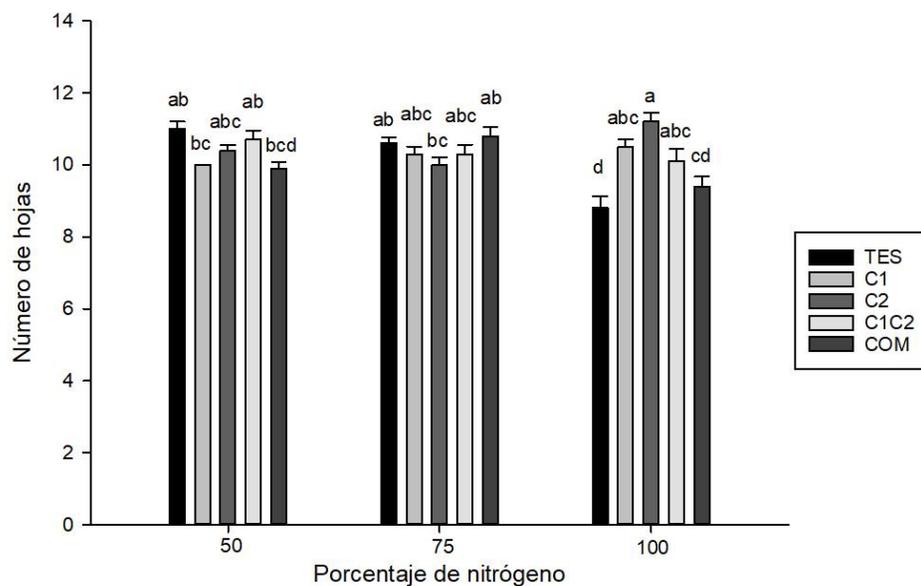


Figura 5. Número de hojas de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con *Azospirillum sp.*

Longitud de hoja

Conforme a los resultados arrojados por el análisis estadístico (Figura 6) existe diferencia estadística entre tratamientos siendo la cepa 1 con una fertilización nitrogenada al 100% el que presentó la mayor longitud de hoja con 82.8 cm. Esto coincide con lo reportado por Singh y Chaure (1999) quienes reportaron que la aplicación de la dosis máxima 150kg/ha de nitrógeno registró la mayor longitud de hoja. Anish Kumar reportó una altura de planta máxima de 49.10 cm en el tratamiento con la aplicación de la dosis recomendada de nitrógeno 100% y con la inoculación de *Azospirillum*.

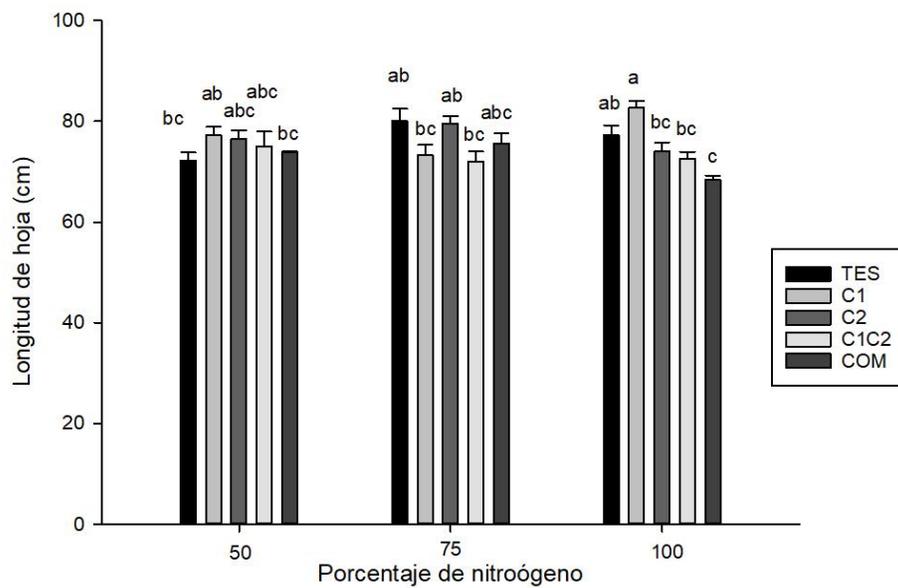


Figura 6. Longitud de hoja de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con *Azospirillum sp.*

Peso de hoja

De acuerdo a los resultados obtenidos por el análisis estadístico (Figura 7) se presentaron diferencias estadísticas significativas para esta variable, siendo el tratamiento que presentó mejores resultados la cepa comercial con nitrógeno al 75% aumentando un 27.21 % respecto al testigo.

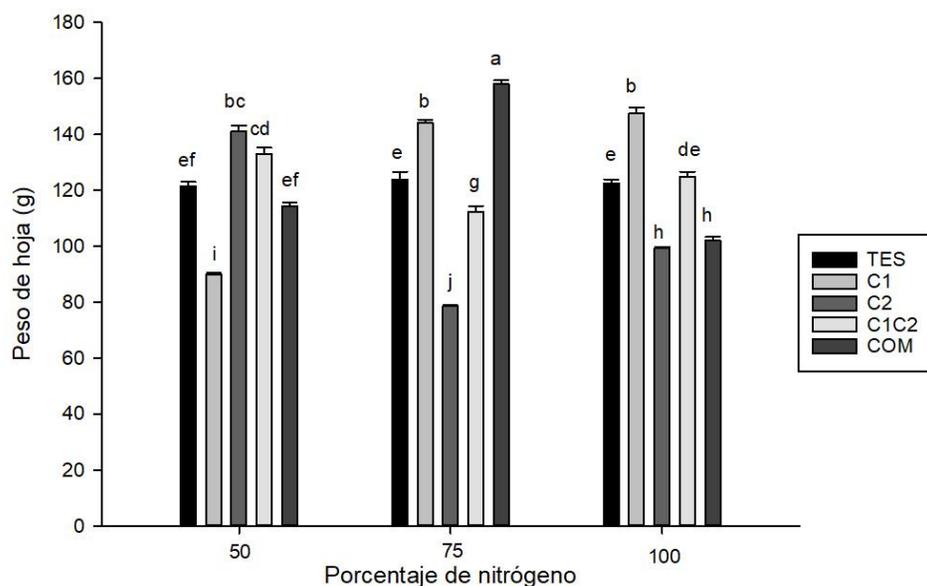


Figura 7. Peso de hoja de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con *Azospirillum sp.*

Peso de raíz

En esta variable de acuerdo al análisis estadístico (Figura 8) existe diferencia significativa entre tratamientos, siendo el tratamiento de la cepa comercial con fertilización nitrogenada al 75% el que presentó un mayor peso de raíz con 4.24 gramos, aumentando un 69.6 % con respecto al testigo. Estos resultados difieren por los reportados por Cervantes-Victorino (2017) quien reportó el mayor peso de raíz en el tratamiento sin la inoculación de *Azospirillum* en comparación con los tratamientos con inoculación. Sin embargo, lo que él reporto sin la inoculación de *Azospirillum* 4.80 gramos es cercano a lo reportado en este trabajo con la inoculación de *Azospirillum*.

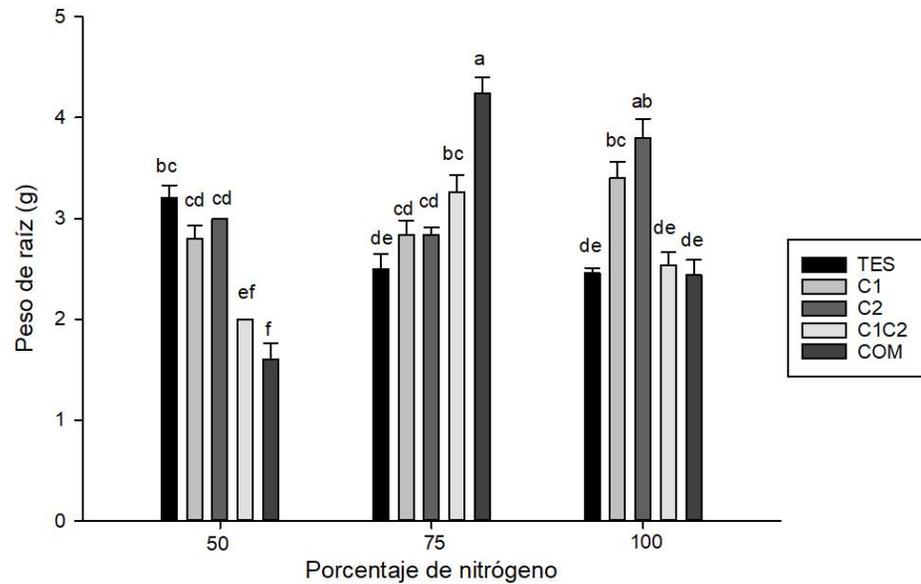


Figura 8. Peso de raíz de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con *Azospirillum sp.*

Altura de planta

De acuerdo a los resultados obtenidos por el análisis estadístico (Figura 9) se encontraron diferencias significativas entre tratamientos siendo el tratamiento Cepa 2 con 75% de fertilización nitrogenada quien incrementó el 27.21% con respecto al testigo. Aida *et al.* (2018) reportaron que el efecto de biofertilización de bacterias y diferentes niveles de fertilización de nitrógeno y potasio (75% y 50%) en plantas de cebolla aumentaron la altura de la planta reportando una altura de 94.33 cm, Kumar (2019) reportó una altura máxima de cebolla inoculada con *Azospirillum* y 120 kg ha⁻¹ de 49.10 cm. Balemi (2007) reportó la mayor altura de planta en el tratamiento inoculado con *Azotobacter* y una fertilización nitrogenada de 75 kg/ha sobre el control 100 kg/ha.

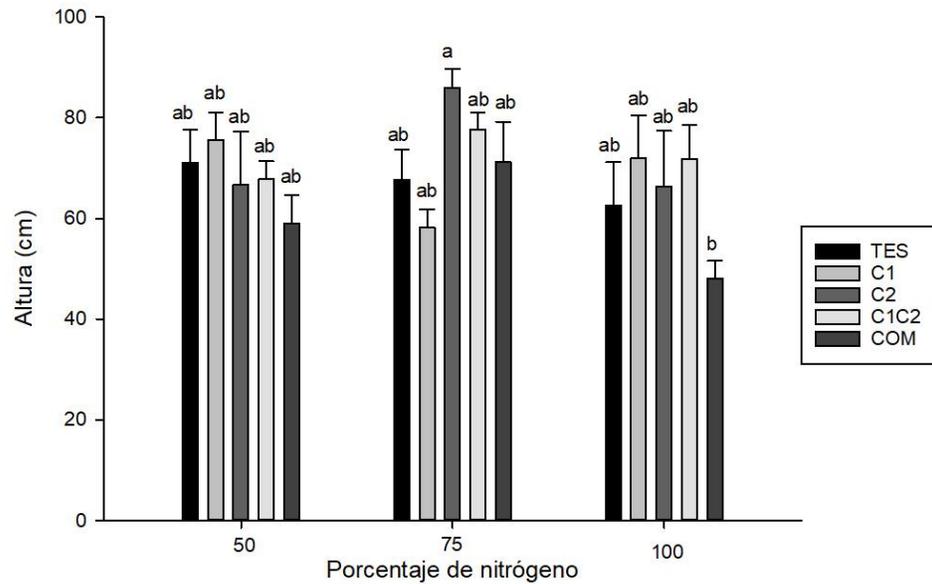


Figura 9. Altura de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con *Azospirillum sp.*

Rendimiento

De acuerdo a los resultados obtenidos por el análisis estadístico (Figura 10), para la variable rendimiento si existe diferencia estadística significativa, siendo el tratamiento con la cepa 1 y una fertilización nitrogenada al 75% el que presentó mejores resultados. Autores como Singh *et al.* (2001) reportaron el mayor rendimiento con una fertilización nitrogenada con 120 kg/ha sobre la dosis máxima que fue 150 kg/ha, en cambio Sharma *et al.* (2009) reportó el mayor rendimiento con la dosis recomendada al 100%. Los biofertilizantes tienen la capacidad de movilizar elementos nutritivos de forma no disponible a disponible, la inoculación de dichos biofertilizantes aumenta el rendimiento de los cultivos entre un 18 y 30% (Tilak y Annapurna, 1993). Devi *et al.* (2005) donde reporta que las plantas inoculadas con *Azospirillum* y con nitrógeno a una dosis de 75 kg/ha tuvieron el mejor rendimiento de cebolla, reportaron un ahorro de 17% de nitrógeno. En cambio, Hafez (2018) reportó que con una fertilización media de nitrógeno (100 kg) obtuvo el rendimiento de cebolla más alto.

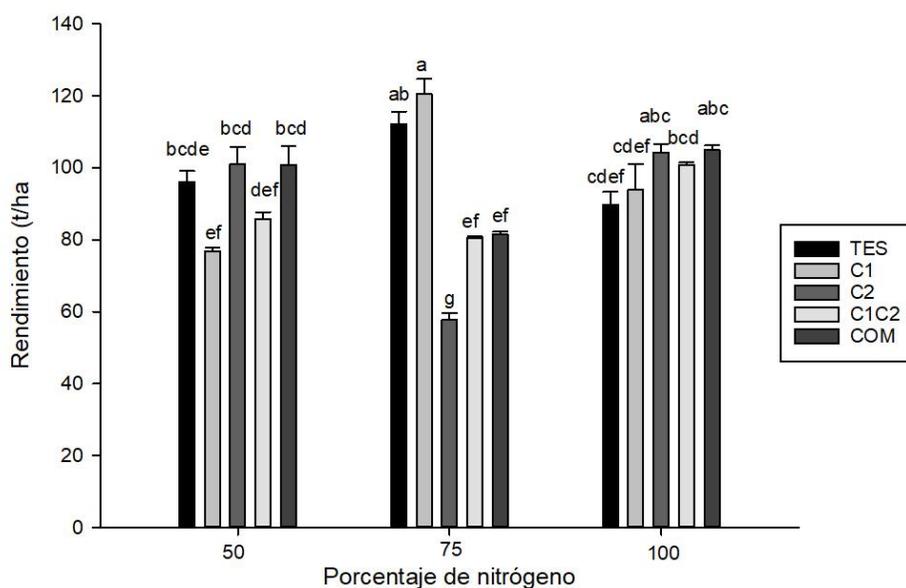


Figura 10. Rendimiento de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con *Azospirillum sp.*

Variables de calidad

Acidez titulable

De acuerdo a los resultados obtenidos por el análisis estadístico (Figura 11) para la variable acidez titulable se encontraron diferencias estadísticas significativas siendo la combinación de cepas nativas con una fertilización nitrogenada al 50% la que presentó mayor porcentaje de acidez con respecto al testigo, esta variable aumentó con respecto al testigo.

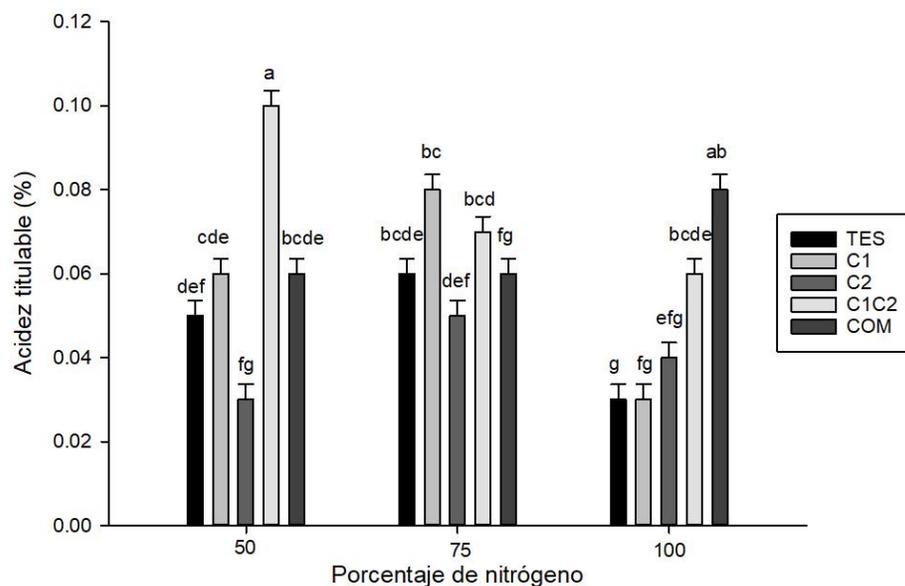


Figura 11. Acidez titulable de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con *Azospirillum sp.*

Sólidos solubles totales (°Brix)

Para esta variable según los resultados arrojados por el análisis estadístico (Figura 12) se encontraron diferencias significativas siendo el tratamiento cepa 2 con 50% de fertilización nitrogenada el que presentó mayores valores con 9.17°Brix, los SST se incrementaron en un 33.47% en relación al testigo. Este resultado concuerda por lo reportado por Singh *et al.* (2017) donde encontró que el tratamiento de rizobacteria con dosis de fertilización al 50% mejoró los SST en cebolla. Aida H. (2018) obtuvo resultados que mostraron que la inoculación microbiana lleva a un aumento significativo en los parámetros de sólidos solubles totales. Cervantes (2017) reportó 9.62 °Brix con la inoculación de *Azospirillum* a 10^6 UFC. Hafez (2018) reportó el mayor contenido de SST a partir de una fertilización nitrogenada de 80 kg ha⁻¹ y el efecto más bajo se registró con 120 kg ha⁻¹.

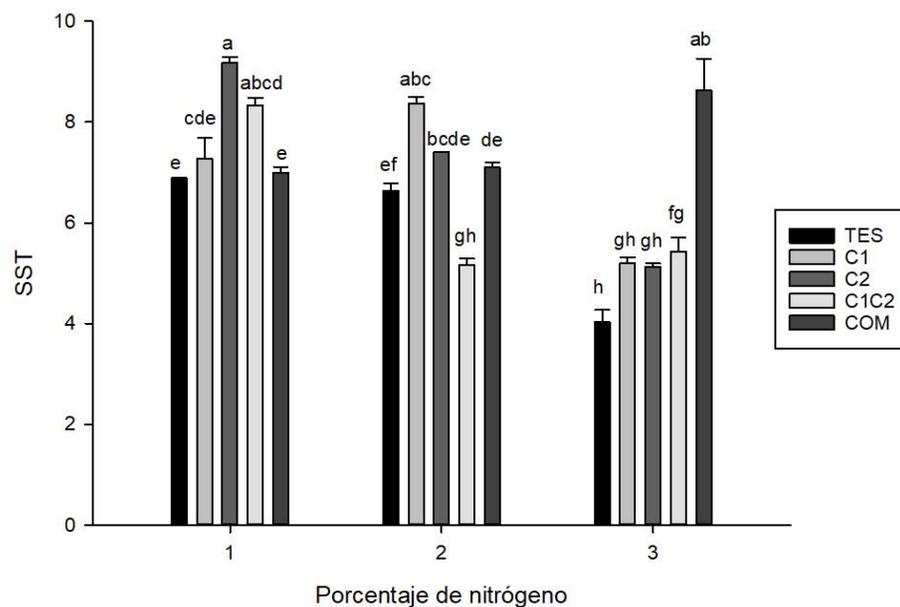


Figura 12. Sólidos solubles totales de bulbo de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con *Azospirillum sp.*

Alicina

De acuerdo a los resultados obtenidos por el análisis estadístico (Figura 13) el contenido de alicina aumentó significativamente en relación al testigo en un 20.85%. sin embargo el contenido de cebolla es infinitamente menor que lo reportado por Wang *et al.* 2020 para cebollín (*Allium fistulosum*) de 0.8 mg/g de alicina el cual aumentó con la aplicación de nanofertilizantes en un rango de 56-187%. Mansor *et al.* (2016) observó que la concentración de alicina incrementó con el aumento de extracto de ajo, encontrando una concentración de 0.6 mM. En el caso de ajo varios autores reportan un contenido de 3.37 a 8.99 mg/g (Siddiqui *et al.* 2016).

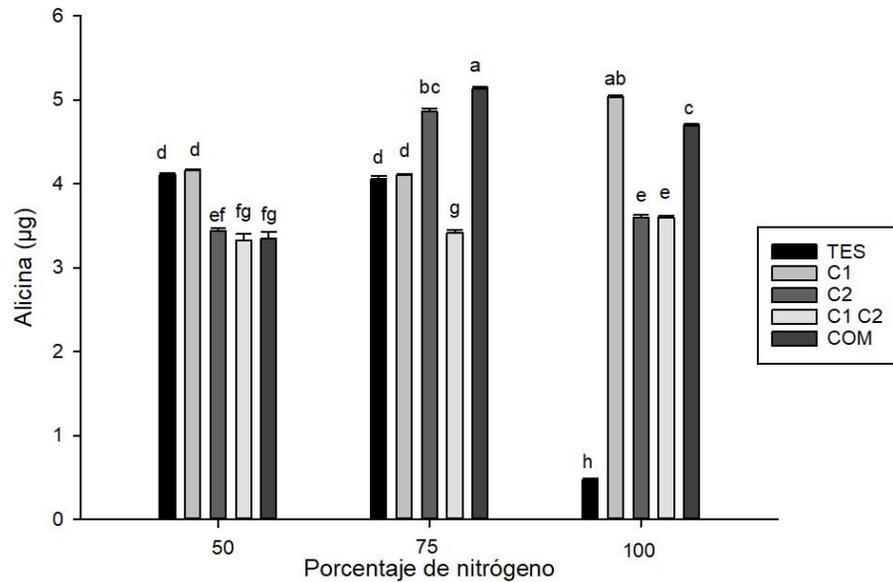


Figura 13. Alicina en cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con *Azospirillum sp.*

Contenido mineral

Nitrógeno

De acuerdo al análisis estadístico (Figura 14) de bulbo en relación al contenido de nitrógeno se encontró diferencia estadística entre tratamientos, siendo el mejor tratamiento la combinación de cepas nativas con 75% de fertilización nitrogenada, igual que Balemi *et al*, (2007) quienes reportan el mayor contenido de nitrógeno en bulbo de cebolla en el tratamiento con *Azotobacter* y con una fertilización nitrogenada de 75 kg/ha sobre el control 100 kg/ha. En un estudio realizado por Gebretsadik y Dechassa (2018) aplicando fertilizantes nitrogenados encontró 0.08% de nitrógeno en cebolla, en comparación con este estudio se obtuvo un mayor porcentaje de nitrógeno con un 0.22%. El aumento de contenido de nitrógeno puede deberse al resultado de la inoculación con cepas eficientes lo que conduce a una mayor absorción de nutrientes.

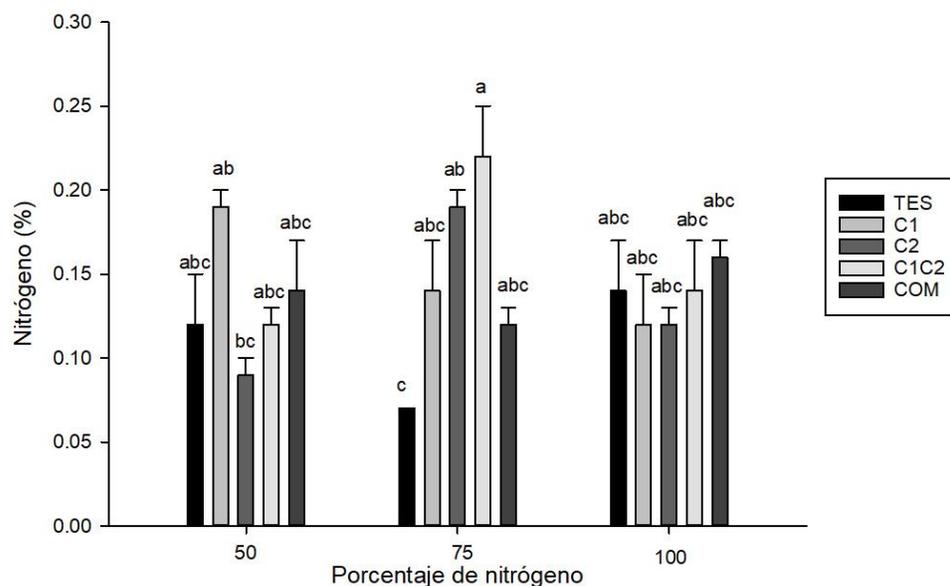


Figura 14. Nitrógeno de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con *Azospirillum sp.*

Fósforo

Para esta variable se presentaron diferencias estadísticas significativas (Figura 15), el tratamiento de la combinación de cepas nativas con 75% de fertilización nitrogenada fue el que presentó una mayor cantidad de fósforo la cual aumento 11.34% en comparación al testigo. En cambio, Abou-El-Hassan *et al.* (2018) evaluó la respuesta de cebolla a la inoculación de bacterias y endomicorrizas con diferentes tasas de fertilización, encontrando que la biofertilización con bacterias y endomicorrizas con una fertilización nitrogenada al 50% la que resultó en valores más altos de potasio.

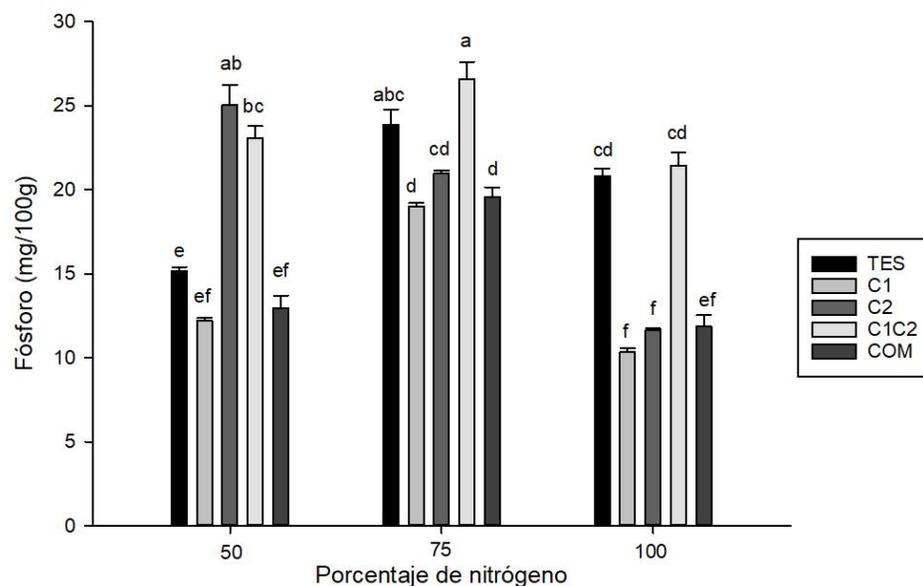


Figura 15. Fósforo de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con *Azospirillum sp.*

Potasio

Conforme a los datos arrojados por el análisis estadístico (Figura 16) existe diferencia significativa entre tratamientos siendo la combinación de cepas nativas con 50% de fertilización nitrogenada con un incremento del 25.93% con respecto al testigo, al respecto Bhattacharjee (2013) encontró un rango de 140-129 mg de potasio en un estudio que evaluó la composición mineral de cebolla lo que concuerda con lo obtenido en este estudio.

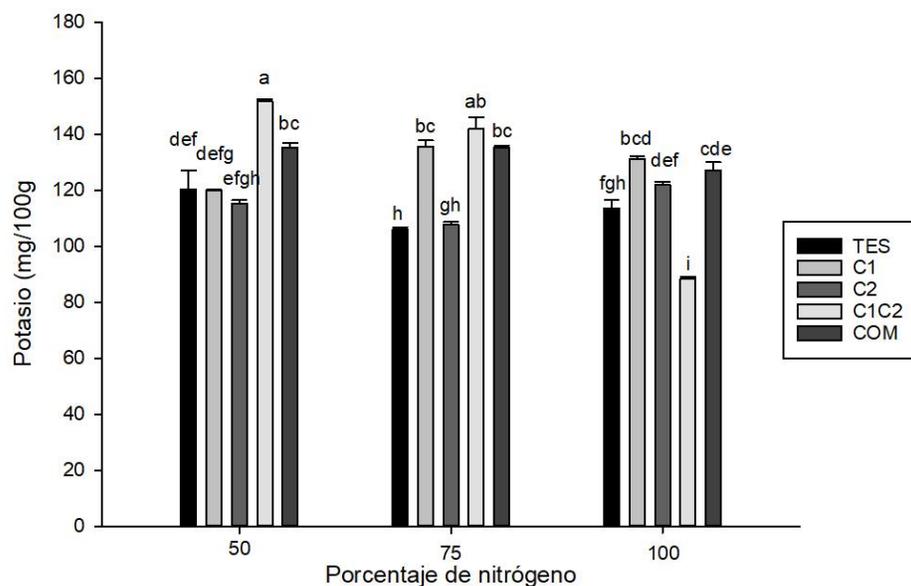


Figura 16. Potasio de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con *Azospirillum sp.*

Calcio

Para esta variable de acuerdo a los resultados obtenidos por el análisis estadístico (Figura 17) hay diferencias significativas, sin embargo, los resultados del testigo son iguales que al combinar las bacterias con 50, 75 y 100 % de N. Muchos factores afectan la composición de nutrientes de los bulbos de cebolla, como las condiciones ambientales y agronómicas, cultivar y etapa de maduración (Mlcek *et al.* 2015). Resultados obtenidos por Yogita y Ram (2012) sobre la aplicación de fertilizantes inorgánicos con biofertilizantes a la cebolla mostraron el efecto significativo por *Azotobacter* sobre el contenido de calcio en bulbos de cebolla.

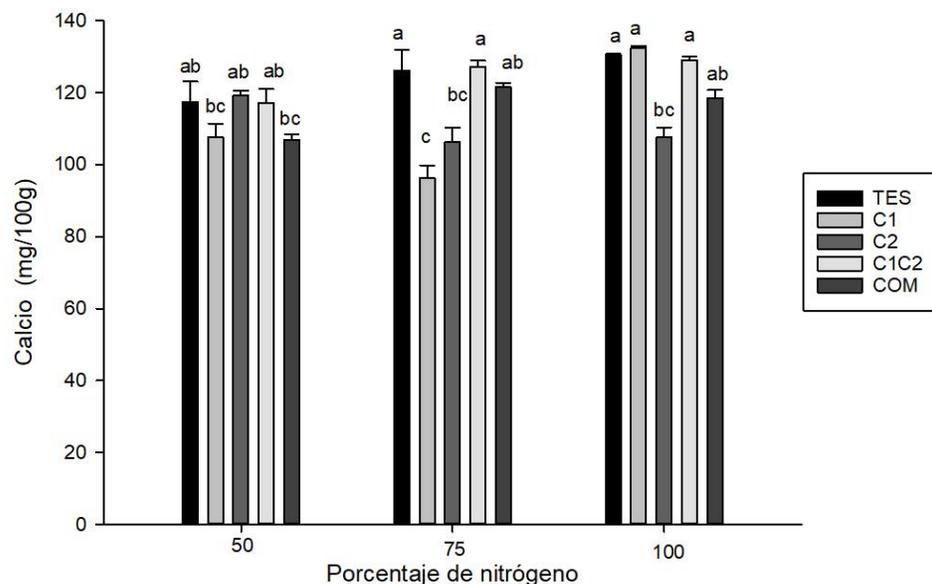


Figura 17. Calcio de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con *Azospirillum sp.*

El aumento de nutrientes en el bulbo de cebolla puede deberse a la disponibilidad de nutrientes y/o producción de ciertos promotores del crecimiento que pueden aumentar el metabolismo de componentes sintetizados en la planta y estos contribuyen en el aumento en la cantidad de metabolitos translocados de diferentes partes de la planta al bulbo (Aida *et al.* 2018).

Magnesio

Para esta variable de acuerdo a los resultados obtenidos por el análisis estadístico (Figura 18) si hay diferencias significativas siendo el tratamiento de las mezclas de las dos cepas nativas con 50% de fertilización nitrogenada el que presentó la cantidad más alta. Estos resultados difieren con los obtenidos por Díaz-Pérez (2018) quien obtuvo el mayor contenido de magnesio en el tratamiento con la mayor fertilización nitrogenada orgánica. El impacto del método de fertilización en la acumulación de nutrientes del bulbo no se comprende completamente. Se ha encontrado que la aplicación de ácidos húmicos resultó en un aumento de las concentraciones de bulbo de Mg 0.32% (Bettoni *et al.*, 2016).

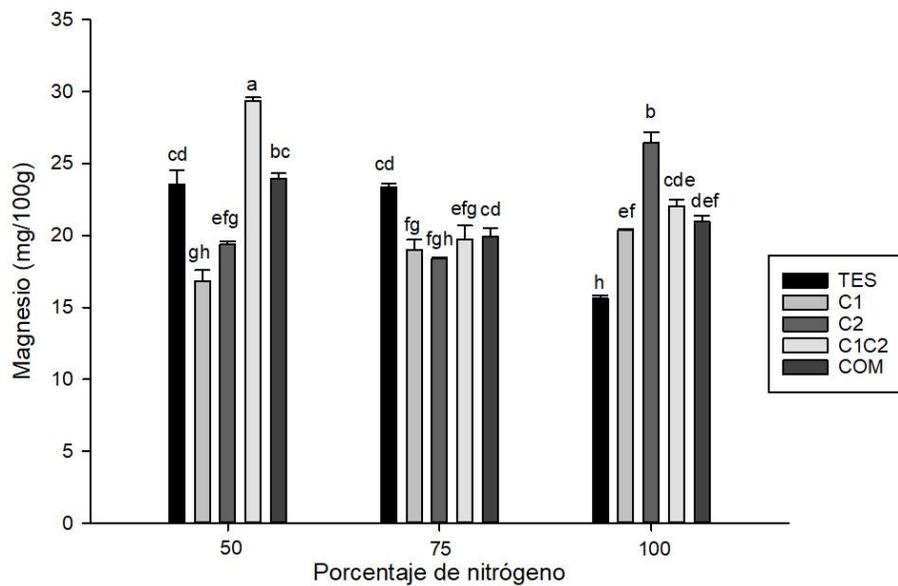


Figura 18. Magnesio de cebolla cultivada bajo diferentes concentraciones de nitrógeno e inoculada con *Azospirillum sp.*

CONCLUSIONES

A partir de este estudio se recomienda utilizar las cepas nativas de *Azospirillum* con la reducción de la fertilización nitrogenada ya que disminuyó de 25 a 50% para las variables agronómicas, además se incrementó el contenido de N, P, K, Mg y Ca y en calidad de bulbo de cebolla, así como el contenido de azúcares y acidez titulable.

REFERENCIAS

- Abou-El-Hassan S., Manal M.H, Gad El-Moula y Hatem H.A. (2018). Middle East Journal of applied Sciences. 8 (2): 612-624.
- Ahemad, M. y Kibret, M. (2013). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. *Journal of King Saud University - Science*, 26(1): 1-20.
- Aida, H.A., Hauka F.I.A. y El-Sawah A.M. (2018). Plant Growth-promoting Rhizobacteria Enhance Onion (*Allium cepa* L.) Productivity and Minimize requisite Chemical Fertilization. *Microbiology. Env. Biodiv. Soil Security*. 2: 119 – 129.
- Álvarez-Hernández, J.C., Venegas-Flores, S., Soto-Ayala, C. Chávez-Vargas, A. y Zavala-Sánchez. (2011). Uso de fertilizantes químicos y orgánicos en cebolla (*Allium cepa* L.) en Apatzingán, Michoacán, México. *Avances en investigación agropecuaria*. 15 (2): 29-43.
- AOAC. (1980). Association of Official analytical Chemist. Official Methods of Analysis. Kjeldahl method (2.062). 13th edition. Washington D.C., USA.p.547-562.
- AOAC. (1990). Oficial method 932.12 Solids soluble in fruits and fruit products refractometer method. Washington E.U.: Agric Chem. 15 th. Washington, D.C. p.1298
- AOAC. (1990). Oficial method 942.15 Acidity (titrable) of fruit products. Official method of analysis of AOAC International: Washington, E.U.: Agric Chem. 15 th. Washington, D.C. 18, cap.37, p. 10.
- Anish K., Balaji V. y Singh, P.K. (2019). Response of Nitrogen and Azospirillum Inoculation on Growth and Yield of Onion (*Allium cepa* L.) cv. Pusa Red. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*. 8(6): 1327-1331.
- Balemi, T.; N. Pal and A. K. Saxena (2007). Response of onion (*Allium cepa* L.) to combined application of biological and chemical nitrogenous fertilizers. *Acta Agriculturae Slovenica*, 89(1): 107 – 114
- Bhattacharjee, S., Hasnan, M. y Sultana, Abida. (2013). Analisis of the Proximate Composition and Energy Values of Two Varieties of Onion (*Allium cepa* L.) Bulbs of different origins: A Comparative Study. 2: 246 pp.
- Bhattacharjee, R. y Dey, U. (2014). Biofertilizer, a way towards organic agriculture: A review. *African Journal of Microbiology Research*, 8 (24), 2332-2343.

- Bettoni, M.M., A.F. Mogor, V. Pauletti, N. Goicoechea, I. Aranjuelo, and I. Garmendia.(2016). Nutritional quality and yield of onion as affected by different application methods and doses of humic substances. *J. Food Compos. Anal.* 51:37–44.
- Bray, R. H. y Kurtz, L. T. (1945). Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Science.* 59: 39-45.
- Casaca, A.D. (2005). Guías tecnológicas de frutas y vegetales. Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG). Pp 3.
- Cervantes-Parra, V.(2017). producción y calidad de cebolla roja Var. Mata Hari cultivada con *Azospirillum* sp. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila.67pp.
- Cohat, J. L. P. Ieroux. M. Pichon, A. Beyries. (1993). Vegetatively propagated edible Alliums. INRA. Paris, Francia. 42 pp.
- Colina-Coca C, de Ancos B, Sánchez-Moreno C. (2014) Nutritional composition of processed onion: s-alk(en)yl-l-cysteine sulfoxides, organic acids, sugars, minerals, and vitamin C. *Food Bioprocess Tech.* 7:289-298.
- De Chihuahua-SAGARPA, G. D. E. (2011). Plan rector del sistema producto cebolla chihuahua. 68 pp.
- Devendra, K.K., Mahendra K.L y Gaurav S. P. (2018). Effect of Azotobacter on growth and yield of onion (*Allium cepa* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry.* 7(1): 1171-1175.
- Devi, A.K.B. & Ado, L. (2005). Effect of fertilizers and biofertilizers on physiological growth parameters of multiplier onion (*Allium cepa* var *aggregatum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences.* 75 (6): 352-354.
- Díaz-Pérez J.C, Bautista J., Gunawan G. y Bateman A. (2018). Sweet onion (*Allium cepa* L.) as influenced by organic fertilization rate: 1. Plant growth, and leaf and bulb mineral composition. *Hort. Science.* 53 (4): 451-458.
- 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.
- Djurdjevic L, Dinic A, Pavlovic P, et al. Allelopathic potential of *Allium ursinum* L. *Biochem Syst Ecol* (2004). 32:533e44.
- Estrada-Prado, W., Lescay-Batista, E., Álvarez-Fonseca, A., Yariuska, C. y Ramos, M. (2015). Niveles de humedad en el suelo en la producción de bulbos de cebolla. *Agron. Mesoam.* 26 (1): 111-117.

- Esquivel-Cote, R., Gavilanes-Ruiz, M., Cruz-Ortega, R. y Huante, P. (2013). Importancia agrobiotecnológica de la enzima ACC desaminasa en rizobacterias, una revisión. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(3): 251-258.
- FAO. 2015. México. <http://www.fao.org/> (enero de 2015)
- Fritsch, R. M., & Keusgen, M. (2006). Occurrence and taxonomic significance of cysteine sulphoxides in the genus *Allium* L. (Alliaceae). *Phytochemistry*, 67(11), 1127–1135.
- Garza López, J. M. (2008) las hortalizas cultivadas en México: características botánicas, fitotecnia,UACH, México. Pag 2-3.
- Gebretsadik, K. y Dechassa, N. (2018). Response of Onion (L.) to nitrogen fertilizer rates spacing under rain fed condition at Tahtay Koraro, Ethiopia. *Scientific reports*. 22:8
- Guenkov, G. (2003). Fundamentos de la horticultura cubana. Ed. Pueblo y educación de La Habana, Cuba.
- Hafez, E. y Geries, L. (2018). Effect of nitrogen fertilization and biostimulative compounds on onion productivity. *Cercetări Agronomice în Moldova* Vol. 51, No. 1 (173) 75-90.
- Han, J., Lawson, L., Han, G., Han, P., (1995). Spectrophotometric method for quantitative determination of Allicin and Total garlic Thiosulfinates. *Anal. Biochem.* 225:157–160.
- Ismail, E. G., Walid, W. M., Salah, K. y Fa- dia E. S. (2014). Effect of manure and biofertilizers on growth, yield, silymarin content, and protein expression prole of *Silybum marianum*. *Advance in Agriculture and Biology*. 2 (1): 36-44
- Jones, H.A. y Mann L.K. (1993). *Onion and their Allies*. Leonard Hill Publisher. New York, USA.
- Kasera, S., Kumar-Meena, M., Jadia, M., y Basediya, S.S. (2019). Study of the yield and quality characters of different onion varieties for crop Improvement Purposes. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*. 7 (3): 52-57. Doi:10.18782/2320-7051.7504
- Kumari, P. J., Garhwa, I O.P. y Singh, S.P. (2018). Influence of organic, inorganic fertilizers and biofertilizers on growth, yield and quality of onion (*Allium cepa* L.). *International Journal of Chemical Studies*. 6(3): 01-06.
- Maldonado-García, M.A. (2000). Efecto de la aplicación foliar de carbohidratos y ácido salicílico sobre el crecimiento de plantas de cebolla. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila.44pp.

- Malusa, E., Sas-Paszt, L. and Ciesielska, J. (2012). Technologies for beneficial microorganisms inocula used as biofertilizers. *T. Scientific World J.*, pp 12.
- Mansor N, Heng HJ, Samsudin SJ.(2016). Quantification and characterization of allicin in garlic extract. *Journal of Medical and Bioengineering.* 5(1):24-7.
- Marroquín-Pérez, R. (2014). Análisis de calidad de cebolla (*Allium cepa*) var. Cristal White cultivada con diferentes colores de acolchado plástico. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila.50 pp.
- Micheli, L., Nencini, C., & Menchiari, A. (2015). Evaluation of antioxidant defense system of Wild *Allium neapolitanum* Cyr . From Italy. *The Pharma Innovation Journal*, 4(3), 56–60.
- Mlcek, J., Valsikova, M., Druzvikova, H., Ryant, P., Jurikova, T., Sochor, J., Borkovcova, M.(2015). The antioxidant capacity and macroelement content of several onion cultivars. *Turk. J. Agric. For.*, 39, 999–1004.
- Moreno, Á. A. T. (2017). Uso de Abonos Orgánicos para el Desarrollo Sustentable de la Escuela Técnica Agronómica Salesiana. En revista *Scientific*, 2(3): 99-117.
- Najjaa, H. Neffati, M. & Zouari, S. y Ammar, E. (2007). Essential oil composition and antibacterial activity of different extracts of *Allium roseum* L., a North African endemic species. *Comptes Rendus Chimie - C R CHIM.* 10. 820-826.
- Ortíz, C. R.; Contreras, C. H. A.; Macías, R. L. and López, B. J. (2014). The role of microbial signals in plant growth and development. *Plant Signaling & Behavior.* 4(8):701-712.
- Pathak, D.V., Kumar, M. Rani, K. (2017). Biofertilizer Application in Horticultural Crops. In: Panpatte D., Jhala Y., Vyas R., Shelat H. (eds) *Microorganisms for Green Revolution. Microorganisms for Sustainability*, vol 6. Springer, Singapore.
- Pii, Y., Mimmo, T., Tomasi, N., Terzano, R. Cesco, S., y Crecchio, C. (2015). Microbial interactions in the rhizosphere: beneficial influences of plant growth-promoting rhizobacteria on nutrient acquisition process. A review. *Biology and Fertility of soils*, 51(4), 403-415.
- Pulido L.E. Medina N y Cabrera A. (2003). la biofertilización con rizobacterias y hongos micorrizicos arbusculares en la producción de posturas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y cebolla (*Allium cepa* L.). I. Crecimiento vegetativo. *Cultivos Tropicales.* vol. 24, no. 1, p. 15-24.

- Rai, N., Ashiya P. y Rathore D. S. (2014). Comparative study of the effect of chemical fertilizers and organic fertilizers on *Eisenia foetida*. International Journal of Innovative Research in Science. 3 (5): 12991-12998.
- Sahu, P. K. y Brahma Prakash, G. P. (2016). Formulations of biofertilizers Approaches and advances. En D. Singh, H. Singh y R. Prabna (eds.), Microbial inoculants in sustainable agricultural productivity (pp. 179- 198). Nueva Delhi: Springer India
- Sharma, K., Assefa, D.A., Ko S.y Eun Sook, Eul-Tai L. y Se Won P. (2013). Quantitative analysis of flavonoids, sugars, phenylalanine and tryptophan in onion scales during storage under ambient conditions. Journal of Food Science and Technology -Mysore-. 52. 10.1007/s13197-013-1225-2.
- Shinohara, S. (1998). vegetable seed production technology of japan elucidate with respective variety development histories, particulars. Vol II. Ref.No.5. SAACEO. Tokyo, Japon. 317pp.
- Shirin, K., Naseem, S., Bashir, E., Imad, S., Shafiq, S. (2008). A comparison of digestion methods for the estimation of elements in *Dodonaea viscosa*: a native flora of Wadh, Balochistan, Pakistan. J. Chem. Soc. Pak., 30(1): 90-95.
- SIAP, (2015). Sistema de Información agroalimentaria de Consulta 1980-2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. México.
- Sidiqqi, N.A., Mothana, R.A. y Alam P. (2016). Quantitative determination of allin in dried garlic cloves and products by high-performance thin-layer chromatography. Tropical Journal Pharmaceutical Research. 15 (8): 1759-1765.
- Singh, M.K.; N. Srivastava and R. K. Singh (2017). Integrated effect of biofertilizers and inorganic fertilizers on growth, yield and quality of onion (*Allium cepa* L.). *J. PharmacognPhytochem.*, 6(5): 1841-1844.
- Sobrinho I.E.y Sobrinho V.E. (1989). Tratado: Hortalizas de flor y de fruta. Editorial AEDOS.Barcelona España, 352 pp.
- Sobrinho, I. e: y E. Sobrinho V. (1992). Tratado de horticultura herbácea.tomo II. Aedos. Barcelona, España. Pag:224-252.
- Somani L.L., Bhandari S.C., Sexena S.N. y Gulati I.J. Phospho microorganism (1990). in : Bio-fertilizers. Eds. Somani, L.L., Bhandari SC, Sexena SN, Vyas KK. Pp. 271-290.
- Soria, F. M. (1993). Producción de hortalizas en la península de Yucatán. Colegio de investigación y graduados agropecuario: Instituto agropecuario No. 2. Yucatán, México. 303pp.

- Suhameena B., Devi, S., Gowri, R.S. y Dinesh Kumar. (2020). Utilization of *Azospirillum* as a biofertilizer – An overview. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*. 62. 141-145.
- Vessey, J.K. (2003). Plant growth promoting bacteria as Biofertilisers. *Plant Soil*, 255: 571-586.
- Wang, Yi., Deng, C.,Cota-Ruiz, K., Peralta-Videa, J.R., Sun, Y., Rawat, S., Tan, W., Reyes, A., Hernández-Viezcas J.A.,Niu, G.,Li, C. y Gardea-Torresdey J.L. (2020). Improvement of nutrient elements and allicin content in green onion (*Allium Fisyilosum*) plants exposed to CuO nanoparticles. *Science of The Total Environment* 725: 138387.
- Yogita, Ram, R.B. effect of chemical and bio-fertilizers on quality of onion. (2012) *HortFlora Res. Spectrum*. 1,367–370.

ANEXOS

Tabla 1. Efecto de la inoculación de rizobacterias y diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre los caracteres de crecimiento del bulbo de cebolla (*Allium cepa* L.).

F1	F2	PB (g)	DE (mm)	DP (mm)	NC	PT (g)	R (ton/ha)
T	50	381.20abc	84.60d	86.00cd	15.00a	506.00abc	96.08bcde
	75	287.80c	77.90e	86.28cd	15.40a	414.30cd	112.08ab
	100	337.20abc	86.38bcd	89.02bc	15.810a	462.26bcd	89.83cdef
C1	50	381.00abc	89.60abc	86.80bcd	15.20a	473.80abcd	76.83ef
	75	359.60abc	84.64d	84.46d	14.60a	506.44abc	120.58a
	100	369.20abc	85.20cd	91.20b	13.00a	520.00ab	93.83cdef
C2	50	362.60abc	88.20abcd	91.20b	14.60a	506.60abc	101.08bcd
	75	352.35abc	84.20d	85.80cd	12.60a	433.79bcd	57.63g
	100	353.20abc	91.56a	89.06bc	13.60a	456.28bcd	104.33abc
C1+C2	50	431.00a	91.60a	97.52a	15.00a	566.00 a	85.83def
	75	288.00c	76.62ef	84.32d	14.40a	403.46d	80.42ef
	100	389.60ab	90.72ab	88.16bcd	15.20a	517.14ab	100.75bcd
CC	50	324.00bc	73.10f	90.84b	13.40a	439.8bcd	100.83bcd
	75	307.00bc	83.80d	85.40cd	16.60a	469.24bcd	81.42ef
	100	394.00ab	91.04a	91.20b	15.20a	498.44abc	104.92abc

Dónde; PB= Peso de bulbo, DE. Diámetro ecuatorial, DP. Diámetro polar, NC. Numero de capas, PT. Peso total, R. rendimiento. Valores dentro de una columna seguida de distintas letras son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Tabla 2. Efecto de la inoculación de rizobacterias con diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre los caracteres de crecimiento de cebolla (*Allium cepa* L.).

F1	F2	NH	LH (cm)	AH (cm)	PH (g)	PR (g)	AP (cm)
T	50	11ab	72.2bc	2.16a	121.60ef	3.20bc	71.00ab
	75	10.6ab	80ab	2.22a	124.00e	2.50de	67.60ab
	100	8.8d	77.2ab	2.16a	122.60e	2.46de	62.60ab
C1	50	10bc	77.2ab	2.18a	90.00i	2.80cd	75.60ab
	75	10.3abc	73.3bc	1.86a	144.00b	2.84cd	58.20ab
	100	10.5abc	82.8a	1.88a	147.40b	3.40bc	72.00ab
C2	50	10.4abc	76.6abc	2.02a	141.00bc	3.00cd	66.80ab
	75	10bc	79.6ab	1.96a	78.60j	2.84cd	86.00a
	100	11.2a	74.04bc	1.58a	99.40h	3.80ab	66.40ab
C1+C2	50	10.7ab	75abc	2.12a	133.00cd	2.00ef	67.80ab
	75	10.3abc	72.04bc	1.74a	112.20g	3.26bc	77.60ab
	100	10.1abc	72.6bc	1.78a	125.00de	2.54de	71.80ab
CC	50	9.9bcd	73.8bc	1.68a	114.20fg	1.60f	59.00ab
	75	10.8ab	75.6abc	2.16a	158.00a	4.24a	71.20ab
	100	8.8d	68.4c	1.76a	102.00h	2.44de	48.10b

Donde; NH. número de hojas, LH. Largo de hoja, AH. Altura de hoja, PH. peso de hoja, PR, peso de raíz, AP, altura de planta. Valores dentro de una columna seguida de diferentes letras son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Tabla 3. Efecto de la inoculación de RPCV y diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre las variables de calidad del bulbo de cebolla (*Allium cepa* L.).

F1	F2	AT(%)	SST(°Brix)	ALICINA (µg/g)
TES	50	0.05def	6.87a	4.11d
	75	0.06bcde	6.63ef	4.06d
	100	0.03g	4.03h	0.47h
C1	50	0.06cde	7.27cde	4.16d
	75	0.08bc	8.37abc	4.10d
	100	0.03fg	5.20gh	5.03ab
C2	50	0.03fg	9.17a	3.44ef
	75	0.05def	7.40bcde	4.86bc
	100	0.04efg	5.13gh	3.61e
C1+C2	50	0.10a	8.33abcd	3.33fg
	75	0.07bcd	5.17gh	3.42g
	100	0.06bcde	5.43fg	3.61e
CC	50	0.06bcde	7.00e	3.35fg
	75	0.06fg	7.10d	5.13a
	100	0.08ab	8.63ab	4.69c

Tabla 4. Efecto de la inoculación de RPCV y diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el contenido mineral del bulbo de cebolla (*Allium cepa* L.).

F1	F2	N (%)	P (mg/100G)	K (mg/100G)	Ca(mg/100G)	Mg (mg/100G)
TES	50	0.12abc	15.16e	120.44def	117.42ab	23.52cd
	75	0.07c	23.88abc	105.96h	126.2 a	23.37cd
	100	0.14abc	20.83cd	113.62fgh	130.54a	15.6h
C1	50	0.19ab	12.19ef	119.94defg	107.57bc	16.85gh
	75	0.14abc	19.01d	135.52bc	96.22c	19.02fg
	100	0.12abc	10.36f	131.21bcd	132.56a	20.37ef
C2	50	0.09bc	25.03ab	115.24efgh	119.28ab	19.43efg
	75	0.19ab	20.96cd	107.71gh	106.18bc	18.40fgh
	100	0.12abc	11.64f	122.07def	107.63bc	26.42b
C1+C2	50	0.12abc	23.07bc	151.68 a	117.13ab	29.37a
	75	0.22f	26.59 a	141.97ab	127.05a	19.73efg
	100	0.03abc	21.43cd	88.2i	129.07a	22.02cde
CC	50	0.14abc	12.94ef	135.34bc	106.88bc	23.95cd
	75	0.12abc	19.58d	135.15bc	121.55ab	19.92ef
	100	0.16abc	11.85ef	126.96cde	118.48ab	20.97def

Dónde: N= nitrógeno, P= fósforo, K= potasio, Ca= Calcio, Mg= Magnesio. Valores dentro de una columna seguida de diferentes letras son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).