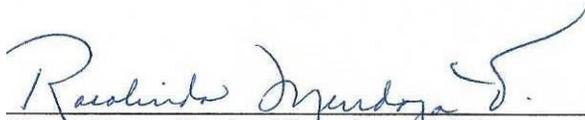


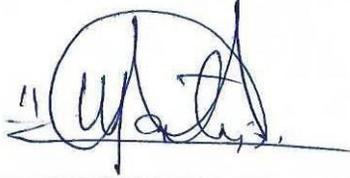
IMPACTO DE LA BIOFERTILIZACIÓN CON *AZOSPIRILLUM* SP. EN
HÍBRIDOS DE MELÓN EN LA COMARCA LAGUNERA

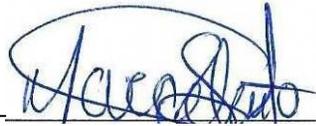
Tesis

Elaborada por BLANCA ARACELI ROJAS MÉNDEZ 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 Villarreal
Asesor Principal


Dr. Valentín Robledo Torres
Asesor


M.E. Victor Martinez Cueto
Asesor


Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente
Subdirector de postgrado.

Agradecimientos

Dios gracias por permitirme continuar, y recuperar lo que dejamos en el camino, siempre tu voluntad padre celestial.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, mi alma Mater, que me formó profesionalmente.

Al Programa de Postgrado en Ciencias en Horticultura, a los docentes, gracias por compartir sus conocimientos.

Especialmente a la **Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal**, por su asesoría para la realización de este trabajo, no tengo palabras Dra. para agradecer toda su disponibilidad, paciencia y apoyo, por su tiempo dedicado a concluir esta tesis, mi gratitud y admiración infinita para usted.

Al **Dr. Valentín Robledo Torres** por su asesoría a la presente investigación y su apoyo durante mi etapa de estudiante de Postgrado.

Al **M.E. Víctor Martínez Cueto** por recibir mi proyecto en la UAAAN-UL, su asesoría a este trabajo, gracias siempre maestro por compartir sus conocimientos, sus consejos en las aulas, su gentileza, siempre recuerdo su gran actitud y entusiasmo para la comunidad estudiantil.

A la **Srita. Cony Tello Quintero, del área de Postgrado**, por su amable atención y disposición en este proceso, muchas gracias.

A **María de Lourdes Hernández Hernández**, gracias amiga, por todo lo que haces por mí y por mi hija, por estar en nuestro camino.

A **Priscila (sobrina querida) y Jordi**, por su apoyo.

A Todos los que de alguna manera han estado en las buenas y en las difíciles, gracias Karenzita Ramírez, Sergio Sánchez, Azucena Jiménez, Isidro morales, Rocío Peralta, Rosy del Carmen, Jorge Torres, Cesar Márquez, Aleyda, Rosa Irma, Juan Carlos Sorcia, Gaby Díaz-Rivera.

Dedicatorias

A mi hija Lucia, a ti luz de mis días.

A la memoria de mi hermana Nancy

A mis Padres.

Índice General

Portada.....	i
Hoja de firmas	ii
Agradecimientos.....	iii
Dedicatorias.....	iv
Índice General.....	v
Índice de Cuadros.....	vi
Índice de Figuras.....	vii
Resumen.....	viii
Introducción.....	1
Objetivos.....	2
Hipótesis.....	2
Revisión de Literatura.....	3
El Cultivo de Melón.....	3
Descripción Botánica.....	4
Importancia del Nitrógeno(N) en el cultivo de Melón.....	4
Morfología del Fruto.....	5
Propiedades Nutritivas.....	5
Sistemas de producción del Melón.....	6
Problemática de la Fertilización Química.....	6
Fertilizantes Biológicos (Biofertilizantes).....	8
<i>Azospirillum</i> sp.....	8
Descripción del género <i>Azospirillum</i>	12
Morfología de <i>Azospirillum</i>	12
<i>Azospirillum</i> y las Fitohormonas.....	13
Materiales y Métodos.....	15
Ubicación geográfica de la Región Lagunera.....	15
Genotipos Evaluados.....	15
Diseño Experimental.....	16
Siembra y Riego del Cultivo.....	18

Aplicación de Azospirillum y Fertilización Química.....	18
Polinización.....	18
Control de Plagas.....	19
Cosecha.....	19
Variables de Rendimiento y Fruto.....	20
Resultados y Discusión.....	20
Análisis de Varianza.....	21
Floración Masculina.....	22
Floración Femenina.....	22
Longitud de Guía Principal.....	22
Cuajado de Fruto y Numero de Fruto.....	23
Diámetro Polar y Diámetro Ecuatorial.....	25
Solidos solubles (GBX).....	25
Grosor de Pulpa y Grosor de Cascara.....	26
Rendimiento.....	27
Peso Seco.....	29
Conclusiones.....	30
Referencias Bibliográfica.....	31

Índice de Cuadros

	Pág.
1.- Cuadrados medios del análisis de varianza de Caracteres Agronómicos evaluados en la Región Lagunera 2018.....	21
2.- Variables Fenológicas Días a Floración Masculina, Floración Femenina y Cuajado de Fruto Evaluadas en Campo. Región Lagunera 2018.....	23
3.- Variables Fenológicas Número de Frutos y Longitud de Guía Principal del Cultivo de Melón en Campo. Región Lagunera 2018.....	24
4.- Variables de Calidad Grosor de Pulpa y Grosor de Cáscara en Frutos de Melón Fertilizados con <i>Azospirillum</i> sp. Región Lagunera 2018.....	26
5.- Variables de Calidad Diámetro Polar y Diámetro Ecuatorial en Frutos de Melón Fertilizados con <i>Azospirillum</i> sp. Región Lagunera 2018.....	27

Índice de Figuras

	Pág.
1.- Efecto de <i>Azospirillum</i> sp sobre el rendimiento de los híbridos de Melón “Cruiser” y “Mission”.....	29
2.- Efecto de <i>Azospirillum</i> sp sobre el peso seco de los híbridos de Melón “Cruiser” y “Mission”.	30

RESUMEN

IMPACTO DE LA BIOFERTILIZACIÓN CON *AZOSPIRILLUM* SP. EN
HÍBRIDOS DE MELÓN EN LA COMARCA LAGUNERA.

P O R

BLANCA ARACELI ROJAS MENDEZ
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DRA. ROSALINDA MENDOZA VILLARREAL-ASESORA-

Saltillo, Coahuila

Junio 2022

El presente trabajo se realizó bajo condiciones de campo abierto, en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna en Torreón, Coahuila, México, con el objetivo de evaluar el efecto de la biofertilización con cepas nativas de *Azospirillum sp.* a concentración 10^9 UFC mL⁻¹ en melón (híbridos Cruiser y Mission), bajo un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, en tres repeticiones, con ocho tratamientos T1(3),T2 (5),T3(7 ,T4 (3 y 5),T5 (3 y 7),T6(5 y 7), T7 (3, 5 y 7) y T8 (Testigo), se evaluaron FM y FF, CF, NF,GDP,GDC,DE,DP,GBX ,PS, LGP, Y RKH. De acuerdo al análisis de varianza en CF, la combinación de las cepas 3 y 7, presentaron la mayor precocidad con 37 días en relación al testigo con 46 días y en FF 46.8 días y el testigo 49.8 días con el híbrido cruiser, en FM no existieron diferencias significativas, en NF la cepa 5 superó al testigo en 14.8% siendo el híbrido Mission el más sobresaliente, en LGP no se presentó diferencia significativa, en PS la Cepa 5 superó al testigo en un 18% y en RKH la misma cepa lo incrementó en 12.5% ambas variables con Mission. En las variables de calidad GBX no tuvo diferencias significativas, siendo T4, el más sobresaliente, con el híbrido Mission. En GDP, GDC, DE, DP existieron diferencias significativas, debido a las características de los genotipos, siendo el T4, con el híbrido Mission, con mejores características en relación al testigo.

Palabras Clave: *Cucumis Melo L.*, *Azospirillum sp.*, biofertilización, y producción.

ABSTRACT

IMPACT OF BIOFERTILIZATION WITH AZOSPIRILLUM SP. IN MELON
HYBRIDS IN THE LAGUNERA REGION.

By

BLANCA ARACELI ROJAS MENDEZ
MASTER OF SCIENCE OF HORTICULTURE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DRA. ROSALINDA MENDOZA VILLARREAL-ADVISOR-

Saltillo, Coahuila

June 2022

The present work was carried out under open field conditions, in the experimental field of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Laguna Unit in Torreón, Coahuila, Mexico, with the objective of evaluating the effect of biofertilization with native strains of *Azospirillum* sp. at a concentration of 10^9 CFU mL⁻¹ in melon (Cruiser and Mission hybrids), under a randomized block design with a split-plot arrangement, in three replications, with eight treatments T1(3),T2 (5),T3(7 ,T4 (3 and 5),T5 (3 and 7),T6(5 and 7), T7 (3, 5 and 7) and T8 (Control), FM and FF, CF, NF,GDP,GDC,DE,DP,GBX ,PS, LGP, and RKH were evaluated. According to the analysis of variance in CF, the combination of strains 3 and 7, presented the highest earliness with 37 days in relation to the control with 46 days and in FF 46.8 days and the control 49.8 days with the hybrid cruiser in FM there were no significant differences, in NF strain 5 surpassed the control in 14. In LGP there was no significant difference, in PS strain 5 outperformed the control by 18% and in RKH the same strain increased it by 12.5%, both variables with Mission. In the GBX quality variables, there were no significant differences, being T4, the most outstanding, with the Mission hybrid. In GDP, GDC, DE, DP there were significant differences, due to the characteristics of the genotypes, being T4, with the Mission hybrid, with better characteristics in relation to the control.

KEY WORDS: *Cucumis melo* L., *Azospirillum* sp., biofertilization, production.

INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos es una actividad que demanda mejores técnicas agrícolas. En la actualidad el uso de fertilizantes sintéticos, en los sistemas de producción intensiva de melón (*Cucumis Melo L.*) en la Región Lagunera de Coahuila y Durango, representa una fuente de contaminación del medio ambiente, aunado a esto, en los últimos años los costos de los fertilizantes químicos han aumentado considerablemente afectando negativamente la economía de la población que depende de esta hortaliza para subsistir, derivado de esta problemática surge la necesidad de experimentar tecnologías sustentables de biofertilización, una de ellas es el uso de rizobacterias como *Azospirillum* sp, que ha sido utilizada en cultivos como leguminosas, poaceas, y hortalizas, que la perfilan como una opción prometedora en las regiones donde se pretende incrementar la capacidad productiva, también la calidad e inocuidad de productos agroalimentarios que tanto demanda el mercado global para alimentar a la población mundial. La importancia de cultivos hortícolas en el mundo está determinada por su demanda, su valor económico y su potencial productivo. Algunos productores de melón del norte México como Sonora y un grupo de productores de la comarca lagunera se han preocupado por obtener una producción certificada. Uno de los requisitos para Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y Buenas Prácticas de Manejo (BPM) es la fertilización orgánica. (Grageda et al. 2012), mencionan la importancia que tienen los microorganismos en la naturaleza y en sus relaciones con el hombre es cada día más evidente. El melón es una hortaliza que sido cultivada durante años en algunas regiones agrícolas del país, su valor radica en su calidad y los buenos rendimientos obtenidos en las zonas productoras, destacando esta actividad, como fuente de ingreso para la población, en México. De acuerdo a cifras registradas (SIAP, 2017) Coahuila produce el 24.3%, después Sonora, con 23.85%; Michoacán 16.45% y Guerrero 12.97%, con una producción total de 598,041 mil toneladas al año. (SAGARPA, 2017) informó que el melón representa 26 millones de pesos para el estado de Coahuila de Zaragoza, sin embargo, no se aprovecha del todo,

dado que su principal forma de consumo es en fresco, en los municipios de la región lagunera existen más de mil ochocientos productores específicamente en Matamoros, Viesca y San Pedro, que integran la mayor zona productora de Coahuila, debido a que estas tierras poseen las condiciones necesarias para cultivar este fruto que siembra en climas cálidos y no de excesiva humedad. Por otra parte estas unidades de producción que se encuentran en zonas rurales y tierras ejidales, estas a través del tiempo han logrado poco a poco tecnificarse así como ir integrando acciones para obtener mejores rendimientos, atendiendo también las necesidades de los mercados, que cada día se van adaptando a las características que deben tener para el consumidor, sin descuidar la sanidad y la inocuidad, enfrentándose a la alta de costos de producción, en un mercado global, buscando cada día técnicas de cultivo amigables con el medio ambiente una de ellas disminuir el uso de fertilizantes químicos, considerando la alternativa de los biofertilizantes, por sus beneficios entre ellos la reducción de costos.

OBJETIVOS

1. Evaluar la respuesta de la biofertilización en Melón (*Cucumis Melo* L.) con *Azospirillum* sp. campo abierto.
2. Evaluar la relación de *Azospirillum* sp. con la variables agronómicas.
3. Evaluar las características de calidad de fruto de melón (*Cucumis Melo* L.) al utilizar de *Azospirillum* sp.
4. Identificar las cepas de *Azospirillum* sp. que mejor se adapten al cultivo de melón con base a los caracteres agronómicos evaluados.

HIPOTESIS

El rendimiento y calidad del fruto de melón (*Cucumis Melo* L.) Tipo cantaloupe Cruiser y Mission se incrementa con el uso de *Azospirillum* sp.

REVISIÓN DE LITERATURA

El Cultivo de Melón

El melón (*Cucumis melo* L.), es una planta herbácea monoica cuyo origen se presume en Asia meridional, la India y África, Cultivo de amplia difusión en el país a escala comercial. El mercado internacional consume diversos tipos de melón, en función de la época del año y los gustos de los consumidores de cada país. En las últimas décadas el melón ha pasado de ser un cultivo estacional más, a ser una de las especies importantes entre los cultivos hortícolas. En 1997, la producción de melón a nivel mundial se ubicó dentro de las 10 primeras frutas, después de la naranja, el banano y las uvas de mesa, pero por encima de la piña, la papaya y el limón. El melón es una de las frutas tropicales más conocidas y demandadas por los países desarrollados. En los últimos años se ha incrementado su consumo gracias al auge de las ventas de productos procesados frescos (PPF), listos para consumir, modalidad en la cual el melón se destaca como una de las frutas más demandadas (Castro y Krarup, 2010). Entre los melones que tienen una mayor comercialización a nivel mundial se encuentran los tipos Cantaloupe que son reticulados, con una cubierta tipo corcho o cáscara en forma de red; y Honeydew (Tuna) con cáscara lisa. También son importantes los melones Amarillo, Galia, Charentais y Piel de Sapo.

Descripción Botánica

(Abarca, 2017) menciona algunas generalidades que caracterizan al cultivo de melón es una planta anual, con porte rastrero o trepador. Tiene un sistema radicular ramificado y de rápido desarrollo; su tallo principal está cubierto por formaciones pilosas y nudos en los que se desarrollan hojas zarcillos y flores, brotando nuevos tallos de las axilas de las hojas; sus hojas de limbo orbicular aovado, dividido en 3 a 7 lóbulos con los márgenes dentados, reniforme o pentagonal, describe las hojas también de la siguiente manera: vellosas por el envés; su flor es amarilla, es especie monoica, sin tronco, de tallos o guías tiernos, blandos, flexibles, rastreros que alcanzan de 1,5 a 3,5 m de largo, el

Manual de manejo agronómico para cultivo de melón de (abarca 2017) menciona la importancia de las estructuras como los zarcillos, por medio de estos puede trepar y guiar. También hace referencia que la planta de melón presenta polimorfismo, las variación de las formas y tamaños de las hojas. Define la clasificación de esta especie en la familia de las Cucurbitáceas siendo las variedades cultivadas las siguientes especies botánicas: *Cucumis melo* L. var. *reticulatus cantalupensis inodorus saccharinus* Todas estas especies pertenecen al Reino Vegetal, Superdivisión *Trachaeophyta*, División *Spermatophyta*, Subdivisión *Angiospermae*, Clase *Dicotiledoneae*, Orden Cucurbitales.

Importancia del Nitrógeno(N) en el cultivo de Melón

(Abarca 2017) cita que el nitrógeno es un componente de las proteínas y está presente en la mayoría estructuras orgánicas y combinaciones de las especies vegetales, integra el factor más restrictivo en el desarrollo de las plantas. El N procede, si no consideramos el suministro de fertilizantes, de los aportes de la materia orgánica del suelo sometidos a una serie de transformaciones bioquímicas. Las raíces absorben el N bajo dos formas, en nitrato (NO_3^-) y amoníaco (NH_4^+) Factores como la edad de la planta, la especie, el pH del suelo, etc., determinan la absorción de una u otra forma. En los suelos las plantas toman el Nitrógeno principalmente en forma de nitrato. Las diferentes funciones del Nitrógeno en la planta se deben considerar en base a su participación como componente de gran cantidad de compuestos orgánicos importantes para el metabolismo vegetal. El exceso de Nitrógeno favorece el antagonismo de otros elementos, como el Cu, además este exceso ocasiona gran susceptibilidad a enfermedades y desventajas a condiciones climáticas adversas, ya sea una sequía o helada, es un elemento que se moviliza en la planta, las deficiencias se presentan en primer lugar en las hojas viejas. La concentración de Nitrógeno es variable en el suelo más que otro elemento, incluso dentro de un mismo potrero, el contenido de Nitrógeno varía en función de condiciones como, la topografía o la textura. El resultado de la aplicación de nitrógeno (N) sobre la expresión sexual en melón (*Cucumis melo* L.) ha sido reportada desde fines de

los años sesenta, con bajos Niveles de carbohidratos y contenidos altos de Nitrógeno influenciaron en la inducción de flores masculinas, lo que implica que el cuajado de los frutos y la cosecha presentan un retraso entre 8 y 9 días.

Morfología del Fruto

(SIAP, 2017) realizó una descripción del fruto mencionando que la forma puede variar (elíptica, aovada, esférica); la cascara tiene las siguientes tonalidades color blanco, amarillo, verde, es lisa, estriada o reticulada. La pulpa de acuerdo a su variedad puede presentarse en color blanco, amarillo o anaranjado. El área de placenta que está en el centro del fruto es depositario de las semillas y presenta una consistencia gelatinosa y acuosa, el melón es un fruto clasificado como climatérico, es una baya que contiene agua y un sabor característico dulce. Destaca su amplia variabilidad genética y esto se refleja en el número de variedades existentes, en las que se pueden observar frutos de diferente tamaño, formas, sabores, colores, que se destinan principalmente para consumo en fresco.

Propiedades Nutritivas

(Rodriguez-Perez et-al., 2013) mencionan que el contenido nutricional del melón está integrado por poli fenoles, ácidos orgánicos, líganos y otros compuestos polares que aportan a la salud de la población grandes beneficios, El melón es una hortaliza bien aceptada por los consumidores en el mundo por su contenido de antioxidantes, vitamina C, ácido fólico, fibra y potasio., además de bajo contenido de grasa y colesterol (Asokapandian et al., 2016). Citan la importancia de los antioxidantes como el β -caroteno, y su acción antioxidante, depende de la intensidad del pigmento anaranjado en la pulpa, y su intervención para evitar los proceso de oxidación biomolecular, reparando el daño celular, siendo una defensa contra los radicales libres, inhibiendo estos procesos, estos tienen un papel importante en la defensa del cuerpo humano. (Reza et al., 2017). Los meses donde llega la temporada de melón, hay una cantidad excedente de melón, Los consumidores tienen la costumbre de prepararlo en agua fresca, postres algunas

veces como helado. Sin embargo, la desventaja como se ha mencionado es de vida útil muy corta, y por tanto hay una tasa alta de degradación de la calidad que se puede apreciar como la pulpa sufre un ablandamiento, cambio del sabor, baja el contenido de carbohidratos y es susceptible al ataque de microorganismos patógenos. De acuerdo a (Asokapandian et al., 2016). Es una hortaliza con un aporte de antioxidantes, que también protegen al organismo de enfermedades crónicas y contra el envejecimiento. Es rico en vitamina C, E y en minerales el 90% de su contenido es agua (SIAP, 2017). Informo que los melones de tipo Cantaloupe se cosechan por índices de madurez fisiológica, Idealmente, la característica principal de madurez comercial es al observarse un estado firme-maduro, cuando el 3/4 del fruto es desprendido y que se puede identificar al cortar la fruta suavemente, y se pueda desprender el zarcillo de la planta. (INFOAGRO, 2010).

Sistemas de Producción de Melón

(IICA 2015). Menciona aspectos de la competitividad agrícola del melón, se pretende que se utilicen sistemas de producción tecnificados de acuerdo a las necesidades de esta hortaliza que es incrementar el rendimiento por hectárea, y reducir los costos de producción y mano de obra. La innovación es un aspecto que siempre se debe considerar, es un elemento que puede mejorar las condiciones de producción primaria e ir intensificando la producción y la calidad. Para cerrar las brechas de producción, actualmente se ha logrado utilizar una serie de tecnologías e que ya están siendo usadas en algunas zonas productoras o que pueden ser adaptadas, con poco esfuerzo, al servicio de los agricultores de hortalizas de los países de Latinoamérica

Problemática de la Fertilización Química

Desde el siglo XX, se ha dado un aumento en la población mundial, de acuerdo a al último reporte demográfico de las Naciones Unidas (2019) la población alcanzó los 7,700 millones a mediados del 2019 y la FAO (2009) también calculo que en el 2050 llegará a los 10,000 millones de personas. La agricultura enfrenta

un gran desafío, producir cada día mayor cantidad de alimentos para una población en constante crecimiento para el año 2050 se necesita un incremento, aproximado del 70% de la actual producción, sin embargo, esto no garantiza la seguridad alimentaria para todos (FAO 2018), menciona que la tendencia mundial ha sido hacer uso indiscriminado e ineficiente de fertilizantes químicos, sobre todo a base de nitrógeno y fósforo para incrementar los rendimientos. La agricultura es causante de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, que son, óxido nitroso (N₂O), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) asimismo la principal contaminante del agua (Sosa et al. 2019). Explican que la contaminación se da cuando se aplica fertilizante en exceso, dosis no necesarias de lo que el cultivo puede asimilar, este se infiltra y/o volatiliza, antes de ser aprovechados por la planta, llegando de esta manera a la atmósfera y al agua. China, es el mayor consumidor de fertilizantes químicos en el mundo, pierde aproximadamente el 50% por fenómenos de antes descritos. Actualmente, el mundo consume diez veces más fertilizantes que hace 50 años (FAO 2018). En los últimos años se han desarrollado estrategias alternativas para reemplazar los fertilizantes a través del uso de microorganismos benéficos que han demostrado cumplir funciones que mantienen el equilibrio del suelo y apoyan el crecimiento vegetal mediante diversos mecanismos, entre ellos está la solubilización de fosfatos y fijación de nitrógeno (Corrales et al., 2014). La agricultura es el principal sector de desarrollo económico de los países en crecimiento (Nehra et al., 2016), entre los cuales se encuentra México. En los sistemas de producción tradicionales los cultivos son demandantes de fertilizantes debido a la degradación de los suelos (Naqqash et al., 2016). De acuerdo a dicha demanda, se ha calculado que para el 2018 habrá un consumo de 200.5 x 10⁶ toneladas de fertilizantes nitrogenados, fosfatados y sales solubles (N-P₂O₅-K₂O) (FAO, 2015). Por otro lado, cada día existen más evidencias de que la aplicación continua de fertilizantes nitrogenados químicos puede provocar impactos en los ecosistemas, estos son negativos como lixiviación de nitratos en los mantos freáticos, contaminación de agua y emisiones gaseosas nocivas, causando daños al ambiente (Zahidet et al., 2015) y con riesgo latente para la humanidad.

Por otra parte, Cassan et al, (2014). Mencionan que a consecuencia del encarecimiento de los fertilizantes sintéticos, han marcado la pauta para buscar alternativas sustentables, como la fertilización biológica, que tenga las características imprescindibles hoy en día como el cuidado del medio ambiente, utilizando esta técnica en la agricultura científica de hoy en día y del futuro, sin afectar el ambiente de la económica (Barroso et al, 2015). La fertilización con nitrogenada es uno de los costos más altos del proceso de producción de cultivos no leguminosos, por la falta de contenido en la mayoría de los suelos (Núñez et al 2015). Los cultivos como los cereales, utilizan aproximadamente el 60% del fertilizante Nitrogenado producido en el mundo (Espínula 2014). Además la producción como la aplicación de fertilizantes nitrogenados contribuyen a los gases CO₂ y NO₂ que aumentan el efecto invernadero en la Tierra (Xu et al 2012). Los fertilizantes inorgánicos aplicados al suelo sufren una pérdida de hasta el 50% debido a procesos de lixiviación y desnitrificación. Además, la excesiva lixiviación de los fertilizantes inorgánicos puede dar lugar a la contaminación de las aguas daños ecológicos, y puede constituir un riesgo para la salud animal y humana. (Aguinaga et al, 2013) Las bacterias que se asocian a las raíces de las plantas y tienen la capacidad de fijar nitrógeno, producir auxinas, giberelinas y citoquininas, traduciéndose en un mayor desarrollo de la planta y reduciendo de esta manera el uso de fertilizantes químicos (Domínguez et al. 2020).

Fertilizantes Biológicos (Biofertilizantes)

Los biofertilizantes se pueden definir como sustancias preparadas a base de microorganismos que habitan normalmente en el suelo, estos son capaces de proveer en la planta mediante su actividad biológica, minerales y sustancias para su desarrollo. Son caracterizados por su eficiencia en fijar nitrógeno, solubilizar fósforo y potencializar diversos nutrientes, son 17 sustancias producidas biológicamente que estimulan el crecimiento y la germinación vegetal (Mishra et al., 2013) El uso de bacterias fijadoras de nitrógeno como biofertilizantes, se presenta desde la “revolución verde”, hacia el manejo sustentable de los recursos naturales conllevó al desarrollo de actividades más amigables con el suelo, el

agua y la biodiversidad de los cultivos agrícolas. Se dio paso a la agricultura orgánica, (Gouda et al., 2018) En los biofertilizantes comerciales, los microorganismos que pertenecen a los géneros *Azotobacter* sp, *Azospirillum* sp, y *Pseudomonas* sp, han demostrado aumento en la producción de los cultivos, ahorro de fertilizantes químicos y la disminución de la contaminación ambiental (Granda et al., 2015).

***Azospirillum* sp**

Azospirillum sp es una de las rizobacterias de vida libre más estudiada en la actualidad y de gran interés agrícola debido a su capacidad de fijar nitrógeno biológico y producir fitohormonas en cultivos como nabo, soya, frijol, maíz, sorgo y caña de azúcar. *Azospirillum* pertenece al género de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV), encontradas en la rizosfera de las plantas en diferentes regiones del mundo. Estas bacterias tienen la capacidad de incrementar la biodisponibilidad de elementos minerales y fijar nitrógeno. Otra característica importante de la bacteria es la producción de sustancias reguladoras de crecimiento vegetal como auxinas, giberelinas, citoquininas y ácido 3-indolacético (AIA). La unión de todos estos mecanismos de acción da como resultado una mejor absorción de nutrientes y agua, obteniendo una planta más vigorosa, productiva y tolerante a condiciones climáticas adversas. El análisis funcional de la producción, interacción y regulación de fitohormonas en plantas superiores como ácido indolacético, citoquinas y giberelinas (Parray et al 2016) ha resurgido en los últimos 10 años debido a avances en los modelos de estudio integrativo. Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal, que habitan en la rizosfera de las plantas pueden tener un efecto positivo sobre los cultivos. Los biofertilizantes microbianos como *Azospirillum* sp. Pueden aplicarse a la semilla, al suelo o al material vegetativo en cultivos anuales (Díaz-Franco A y Mayek-Pérez 2014). De manera específica, un método promisorio para reducir el uso de los fertilizantes sintéticos en la agricultura es la aplicación de las RPCV, como inoculantes microbianos (Nehra et al., 2016). El empleo de las RPCV como biofertilizantes son una opción sustentable para favorecer la disponibilidad de los

elementos nutritivos, el crecimiento de las plantas y los rendimientos (Zahid et al., 2015). Por lo anteriormente señalado, se describen los elementos inherentes a la interacción entre las RPCV y las especies vegetales, enfocándose en los efectos que éstas provocan a los cultivos agrícolas, a través de su sistema radicular. Los microorganismos utilizados como biofertilizantes tienen un papel sustancial. El desarrollo y uso de los biofertilizantes se contempla como una importante alternativa para la sustitución parcial o total de los fertilizantes minerales. Señalan que el empleo de biofertilizantes como componentes esenciales de los sistemas sustentables tiene como propósitos esenciales: a) reducir el uso de fertilizantes sintéticos o de los insumos externos, b) mejorar la cantidad y la calidad de los recursos internos, c) controlar enfermedades sin aplicación de fungicidas y d) incrementar el rendimiento de las especies vegetales (Tkachenko et al, 2013) mostraron en sus resultados que la inoculación bacteriana con *Azospirillum* sp de microclones de papa in vitro mejora la capacidad de adaptación de la planta ex vitro y aumenta el rendimiento de los minitubérculos. El índice de supervivencia porcentual de las plantas inoculadas cultivadas en el campo fue 1,5 veces mayor que el de las plantas no inoculadas. El peso total del tubérculo por planta fue más de un 30 % mayor en las plantas inoculadas que en las plantas de control. Para todos los cultivares en promedio, el rendimiento del tubérculo por metro cuadrado aumentó en más del 45 % como resultado de la inoculación in vitro. Este estudio es el primero en informar que la inoculación de *Azospirillum* sp de microclones de papa no solo mejora la calidad del material de siembra producido in vitro, sino que también aumenta significativamente el rendimiento de minitubérculos al mejorar la capacidad de adaptación de las plantas en el campo. (Domínguez, et al) *Azospirillum* sp. es un género de bacterias promotoras del crecimiento vegetal, encontrado en suelos de diferentes regiones del globo terrestre. Estas bacterias cuando se asocian a raíces de plantas, ayudan en la producción y productividad del cultivo, actuando en el aumento de parte aérea y sistema radicular. Estos beneficios se derivan de la excreción de los fitonutrientes de crecimiento, especialmente las auxinas. En las gramíneas forrajeras, la inoculación de estas cepas puede proporcionar

mayores ganancias de masa de forraje con menores dosis de N-fertilizante, garantizando la sostenibilidad del sistema de producción. (Castellanos et al, 2015) mencionaron que al utilizar esta bacteria aumenta el rendimiento en cereales en un 30%, atribuyendo esta ventaja a un óptimo desarrollo del sistema radicular, ya que con el uso de la biofertilización mejora la absorción de agua y nutrientes (Gonzalez, et al 2019) al utilizar *Azospirillum* sp en el cultivo de melón en la Región Lagunera, obtuvo un aumento en el rendimiento del 11% en relación a los demás tratamientos, mencionando que bacterias como *Azospirillum* sp es una alternativa para mejorar calidad de frutos, así como mantener un rendimiento competitivo de cultivos hortícolas y una solución sustentable para reducir la dosis de fertilizantes químicos hasta en un 33%. (Bashan et al, 2013) que se han propuesto cuatro mecanismos posibles en los que *Azospirillum* interviene en el crecimiento de las plantas: 1) la fijación de nitrógeno, 2) alteración de todos los mecanismos mencionados, 3) incremento en el crecimiento del sistema radicular y 4) 7 efectos hormonales, también señala que no han sido definidos estos procesos totalmente.

Descripción del género *Azospirillum*

(Carrera et al, 2012) citan que Beijerinckii, aisló por primera vez el género *Azospirillum* en 1985, primero le asignó el nombre de *Spirillum* lipoferum. Después en 1978 Tarrand et al., lo reclasificó y fue propuesto como género ***Azospirillum*** basándose en investigaciones de ADN (homología) con dos especies: *A. brasilense* y *A. lipoferum*. Otros autores mencionan que la Dra. Johana Döbereiner descubrió en Brasil que este género. Hay antecedentes que es la rizobacteria, más estudiada en los últimos cuarenta años. Han sido cerca de 15 especies las que se han identificado a la fecha, se han identificado 15 especies de *Azospirillum* sp en el mundo, específicamente aisladas de especies forrajeras y cereales. Actualmente, *Azospirillum* sp es comercializado en el mundo, en diferentes presentaciones. Brasil es el más destacado. Su aceptación se debe a los beneficios en las unidades de producción. (Domínguez et al. 2020) describen a *Azospirillum* como un género de vida libre, presentan un diámetro

de 1,0 μm \times 2,1-3,8 μm ., contienen cantidades elevadas de poli- β hidroxibutirato (PHB), hasta el 50% del peso seco celular. Son Gram negativas, con forma celular de bacilos, ligeramente curvos, se mueven en espiral debido a sus flagelos.

Morfología de *Azospirillum*

El género *Azospirillum* sp de acuerdo (Sangoquiza et al. 2018) Tienen la característica de que sus colonias, poseen una forma circular ovoide con bordes ondulados; superficie: rugosa y brillante, paredes gruesas similares a quistes consistencia: cremosa y una coloración rojo oscuro, al absorber el colorante Rojo Congo. Menciona que *Azospirillum* sp es de respuesta negativa para las pruebas de Vogues-Prokauer, producción de H₂S, fermentación del dulcitol, rojo metilo, y peptonización y alcalinización de la leche de gas, (Martínez et al. 2010) menciona que la rizobacteria *Azospirillum* forma núcleos de bacilos gruesos, rectos o ligeramente curvados y a menudo con extremos puntiagudos, siendo Gram variables en cultivos envejecidos y Gram negativos en cultivos jóvenes, Características útiles En medio líquido o semisólido desarrollan un sin embargo, en medio sólido algunas bacterias desarrollan flagelos laterales, y un flagelo polar que da el movimiento parecido a un “sacacorchos”; de acuerdo a (Carrera, 2012) presentan en forma de gránulos en el interior de la célula de poli- β -hidroxibutirato (PHB), representando el 25 a 50% del peso seco de las células cultivadas en un medio sin nitrógeno . (Baca et al., 2010) Son oxidasa y catalasa positivas, hidrolizan la urea, reducen los nitratos a nitritos y otras condiciones como el envejecimiento celular y la presencia de metales pesados que provocan que las células vibroides de *Azospirillum* modifiquen su morfología y cambien a quistes o “formas C”, conduciéndose a la agrupación, formando bordes se pueden observar de gran dimensión.

***Azospirillum* sp y la Síntesis de Fitohormonas**

Una hormona o fitohormona es un compuesto producido internamente por una planta que ejerce su función a bajas concentraciones y cuyo principal efecto se

produce a nivel celular, cambiando los patrones de crecimiento y permitiendo su control. Los reguladores de crecimiento pueden ser clasificados según su estructura molecular, su actividad a nivel vegetal sus efectos inhibitorios y estimulantes, ejemplo de estas son las auxinas que tienen un efecto vegetal de formación y elongación de tallos, formación de diferentes raíces adventicias, con efecto celular de diferenciación, elongación y división celular, así como aumento de contenido osmótico, permeabilidad y disminución de la pared en células y precursor orgánico de triptófano. Las giberelinas tienen la función vegetal de aumentar el desarrollo de tejidos de manera constante, elongación de raíces, hojas jóvenes y floración. Participación en los procesos de iniciativa floral, vital en la fertilidad de plantas masculinas femeninas y la inducción a la germinación de semillas. A nivel celular estimula la elongación celular respecto a condiciones de luz y oscuridad promueve el crecimiento embrionario y es promotora orgánica del ent-kaureno. (Rangel et al., 2014) considera que el crecimiento analizado en parte aérea y radicular de las plantas es debido a la influencia de la inoculación tienen la capacidad de incrementar el contenido de giberelinas con actividad biológica sobre el crecimiento vegetal en las raíces de plantas inoculadas, promoviendo el crecimiento del tallo y hojas, Las citoquinas tienen la capacidad de estimular e inducir una alta proliferación y división celular. Suelen inducir la iniciación y elongación de las raíces al igual que pueden activar la senescencia de las hojas. Como se ha mencionado *Azospirillum* es considerado dentro de la clasificación de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV), presentes en la rizosfera de área suelo - planta en el mundo. Estas bacterias tienen el potencial de incrementar la disponibilidad biológica sintetizar minerales y fijación de nitrógeno. La bacteria tiene la función de producir sustancias promotoras del crecimiento celular como, giberelinas, auxinas, citoquininas y ácido 3-indolacético (AIA). La asociación de todos estos mecanismos mencionados produce absorción eficiente de elementos y agua, obteniendo una planta más sana, productiva y tolerante a diferentes condiciones agroclimáticas climáticas adversas. Para el procedimiento de aislar de la bacteria se utilizan muestras de suelo, raíces y tejido vegetal, seguidamente la

identificación, selección y producción de cultivos puros a partir de las cepas seleccionadas con medios de cultivos especializados. (Licea et-al, 2020) citaron que el mecanismo principal por el cual *Azospirillum* sp mejora el crecimiento vegetal es la producción de fitohormonas, principalmente el ácido-3-indol acético (AIA), el cual es generado en la planta, pero en cantidades nanomolares, participando en diversas funciones. Se conoce que la vía principal a la producción de AIA es a través del aminoácido triptofano (TRP) mediante cuatro rutas: 1) indol-3-acetonitrilo (IAN), 2) indol-3-acetamida (IAM) 3) ácido indol-3-pirúvico (IPyA) y 4) Triptamina (TAM). Gracias a diversos estudios se sabe que existe una ruta independiente de TRP, pero hasta el momento, no se conocen los metabolitos que intervienen en la ruta ni sus niveles de expresión, ni las circunstancias ambientales en las que se expresan. (Villagómez, et al,2018) utilizó *Azospirillum* Brasilensis en el cultivo de acelga, en la inoculación de uno de los tres tratamientos utilizados en su investigación obteniendo un incremento del 36% en área foliar (área comestible de la hortaliza), superando al testigo inoculado con microorganismo aislados de montaña(MM) ,esta variable es directamente proporcional al aumento de peso seco en el cultivo, también menciona que *Azospirillum* sp es una bacteria que promueve crecimiento y genera sinergismo en combinación con otros microorganismos, logrando un aumento del contenido de fósforo, su capacidad de fijar nitrógeno promueve el aumento productividad de las acelgas. (Guevara, et al, 2013) aplicó *Azospirillum* sp en Caña de Azúcar obteniendo un mayor rendimiento promedio de 13.40 en relación al testigo con 11.98 frutos por planta, Los resultados obtenidos pueden atribuirse a la inoculación con *Azospirillum* sp (Cepa Autóctona 8) que muestra la capacidad de producir sustancias estimulantes como : AIA, giberelinas, citoquininas y transferir señales que permiten a la bacteria promover el crecimiento del cultivo, mayor número y masa en los frutos, y de esta manera el aumento de la producción por planta y la cosecha . El propósito de esta revisión de literatura fue presentar una recopilación de los métodos de producción biofertilizando con cepas de *Azospirillum* sp. su uso en la agricultura y la importancia de la producción de Melón (*Cucumis Melo* L.)

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El presente trabajo se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL). El presente trabajo se realizó bajo condiciones de campo abierto, en el área experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna en Torreón, Coahuila, México en el año 2018.

Ubicación geográfica de la Comarca Lagunera

La Comarca Lagunera se localiza geográficamente entre los paralelos 24° 30' y 27° de latitud norte y los 102° 40' longitud oeste, a una altura de 1200 msnm. Tiene una temperatura y precipitación anual de 21°C y de 200 mm respectivamente. Su clima se clasifica como muy seco con deficiencia de lluvia en todas las estaciones y temperatura semicalida con invierno benigno. Los registros de temperatura indican una media anual de 21°C, Con una media de 27°C, para el mes más caluroso. La precipitación media es de 190 mm anuales.

Genotipos Evaluados

Las variedades de Melón evaluadas fueron los siguientes CRUISER Y MISSION con las siguientes características.

Semilla de melón híbrido **Cruiser F1**, de amplia adaptabilidad y altos rendimientos, frutos grandes (9) y muy uniformes, de alta calidad de empaque. Mantiene tamaños en bajas temperaturas. Su pulpa es firme y crujiente de excelente color. De madurez relativa precoz.

Tipo: Cantaloupe

Color: Naranja

Tamaño: 4-5 lb

Forma: Frutos ligeramente ovalados

Semilla de Melón Mission: melón híbrido

Tipo: Cantaloupe de planta fuerte, características: tolerancia a enfermedades

Frutos: muy firmes y resistentes que permite su transporte incluso a granel con muy pocas pérdidas.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques al azar, con dos híbridos en 8 tratamientos cada uno y dos repeticiones de la siguiente manera: asignadas en un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, en tres repeticiones, con ocho Los tratamientos consistieron en fertilización con *Azospirillum* sp. Cepa 3 T1, cepa 5 T2, cepa 7 T3, Cepas 3 y 5 T4, Cèpas 3 y 7 T5, Cepa 5 y 7 T6, Cepas 3, 5 y 7 T7, Fertilizante comercial urea 46-0-0 T8.

Etapas de fertilización

La Aplicación de *Azospirillum* sp. (10^9 UFC mL⁻¹) Fue cada 15 días después de la emergencia de la plántula hasta 15 días antes de cosecha de igual manera para el testigo químico utilizando urea 46-00-00 y el fosforo fue suministrado la formula liquida 00-20-00 al inicio del experimento para todos los tratamientos la misma dosis, estos nutrimentos.

Preparación de la Siembra

Se realizó un barbecho a 30 cm. De profundidad con un arado de discos, con la finalidad de aflojar el suelo y permitir retener una mayor cantidad de humedad, mejorar la aireación y permitir a las raíces un mayor desarrollo, así como también incorporar residuos de cosechas anteriores, y eliminación de malezas, etc. Se realizó la labor de rastreo esto se hizo de manera cruzada con una rastra de discos, con la finalidad de mullir el suelo y así facilitar la preparación d las camas. La Nivelación Se realizó después del rastreo con una escrepa, con la finalidad de dejar el terreno lo más parejo posible, para darle una buena distribución y mayor aprovechamiento del agua de riego para lograr un crecimiento y desarrollo uniforme del cultivo.

Diseño de siembra

El trazo de camas e instalación de acolchado plástico para este trabajo se realizaron camas de 2 m de ancho por 5 de longitud. Antes de la colocación del polietileno negro de 2 m de ancho se instaló la cintilla calibre 10,000 para el riego por goteo superficial con orificios cada 30 cm.

Siembra y Riego del Cultivo

Antes de la siembra las semillas de melón fueron sometidas a un proceso de imbibición 24 horas antes colocándolas en cajitas Petri y aplicándoles 10 ml de líquido bacteriano *Azospirillum* sp. con el tratamiento correspondiente. La siembra directa se realizó el día 29 de Marzo del 2018, depositando dos semillas por golpe con una separación de 30 cm entre semillas y 2 cm de profundidad, 15 días después de la emergencia se realizó aclareo, dejando una sola planta por punto. La parcela útil estuvo constituida por seis plantas sin competencia. Los riegos fueron cada tercer día, durante seis horas disminuyéndose y aumentándose de acuerdo a la etapa fenológica.

Aplicación de *Azospirillum* y Fertilización Química

La aplicación con *Azospirillum* sp. (10^9 UFC mL⁻¹) fue cada 15 días después de la emergencia de la plántula hasta 15 días antes de la cosecha, de igual manera para el testigo químico utilizando urea 46-00-00 y el fósforo fue suministrada la fórmula líquida 00-20-00 al inicio del experimento para todos los tratamientos la misma dosis estos nutrientes.

Polinización

La polinización fue entomófila con abejas melíferas *Apis mellifera* (L.) a los 38 días al inicio de la floración se colocó la colmena a 100 m de distancia del experimento durante 35 días de acuerdo a lo señalado por Reyes-Carrillo (1999) para lograr una polinización satisfactoria.

Control de Plagas

En lo que se refiere a plagas, hubo presencia de mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) tres semanas antes de la cosecha, esto debido a las altas temperaturas del mes de junio, como método de control se hicieron dos aplicaciones de un insecticida sistémico compuesto de 50% p/p de Pimetrocina.

Cosecha

La Cosecha se llevó a cabo cuando el cultivo llegó a su índice de madurez fisiológica. Los melones se cosecharon por madurez, la madurez comercial es el estado firme-maduro o "3/4 desprendido", que se identifica cuando al cortar la fruta suavemente, ésta desprende el zarcillo de la planta. La cosecha se llevó a cabo a partir del día 25 de junio, iniciando con el híbrido Cruiser y posteriormente el día 2 de julio el híbrido Misión evaluando en dos cortes de ambos, tomando como muestra tres frutos por tratamiento en tres repeticiones.

Variables de Rendimiento y Fruto

Las variables evaluadas fueron: Floración masculina y femenina (FM y FF); Cuajado de fruto (CF); Diámetro polar (DP); Diámetro ecuatorial (DE); Sólidos solubles (^oBrix) Grosor de pulpa (GP); Grosor de casaca (GC); Rendimiento en kilogramos por Hectárea (RKH). La calidad de fruto se basó en un muestreo de tres frutos de cada tratamiento; en los frutos se evaluó: diámetro polar y 17 ecuatorial (cm) y contenido de sólidos solubles (GBX). Los frutos se pesaron en una báscula digital (Scout Pro 200 X 0.1 g, OHAUS®). Los diámetros polar y ecuatorial se midieron con un vernier (CALDI-14388, Truper®). Los sólidos solubles se determinaron en una gota de jugo del fruto, con un refractómetro portátil con compensación automática de temperatura (0-32% Brix, VRW®). En cada planta se midió: rendimiento total (peso de todos los frutos contenidos en la planta POR número de plantas por m²); número de frutos por planta; rendimiento comercial. En Peso Seco (PS) se cosecharon seis plantas por tratamiento a las cuales se separaron las hojas, tallo y raíz, para cuantificar, peso fresco de la raíz, y hojas con una balanza analítica con capacidad de 5,000 g y precisión de 0.1

mg, marca Shimadzo modelo AY224; La raíz y hojas de cada planta se colocaron por separado en bolsas de papel y se sometieron a secado a 70 °C durante 72 h.

Variables Fenológicas

La floración fue registrada todos los días después de que aparecen las primeras flores masculinas y femeninas, hasta la etapa de Cuajado de Fruto, se observaron en cada una de las plantas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de las variables fueron sometidos a un análisis de varianza, así como una prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) con el paquete estadístico SAS v9 (2000).

Análisis de Varianza

En el Cuadro 1. Se presentan los resultados del análisis de varianza de los 16 tratamientos tomando en cuenta al testigo características evaluadas en el ciclo primavera verano 2018. El análisis mostró diferencias altamente significativas para FM, DP, GDC entre los tratamientos, mientras para GDP y DE el análisis mostro diferencia significativa entre los tratamientos. En tanto que para FF, CDF, RKH, GBX no se observaron diferencias.

Los resultados anteriores indican no existe mucha variación entre los tratamientos evaluados.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza de características Agronómicas con dos híbridos de melón en la Región Lagunera 2018.

FV	GL	FM (días)	FF (días)	CDF (días)	RKH (x10 ⁵)	DP (cm)	DE (cm)	GBX (%)	GDP (cm)	GDC (cm)
TRAT	15	2.21**	0.21	0.21	48.22	2.64**	2.64*	2.55	60.82**	0.01*
ERROR	32	0.43	0.25	0.25	371.76	0.23	0.62	1.05	0.20	0.004
MEDIA		39.6	41.15	49.15	58.03	15.71	13.59	9.63	7.75	0.60
CV (%)		1.66	1.21	1.01	10.58	3.1	5.79	10.67	5.8	10.51
DMSH		0.001	0.63	0.63	0.259	0.0001	0.003	0.017	0.001	0.0114

FV= fuente de variación; GL= grados de libertad; TRAT= tratamientos; FM= flores masculinas; FF= flores femeninas; CDF=cuajado de frutos; RKH= rendimiento kilogramo hectárea⁻¹; DP= diámetro polar; DE= diámetro ecuatorial; GBX= grados brix; GDP= grosor de pulpa; GDC= grosor de cascara; CV= coeficiente de variación; **= altamente significativo; * significativo;

Floración Masculina (FM)

En esta variable no se encontraron diferencias significativas, entre los tratamientos; el tratamiento fue el primero que presentó la aparición de las flores masculinas con una media general de 39 días y de 49 días el tardío fue (Cuadro 2).

Floración Femenina (FF)

En esta Variable No existe diferencia significativa entre ambos híbridos biofertilizados con *Azospirillum* sp. T4 (Cepa 5 y 7) es el que presentó mayor precocidad en floración masculina a los 37 días, dos días antes que el testigo que ocurrió a los 39 días, en Floración Femenina (FF) no se mostró diferencias significativas en ambos genotipos. la biofertilización con *Azospirillum* sp. fue efectiva en el periodo floral y esto puede ser por la aportación generosa de auxinas en ácido indolacético (AIA) por parte de algunas cepas nativas como la 3 y la 5 que podrían acelerar este proceso. Estudios de (Fukami *et al.*, 2018), mencionan los beneficios para las plantas por inoculación con *Azospirillum* sp. se han atribuido principalmente a su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico, pero también a su capacidad para sintetizar fitohormonas, en particular ácido indol-3-acético. Recientemente, se ha atribuido un papel importante a *Azospirillum* sp. al conferir a las plantas tolerancia a los estreses abióticos y bióticos, que pueden estar mediados por fitohormonas que actúan como moléculas de señalización. El

contenido de auxinas. T1 Y T8, en H2 los tratamientos mostraron aumento durante el crecimiento activo de las estructuras reproductivas, probablemente como resultado de la síntesis en los órganos sexuales de las plantas.

Longitud de Guía Principal (LGP)

En esta variable el T3 (cepa 7) fue la más sobresaliente con 1.9 m en relación al testigo (urea) con 1.7 m. en esta variable (Gonzalez, et al 2019) que utilizo *Azospirillum* Brasilense en cultivo de melón y presentó como resultado correlación positiva ($P \leq 0.05$) entre la longitud de guía principal y el rendimiento, lo cual sugiere que dentro de cierto límite de largo de guías y número de hojas hay una tendencia a incrementar el rendimiento del cultivo de melón. La acumulación de materia seca en la parte aérea y en la raíz, es factor importante que determina la productividad del cultivo. (Rangel et al., 2014) considera que las cepas inoculadas tienen la capacidad de incrementar el pool de giberelinas con actividad biológica sobre el crecimiento vegetal en las raíces de plantas inoculadas, promoviendo la elongación del tallo-hojas, crecimiento observado en parte aérea y subterránea.

Cuadro 2. Variables Fenologicas Dias a Floración Masculina, Floración Femenina y Cuajado de Fruto Evaluadas en Campo . Region Lagunera 2018.

TRATAMIENTO	FF (DIAS)		FM (DIAS)		CF (DIAS)	
	G1	G2	G1	G2	G1	G2
Cepa 3	39a	40a	39a	41a	46.9a	49.3a
Cepa 5	39a	40a	39a	41a	46.6a	49.3a
Cepa 7	40a	40a	41a	40a	49.2a	48.8a
Cepa 3-5	37b	39a	41a	49a	48.6b	49.2a
Cepa 3-7	39a	40a	39a	47a	46.8a	48.9a
Cepa 5-7	40a	40a	41a	49a	49.4a	49.2a
Cepa 3-5-7	39a	40a	41a	49a	49.0a	49.1a
Urea	39a	40a	39a	47a	46.8a	48.9a
CV%	1.4		4.3		4.2	
DMSH	1.51		1.99		1.51	

Dónde: FM=Floración Masculina ; FF=Floración Femenina; CF=Cuajado de Fruto; ^z valores con la misma letra son iguales estadísticamente por columna (DMS a una $P \leq 0.05$), CV= coeficiente de variación, cada valor representa el promedio de tres plantas.

Cuajado de Fruto y Número de Frutos

En Cuajado de Fruto (CF) no se presentaron diferencias entre los tratamientos, (Cuadro 2). ya que todos estuvieron entre los rangos de 46.8 y 49.3 días después de la siembra, donde T5 fue el más precoz en H1 y los demás a manera similar a 49 días. En número de frutos por planta (NF) (Cuadro 3) la cepa 5 fue el promedio más sobresaliente con 2.06 superando al testigo con un 14.8 % y T3 fue el más bajo con 1.1. Siendo esta variable componente de rendimiento. Estos resultados coinciden con (Guevara, et al, 2013) donde aplicó *Azospirillum* sp en Caña de Azúcar obteniendo un mayor rendimiento promedio de 13.40 en relación al testigo con 11.98 frutos por planta. Los resultados obtenidos pueden atribuirse a la inoculación con *Azospirillum* (Cepa Autóctona 8), que es capaz de aportar sustancias estimuladoras del crecimiento como: ácido indolacético, giberelinas, citoquininas y la trasmisión de señales que le permiten a la bacteria estimular el desarrollo del cultivo, aumentar el número y masa de los frutos, e incrementar la producción por planta y el rendimiento total. siendo el tratamiento 2, la cepa 5 del híbrido Mission, el primero que presentó la aparición del fruto, y el tratamiento 6 del híbrido Misión el último, esta característica está ligada con la aparición de las flores femeninas ya que en ellas se encuentra el ovario que es fecundado durante la polinización. Como podemos todos los tratamientos son similares al testigo en donde algunos lo superan por la mínima parte.

Cuadro 3. Variables Fenológicas Número de Frutos y Longitud de Guía Principal del Cultivo de Melón en Campo. Región Lagunera 2018.

	NF		L G P	
	N		CM	
	G1	G2	G1	G2
Cepa 3	1.72a	2b	1.8a	1.42ab
Cepa 5	1.66a	3a	1.7a	1.46b
Cepa 7	0.88a	2b	1.9a	1.26d
Cepa 3-5	1.27b	2b	1.7b	1.36c
Cepa 3-7	1.89a	2b	1.6a	1.35c
Cepa 5-7	1.02a	2b	1.3a	1.4ab
Cepa 3-5-7	1.77a	2b	1.4a	1.37b
Urea	1.55a	2b	1.7a	1.65ab
CV%	4.7		4.4	

Dónde: NF=Número de frutos LGP= longitud de guía; ^z valores con la misma letra son iguales estadísticamente por columna (DMS a una $P \leq 0.05$). CV= coeficiente de variación, cada valor representa el promedio de tres plantas.

Diámetro Polar y Diámetro Ecuatorial

En DP el análisis estadístico presentó diferencias significativa en base a los tratamientos T4, T5, T6, T2, T7, T3, T1, fueron superiores al testigo, obteniendo el mejor resultado el tratamiento 1, Cepa 3 con el diámetro polar promedio de 18.20, Genotipo Cruiser, superando al tratamiento de urea, el cual obtuvo un promedio de 15.50. cm en este genotipo, el valor más bajo lo obtuvo el tratamiento 2 con una media general de 10.15 cm. el Híbrido Mission, Fue superado por el testigo Obteniendo una media general de diámetro ecuatorial el tratamiento del urea de 13.00 cm.

Sólidos solubles totales (BX)

El análisis estadístico para esta variable no presentó diferencia significativa. Cuadro 4. En este caso el que obtuvo mejores resultados fue el tratamiento T4, con un promedio de 11.30 °brix, el menor valor fue para el tratamiento T6 con un

promedio de 8.35 ° brix; por su parte el tratamiento de la urea presento un promedio de 10.40.que fue superado por los tratamientos T2, T3 Y T4 El hibrido con mayor contenido de solidos solubles fue Mission.

Cuadro 4. Variables de Calidad Grosor de Pulpa, Grosor de Cascara en Frutos y Grados Brix de Melón Fertilizados con *Azospirillum* sp. Región Lagunera 2018.

Tratamientos	GDP (CM)		GDC (CM)		GBX (%)	
	G1	G2	G1	G2	G1	G2
Cepa 3	13.67b	12.23a	0.51a	0.55ab	8.91a	9.65a
Cepa 5	13.40b	12.10a	0.67a	0.60ab	9.28a	10.70a
Cepa 7	13.28b	12.38a	0.63a	0.55ab	8.38a	10.68a
Cepa 3-5	13.31b	12.16a	0.62b	0.58ab	9.38a	11.30a
Cepa 3-7	13.30b	11.80a	0.73a	0.55ab	8.48a	9.66a
Cepa 5-7	13.16b	12.20a	0.66a	0.56ab	8.35a	10.91a
Cepa 3-5-7	13.53b	12.03a	0.66a	0.66ab	9.23a	9.60a
Urea	13.53b	11.97a	0.66a	0.55ab	9.26a	10.40a
CV%	10.51		0.191		10.17	
DMSH	1.3		0.191		3.11	

Dónde: GDP = GROSOR DE PULPA GDC= GROSOR DE CASCARA; GBX=GRADOS BRIX ^z valores con la misma letra son iguales estadísticamente por columna (DMS) a una $P \leq 0.05$). CV= coeficiente de variación, cada valor representa el promedio de tres Frutos.

Grosor de Pulpa (GDP) y Grosor de Cascara (GDC)

El análisis estadístico para esta variable presentó diferencias significativas, entre tratamientos El grosor de pulpa el Hibrido Cruiser fue mejor y el tratamiento T3 con 13. 67 cm. sobresaliente, no existieron diferencias significativas en relación al testigo urea que presentó un valor de 13.53, respecto al hibrido Mission tuvo

un diámetro de 12.38 cm. valor más bajo que el genotipo 1 el valor promedio más bajo fue de 11.80 cm de grosor de pulpa por el tratamiento T7. En Grosor de cascara no existen diferencias significativas entre tratamientos e Híbridos.

Cuadro 5. Variables de Calidad Diámetro Polar y Diámetro Ecuatorial en Frutos de Melón Fertilizados con *Azospirillum* sp. Región Lagunera 2018.

TRATAMIENTO	DP (CM)		DE (CM)	
	G1	G2	G1	G2
Cepa 3	18.20a	14.66de	15.40 ^a	14.66d
Cepa 5	15.70bcde	10.15bcd	13.10abcd	12.73cd
Cepa 7	16.06bcd	14.86cde	13.93abcd	12.97bcd
Cepa 3-5	16.86ab	16.06bcd	14.93abc	13.16abcd
Cepa 3-7	15.83bcde	15.40cde	13.63abcd	12.50d
Cepa 5-7	16.33bc	12.26cde	13.90abcd	13.46abcd
Cepa 3-5-7	16.26bc	14.93cde	15.23ab	12.86cd
Urea	15.50bcde	14.50c	14.20abcd	13bcd
CV%	3.10		5.79	
DMSH	1.47		2.38	

Dónde: DP = Diámetro Polar DE= Diámetro Ecuatorial; ^z valores con la misma letra son iguales estadísticamente por columna (DMS a una $P \leq 0.05$). CV= coeficiente de variación, cada valor representa el promedio de tres Frutos.

Rendimiento (RKH)

En la Figura 1 se muestra el Rendimiento el cuál presentó diferencias significativas, ya que el híbrido Mission superó al testigo con un 11.4% y el híbrido Crusier 12.5% este resultado coincide con el de (Gonzalez, et al 2019)

que al utilizar *Azospirillum* sp en el cultivo de melón en la Región Lagunera, obtuvo un aumento en el rendimiento del 11% en relación a los demás tratamientos, mencionando que bacterias como *Azospirillum* sp es una alternativa para mejorar calidad de frutos, así como mantener un rendimiento competitivo de cultivos hortícolas y una solución sustentable para reducir la dosis de fertilizantes químicos hasta en un 33%, (Tkachenko et al, 2013) mostraron en sus resultados que la inoculación bacteriana con *Azospirillum* sp de microclones de papa in vitro mejora la capacidad de adaptación de la planta ex vitro y aumenta el rendimiento de los minitubérculos. El índice de supervivencia porcentual de las plantas inoculadas cultivadas en el campo fue 1,5 veces mayor que el de las plantas no inoculadas. El peso total del tubérculo por planta fue más de un 30 % mayor en las plantas inoculadas que en las plantas de control. Para todos los cultivares en promedio, el rendimiento del tubérculo por metro cuadrado aumentó en más del 45 % como resultado de la inoculación in vitro. Este estudio es el primero en informar que la inoculación de *Azospirillum* de microclones de papa no solo mejora la calidad del material de siembra producido in vitro, sino que también aumenta significativamente el rendimiento de minitubérculos al mejorar la capacidad de adaptación de las plantas en el campo.

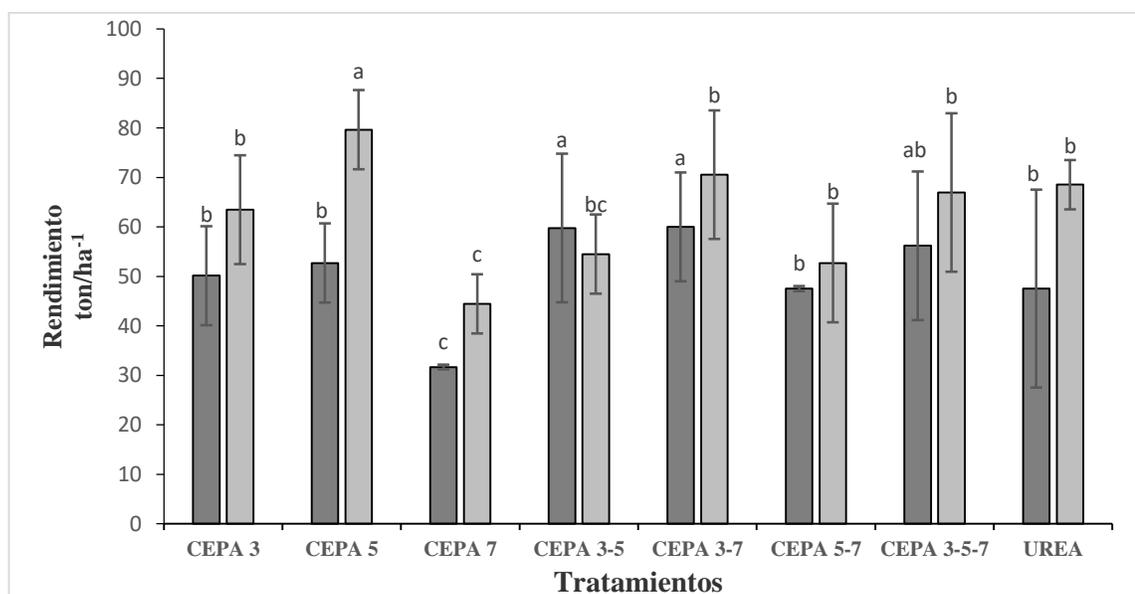
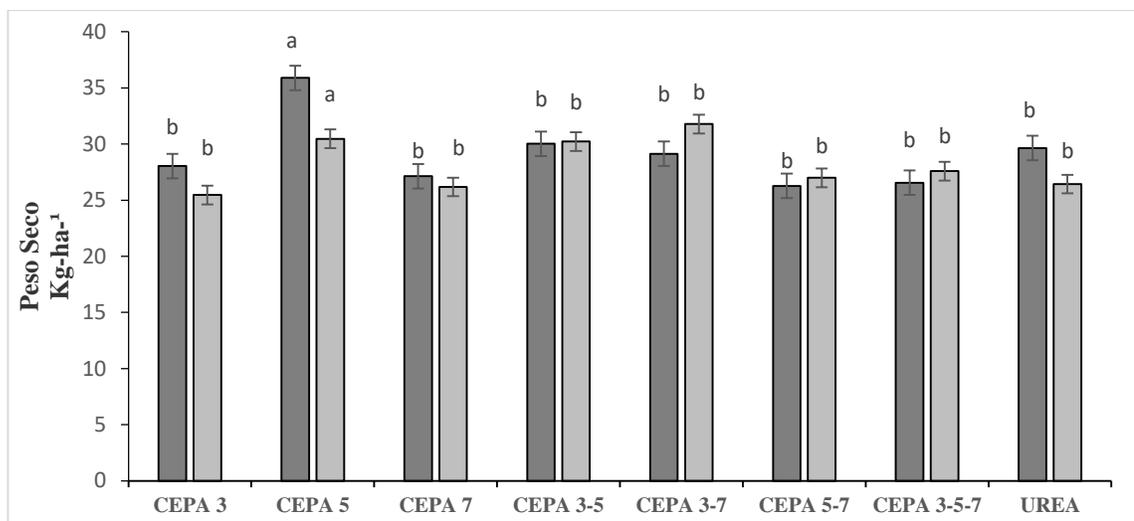


Figura 1. Efecto de *Azospirillum* sp sobre el rendimiento de los híbridos de Melón “Cruiser” y “Mission”. Cada barra representa el promedio de tres plantas \pm error estándar. Medias con la misma letra son iguales (DMS, $P \leq 0.05$).

Peso Seco (PS)

La Figura dos corresponde al peso seco, el híbrido Cruiser fue el mejor genotipo superando al testigo por un 18% siendo la cepa 5 la más sobresaliente en relación al testigo. Esta variable puede afectar muchos parámetros relacionados con el follaje, estos cambios son directamente atribuidos a la absorción de minerales por parte de la planta. Se ha propuesto que la absorción de NO_3 , NH_4^+ , PO_4^{2-} , K^+ , Rb^+ y Fe^{+2} , inducida por *Azospirillum* sp. incrementa la materia seca foliar y esto se logra a través de un buen volumen de sistema de raíces que favorecen las condiciones de absorción de nutrientes, ya que las bacterias fueron capaces de promover el crecimiento de las plantas (expresado como longitud de la raíz, área de la raíz y peso seco de la raíz y el brote), al usar en cultivar de fresa (Edraza *et al.*, 2010). este resultado coincide con el de (Villagómez, et al, 2018) que utilizó *Azospirillum* Brasilensis en el cultivo de acelga, en la inoculación de uno de los tres tratamientos utilizados en su investigación obteniendo un incremento del 36% en área foliar (área comestible de la hortaliza), superando al testigo inoculado con microorganismo aislados de montaña (MM), esta variable es directamente proporcional al aumento de peso seco en el cultivo, también menciona que *Azospirillum* sp es una bacteria que promueve crecimiento y genera sinergismo en combinación con otros microorganismos, logrando un aumento del contenido de fósforo, su capacidad de fijar nitrógeno promueve el aumento productividad de las acelgas.



Efecto de *Azospirillum* sp sobre el peso seco de los híbridos de Melón “Cruiser” y “Misión”. Cada barra representa el promedio de tres plantas \pm error estándar. Medias con la misma letra son iguales (Tuckey, $P \leq 0.05$).

Conclusiones

La biofertilización en melón con la cepa 5, incrementó el rendimiento y el peso seco de frutos de melón con el híbrido cruiser fue la que mejor se adaptó al suelo del campo experimental. En calidad el Híbrido Mission fue más sobresaliente, en variables como Grados Brix, Grosor de Pulpa, se puede concluir que los expresaron su potencial genético en campo, de acuerdo a sus características. El uso de *Azospirillum* sp como biofertilizante es una alternativa para reducir los costos ecológicos que deja la fertilización sintética en algunas regiones de México, por lo que es necesario ampliar la investigación para tener bases consistentes sobre el potencial de este microorganismo y poderlo incorporar a los paquetes tecnológicos de todos los cultivos de interés agrícola.

REFERENCIAS

- Aguinaga, J. P., Yáñez, C., Valverde, F., & Alvarado, S. (2013). Evaluación de la metodología de Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE) con dos variedades de maíz (mejorada y local), en la provincia de Imbabura. 28.
<http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/853/1/iniapscP.A282e2012.pdf>
- Asokapandian, S., Venkatachalam, S., John, G. y Kuppusamy, K.(2015) Optimización de las propiedades espumantes y secado de esteras de espuma de mejillón utilizando proteína de soja. J Food Proces Eng, 39: 692-701
- Abarca, R., (2017) Manual de Manejo Agronómico para el cultivo del Melón (*Cucumis melo* L.) Instituto de Desarrollo Pecuario No. 01, INIA-INDAP, Santiago 2017 11-15
- Baca, K., Sánchez, M., Carreño, C. y Mendoza, G. (2010). Polihidroxicanoatos de cepas de *Azospirillum* spp. aisladas de raíces de *Lycopersicon esculentum* Mill. "tomate" y *Oryza sativa* L. "arroz" en Lambayeque. Scientia Agropecuaria, 1, 213-224.
- Barroso, F.L., Abad, M.M., Rodriguez, H.P. y Jerez, M.E. (2015). Aplicación De Fitomas-E y Economic, para la reducción de consumo de fertilizante mineral en la producción de posturas de cafeto, 36(4), 158-167.
- Bashan, Y., Holguín, G. y Ferrera, R. (2013). Interacción entre plantas y microorganismos beneficios. Revista Colombiana de Biotecnología, 7(2), 47 – 54.
- Cassán, F., Vanderleyden, J. & Spaepen, S. (2014) Aspectos fisiológicos agronómicos de la producción de fitohormonas por rizobacterias modelo promotoras del crecimiento de plantas (PGPR) pertenecientes al género *Azospirillum*. J Crecimiento vegetal Regular 33, 2; 1-2014; 440–459
- Castellano, M.H., Espinosa, C.T., & Fernández, M.A. 2015 Uso de *Azospirillum* en la agricultura, Revista Científica Agroecosistemas, 3(1).
- Carrera, A. (2012). Caracterización bioquímica molecular y funcional del banco de cepas de *Azospirillum* sp. del INIA aisladas de Rizósfera del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) de la sierra ecuatoriana.(Tesis de Pregrado). Universidad de Ecuador, Ecuador.

- Corrales-Ramírez., L., Caycedo-Lozano L., Gómez-Méndez, M.A., Ramos-Rojas S.J., Rodríguez-Torres, J. N. (2017). *Bacillus* spp: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. *Nova*: 46-65.
- Domingues Duarte, Camila Fernandes, Cecato, Ulysses, Trento Biserra, Thiago, Mamédio, Divaney, & Galbeiro, Sandra. (2020). *Azospirillum* spp. en gramíneas y forrajeras. Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(1), 223-240. Epub 11 de junio de 2020. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4951>
- Espindula, M.C., Rocha, V.S., Souza, M.A.D., de Campanharo, M., Pimentel, (2014). Inhibidor de ureasa AJB (NBPT) y eficacia de la aplicación simple o dividida de urea en el cultivo de trigo. *Revista Ceres*. 61: 273-279.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2015). *Tendencias mundiales de los fertilizantes y perspectivas hasta 2018*. Roma. pág. 66
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2018. *More people, more food, worse water? A global review of water pollution from agriculture*. Roma, Italia. [consultado el 10 de ago. de 2020] <http://www.fao.org/3/ca0146en/CA0146EN.pdf>
- Fukami J, Cerezini P., Hungria M. (2018). *Azospirillum*: beneficios que van mucho más allá de la fijación biológica de nitrógeno. *AMB Express*. 8(1):73. Glick BR (2012) Bacterias promotoras del crecimiento de las plantas: mecanismos y aplicaciones. *Scientifica (El Cairo)* 2012:1–15. <https://doi.org/10.6064/2012/963401>
- Glick BR (2012) Bacterias promotoras del crecimiento de las plantas: mecanismos y aplicaciones. *Scientifica (El Cairo)* 2012:1–15. <https://doi.org/10.6064/2012/963401>
- Grageda-Cabrera., O, Díaz-Franco, A., Peña., J, & Vera, J. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(6), 1261-1274.
- González-Salas, Uriel, Gallegos-Robles, Miguel Ángel, Preciado-Rangel, Pablo, García-Carrillo, Mario, Rodríguez-Hernández, Martha Georgina, García-Hernández, José Luis, & Guzmán-Silos, Tania Lizzeth. (2021). Efecto de fuentes de nutrición orgánicas e inorgánicas mezcladas con

biofertilizantes en la producción y calidad de frutos de melón. *Terra Latinoamericana*, 39, e904. Epub 02 de julio de 2021. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.904>

- Guevara-Verdecia, Y., Ruisánchez-Ortega, Y., Hernández-Guillén, A., & San Juan-Rodríguez, A. N. (2013). Evaluación del biofertilizante Nitrofix en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) sobre un suelo ferralítico rojo típico. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 47(2), 3-7.
- Infoagro. (2019). El cultivo del melón. 2019, de Copyright Infoagro Systems S.L. Sitio web: http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/melon3.htm. 2021-05-12.
- Licea-Herrera, J. I., Quiroz-Velásquez, J. D., & Hernández-Mendoza, J. L. (2020). Impact of *Azospirillum Brasilense*, a rhizobacterium stimulating the production of indole-3-acetic acid as the mechanism of improving plants' grow in agricultural crops. *Rev. Boliviana Quim*, 37, 34-39.
- Martínez-Viveros, O., M.A. Jorquera, D.E. Crowley, G. Gajardo, M.L. Mora. 2010. Mechanisms and practical considerations involved in plant growth promotion by rhizobacteria. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 10(3):293-319.
- Mishra, D., Rajvir, S., Mishra, U., & Kumar, S. (2013). Role of Bio-Fertilizer in Organic Agriculture: A Review. *Research Journal of Recent ...*, 2(2013), 39–41. http://isca.in/rjrs/archive/special_issue2012/8.ISCA-ISC-2012-1AFS-32.pdf
- Nehra, V., Saharan, B. S. and Choudhary, M. (2016). Evaluation of *Brevibacillus brevis* as a potential plant growth promoting rhizobacteria for cotton (*Gossypium hirsutum*) crop. *Springerplus*, 5(1): 948. doi: 10.1186/s40064-016-2584-8.
- Naqqash, T., Hameed, S., Imran, A., Hanif, M. K., Majeed, A. and Van Elsas, J. D. (2016). Differential Response of Potato Toward Inoculation with Taxonomically Diverse Plant Growth Promoting Rhizobacteria. *Front Plant Sci*, 7: 144. doi: 10.3389/fpls.2016.00144.
- Nunes, P. Marquez, P. H., Aquino, L.A., Dos Santos, L.P., Xavier, F., Dezordi, L.R. and Assunção, N.S. (2015). Rendimiento del trigo de regadío sometido a aplicación de nitrógeno e inoculación con *Azospirillum brasilense*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 39(1): 174-182.

- Parray, J. A., Jan, S., Kamili, A. N., Qadri, R. A., Egamberdieva, D. & Ahmad, P. (2016). Current Perspectives on Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. *Journal of Plant Growth Regulation*, 35(3): 877-902. Doi: 10.1007/s00344-016-9583-4
- Pedraza, R.O., Motok, J., Salazar, S.M., Ragout., A.L. (2010). Fomento Del crecimiento de plantas de fresa inoculadas con *Azospirillum brasilense*. *World J Microbiol Biotechnol* 26: 265-272
- Rangel, L; José, A; Ramírez, R; Cervantes, F; Mendoza, M; García, E; Rivera, G. (2014). Biofertilización de *Azospirillum* sp. y rendimiento de grano de maíz, sorgo y trigo. *SciELO*, 231–238.
- Reza, S., Mohebbi, M., and Taghizadeh M. (2017). Development of cantaloupe (*Cucumis melo*) pulp powder using foam mat drying method: Effects of drying conditions on microstructural of mat and physico-chemical properties of powder. *Drying Tech Int J*.18:22.
- Rosas Villagómez, A., Medina Saavedra, T., & Arroyo Figueroa, G. (2018). Medición del área foliar de la producción de acelgas (*Beta vulgaris* var. *cycla*) mediante el uso de microorganismos de montaña y *Azospirillum brasilense*. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 4(1), 1–5. Recuperado a partir de <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/233>
- Sangoquiza CA, Viera Y, Yáñez CF. 2018. Biological response of *Azospirillum* spp. to different types of stress. *Revista Centro Agrícola*. [Consultado el 15 de ago. de 2020] 45(1):40-46. <http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/html/v45n1/body/cag05118.html>.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2017). *Cultivos de interés: melón*. (2019) de SIAP Sitio web: http://encuestascontinuas.siap.gob.mx/edu_siap/segunda.php?cv_cultivo=21200&cv_ciclo=1. 2021-04-22.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2017). *Melón: Monografía*. 2019, de Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Sitio web: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166470/melon_monografia_a.pdf 2021-04-26.
- Sosa BA, García YS. 2019. Emission of greenhouse gases in the soil under the green manure effect. *Mesoamerican Journal of Agronomy*. 30(3):767-782. Doi: <http://dx.doi.org/10.15517/am.v30i3.3610>

- Souza, E.M., Galindo F.S. (2019). ¿La aplicación de nitrógeno asociada con la inoculación de *Azospirillum* brasilense influye en la nutrición y el rendimiento del maíz? *Revista Brasileira ingeniería Agrícola Ambiental*. 23(1):53
- Spaepen S, Vanderleyden J (2015) Señalización de auxina en *Azospirillum* brasilense: un análisis de proteoma. En: de Bruijn FJ (ed) *Fijación biológica de nitrógeno*. Wiley, Hoboken, pp 937-940. <https://doi.org/10.1002/9781119053095.ch91>
- Tkachenko, O.V., Evseeva, N.V., Boikova, N.V. *et al.* Mejora de la reproducción microclonal de la patata con la rizobacteria promotora del crecimiento de las plantas *Azospirillum*. *Agron. Sostener. Dev.* **35**, 1167–1174 (2015). <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0304-3>
- Xu, G., Fan, X. and Miller, A.J. (2012). Asimilación de nitrógeno vegetal y eficiencia de uso. *Revisión anual de biología vegetal*, 63:153-182
- Zahid, M., Abbasi, M. K., Hameed, S. and Rahim, N. (2015). Isolation and identification of indigenous plant growth promoting rhizobacteria from Himalayan region of Kashmir and their effect on improving growth and nutrient contents of maize (*Zea mays* L.). *Front Microbiol* 6: 207. doi: 10.3389/fmicb.2015.0020.