

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Bioinoculación del cultivo del melón con *Sinorhizobium meliloti* y su efecto con diferentes dosis de fertilización

Por:

Luis Gerardo Ramírez Ramírez

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México
Junio 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISION DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Bioinoculación del cultivo del melón con *Sinorhizobium meliloti* y su efecto con
diferentes dosis de fertilización

Por:

Luis Gerardo Ramírez Ramírez

TESIS

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial
para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobado por:


Dr. Gerardo Zapata Sifuentes
Presidente


Dr. Alain Buendía García
Vocal


Dr. Christian Silva Martínez
Vocal


Dra. Adlay Reyes Betanzos
Vocal suplente


M.E. Rafael Ávila Cisneros
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Junio 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISION DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Bioinoculación del cultivo del melón con *Sinorhizobium meliloti* y su efecto con
diferentes dosis de fertilización

Por:

Luis Gerardo Ramírez Ramírez

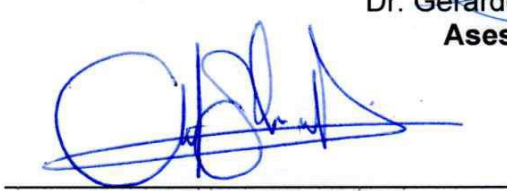
TESIS

Presentado como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobado por el Comité de Asesoría:


Dr. Gerardo Zapata Sifuentes
Asesor principal


Dr. Christian Silva Martínez
Coasesor


Dr. Alain Buendía García
Coasesor


M.E. Rafael Avila Cisneros
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Junio 2025



AGRADECIMIENTOS

A mi madre Miriam Guadalupe Ramírez Pérez que me brindó amor, confianza y apoyo total en este proceso y en toda mi vida, que sin todo esto tal vez no hubiera sido posible obtener un logro como este.

A mi asesor principal el Dr. Gerardo Zapata Sifuentes que tuvo la paciencia y confianza para ayudarme a trabajar en el proyecto durante todo este tiempo que se realizó

A mis amigos de la carrera que ellos con sus platicas y comentarios me hicieron más ameno mi paso por la universidad y también durante el proceso de elaboración de esta tesis.

A mis amigos Anselmo, Juan y Manuel que no son parte de la universidad, pero siempre me sacan una sonrisa y me hacían olvidar un poco de lo estresante que fue el proyecto.

A mi sobrinos Nicolas y Noah que me dieron muchas risas y que durante la redacción siempre me acompañaban sacándome una sonrisa.

DEDICATORIAS

A mi madre Miriam Guadalupe Ramírez Pérez que ha sido la responsable de guiarme toda mi vida y poder lograr todo lo poco que he conseguido que espero poder darle más logros y hacerla que este orgullosa de mí.

A mis abuelitos Cornelio Ramírez Valdez y Olivia Pérez Saucedo hasta el cielo, que me vieron en el inicio de mi carrera y que fueron los responsables de mi crianza desde niño corrigiéndome y haciéndome lo que soy ahora y espero algún día donde sea que los vuelva a ver estén orgullosos de lo que me convertí.

A mi novia Alicia Paola Salazar Amador que desde que la conocí ha sido parte muy importante de mi vida y mi carrera al brindarme todo su apoyo, consejos, amor incondicional y estar en momentos que la necesitaba.

A mi padre Gerardo Ramírez Moreno que a su manera me ayudó cuando se lo pedía y me dio su apoyo a pesar de todo.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
ÍNDICE	iii
RESUMEN	v
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo	2
1.2 Hipótesis	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Generalidades del melón	3
2.1.1 Requerimientos climatológicos	3
2.1.2 Requerimientos edafológicos	4
2.2 Principales plagas del cultivo del melón	4
2.2.1 Mosca blanca.....	4
2.2.3 Pulgón	5
2.2.4 Tizón temprano	5
2.2.5 Cenicilla.....	5
2.2.6 Virosis.....	5
2.2.7 Gusano barrenador del melón.....	6
2.2.8 Nematodos.....	6
2.2.9 Minador de la hoja.....	6
2.2.10 Trips	7
2.3 Humedad.....	7
2.4. Microorganismos promotores del crecimiento vegetal	7
2.5 Características	8
2.6 Producción de fitohormonas.....	9
2.6.1 Auxinas.....	9
2.6.2 Giberelinas	10
2.7 Mecanismos	10
2.7.1 Mecanismos directos	11
2.7.2 Mecanismos indirectos	12
2.8 <i>Sinorhizobium meliloti</i>	12
2.8.1 Características de <i>Sinorhizobium Meliloti</i>	13
2.9 Fertilización	13

2.10 Importancia de elementos en la planta	15
2.10.1 Nitrógeno	15
2.10.2 Fosforo	16
3. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1 Ubicación del área experimental	18
3.2 Descripción del experimento	18
3.3 Labores culturales	18
3.4 Tratamientos	19
3.5 Variables	19
3.5.1 Morfológicas	20
3.5.2 Nitrógeno y Fosforo en planta	20
3.5.3 Nitrógeno y fosforo en suelo	20
3.6 Diseño experimental	20
3.7 Análisis estadístico	21
4.RESULTADOS	22
4.1 Morfológicos	22
4.1.1 Largo de guía	22
4.1.2 Biomasa	22
4.1.3 Rendimiento de planta	23
4.2 Nutrientes (suelo y planta)	24
4.2.1 Fosforo en suelo	24
4.2.3 Nitrógeno en suelo	25
4.2.4 Nitrógeno en planta	26
4.2.5 Fosforo en planta	26
4. DISCUSIÓN	28
5. CONCLUSIÓN	31
6. BIBLIOGRAFIA	32

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el desarrollo vegetativo del cultivo del melón (*Cucumis melo* L.) en plantas inoculadas con la bacteria *Sinorhizobium meliloti* (KBecto9p6) que forma parte de las PGPR (plant growth promoting rhizobacteria), utilizando diferentes dosis de fertilización F100, F85, F70 y un tratamiento control basado en la fertilización convencional sin la inoculación. El experimento se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, el cultivo se estableció de la manera convencional que se hace en la región que es sobre surcos de 1.60 m con un acolchado plástico. El sistema de riego que se utilizó fue por goteo y por medio de este se aplicó la fertilización, es decir que se usó un sistema de fertirriego. Para la fertilización se usó la utilizada por los productores de la Laguna. Las variables que se evaluaron en el experimento fueron largo de guía, peso de planta (biomasa), peso de fruto, nitrógeno en planta, fosforo en planta, nitrógeno en suelo y fosforo en suelo. El diseño experimental fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones por tratamiento y se realizó un análisis de varianza con el método de comparación de medias LSD 50 ($p \leq 0.05$). Los resultados arrojaron que en largo de guía el tratamiento F100 aumento un 68% en comparación con el control, en la biomasa el mejor tratamiento fue F100 más *S. meliloti* que fue mayor un 70% con respecto al control, en peso de fruto aumento un 73% en el tratamiento F100 con *S. meliloti* en comparación con el control, nitrógeno en planta se obtuvieron mejores resultados en F70 adicionado a *S. meliloti* que tuvo un 93% de diferencia contra el control, en fosforo en planta F70 adicionado a *S. meliloti* fue mayor un 77% contra el control, en el caso de nitrógeno en suelo F100 más *S. meliloti* fue mayor un 91% contra el control y en fosforo en suelo F70 fue un 40% mayor contra el control. Los resultados arrojan que el uso de estas bacterias son una alternativa a los fertilizantes debido a que se pueden reducir las dosis aplicadas en los cultivos sin afectar los rendimientos de la planta, sino que sería lo contrario ya que aumentaría estos.

Palabras clave: PGPR, Biomasa, Vegetativo, Fertirriego, *Cucumis melo*

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo del melón a nivel local es de los que más se establecen a lo largo de año, esto debido a las condiciones edafoclimáticas favorables que se tienen en la Comarca Lagunera, todo esto trae beneficio a la economía local y nacional, ya que tan solo esta región representa un 25% de la producción de melón a nivel nacional dando como resultado que sea la más importante (Espinoza-Arellano, 2019). Entre otras actividades que se realizan en el área metropolitana se encuentran algunas como: producción de material textil, parte automotrices, alimentos, entre otros. Lo que destaca en esta zona es todo lo relacionado al tema industrial, ya sea producción de metales, aceros, etc. Todo esto aunado a la agricultura ha llevado a la Laguna a que se considere como una de las zonas más prosperas del país. Se dice esto debido a la buena zona que tiene ya que se encuentra en el noreste de México teniendo a Monterrey una de las ciudades más desarrolladas a nivel nacional a menos de 4 horas, también la frontera con Estados Unidos muy cercana y el paso de las vías de ferrocarril que la que la vuelve un punto muy atractivo para el comercio nacional (IMPLAN, 2023). En el año 2015 la Laguna ocupó el primer lugar en la producción nacional de leche, carne de aves y producción de forrajes, que esto logró colocar a la región en la séptima posición de producción agropecuaria a nivel nacional (SAGARPA, 2015).

Sin embargo, la zona cuenta con algunas problemáticas como la alta salinidad, exceso en el uso de fertilizantes, altas temperaturas, falta de agua, etc. Lo que ocasiona que la planta no se desarrolle como debería en su etapa vegetativa ocasionando problemas en las etapas fenológicas consecuentes a esta como lo es la floración y la etapa reproductiva. Una solución a este problema es la implementación de Bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR por sus siglas en inglés) como lo es en este experimento en el cual se utilizó la rizobacteria *Sinorhizobium meliloti* como bioestimulante que se planea que ayude a resolver algunas de las problemáticas antes mencionadas, además de que tiene otras ventajas directas e indirectas que favorecen el desarrollo vegetativo de la planta y aumentan el rendimiento de esta. Todo esto se planea que ayude a los agricultores

laguneros reduciendo costos en el uso de agroquímicos y aumente la rentabilidad de este cultivo. (Grageda-Cabrera, 2012).

1.1 Objetivo

Evaluar el desarrollo vegetativo del cultivo del melón en plantas inoculadas con la bacteria *Sinorhizobium meliloti* con diferentes dosis de fertilización.

1.2 Hipótesis

Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR por sus siglas en inglés) permiten reducir las dosis de fertilización química sin afectar la producción en el cultivo del melón.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del melón

El melón (*Cucumis melo* L.) es una planta de la familia de las cucurbitáceas que es dicotiledónea, herbácea y anual el melón se puede dividir en distintas variedades o grupos. (Fornaris, 2001).

En la región de la comarca lagunera se siembran distintas variedades de melón, pero las más conocidas son *Cantaloupe* y *honey dew* (S.A.D.R. 2021) estas se utilizan en distintas fechas de siembra ya sea temprana, intermedia o tardía cada una tiene sus ventajas como desventajas, ya sea el precio al que se compre el fruto, las temperaturas, la falta de agua, etc. (Chew Mandinaveita *et al.*, 2024).

Las hojas de la planta presentan formas limbo orbicular aovado que se divide o separa de 3 a 7 lóbulos con márgenes dentados y son vellosas en la parte del envés.

Las flores se presentan en un color amarillo y pueden llegar a ser masculinas, femeninas y hermafroditas. Las primeras en aparecer son las flores masculinas que aparecen debajo de los primeros entrenudos y después aparecen las femeninas y las hermafroditas en las segundas generaciones de ramificaciones. Algo que influye en la aparición de flores es la cantidad que se aplica de fertilizante. (Aceves Navarro *et al.*, 2009).

Los frutos tienen distintas características dependiendo de la variedad que se siembre o que sea de nuestro interés, pero en su mayoría son de forma circular a ovalada. La parte de la pulpa puede ser de color naranja, blanca, amarilla, etc. Algo importante a recalcar es que la placenta sea del menor tamaño posible para que no reste lugar a la pulpa (Aceves Navarro *et al.*, 2009).

2.1.1 Requerimientos climatológicos

El cultivo del melón requiere una temperatura de entre 28 y 35 ° C por el día y por la noche se considera que una temperatura de entre 18 y 22° C es la ideal para

poder desarrollarse (Crawford, 2017). Es decir, que requiere de climas cálidos y sin mucha precipitación, esto si queremos que el cultivo se encuentre en las condiciones idóneas. Cuando las temperaturas aumentan por encima de los 30 °C, la antesis que es cuando las plantas abren sus botones florales y estos se vuelven útiles (Ramírez y Davenport., 2016) esta fase ocurre temprano y las flores se cierran a mediodía o durante las primeras horas de la tarde. (Peñaloza A., 2001).

2.1.2 Requerimientos edafológicos

Esta planta se desarrolla mejor en ciertos tipos de suelo como lo son los francos o francos arenosos, además del tipo de suelo se debe tener en cuenta el pH del suelo que debe encontrarse en un rango de 6.0 a 7.5, el cultivo puede establecerse en otros tipos de suelo siempre y cuando se tenga un buen drenaje. (S.A.D.R., 2022).

En cuanto a la textura se considera que los suelos que presenten texturas más finas tendrán mejor relación con los pelos absorbentes del sistema radicular de la planta favoreciendo la absorción de nutrientes y agua. (Crawford, 2017).

2.2 Principales plagas del cultivo del melón

2.2.1 Mosca blanca

Esta plaga ataca de tres formas distintas a la planta, la primera es extrayendo con su estilete los nutrientes de la planta que se encuentran en la savia, la segunda forma es que es un vector de un virus lo que la vuelve más peligrosa y la tercera es por medio de las heces que se juntan en la hoja ocasionando problemas en el proceso de la fotosíntesis. Todo esto trae consecuencias a la hora de la cosecha ya que la planta produce frutos de menor tamaño e incluso algunos se llegan a manchar por la fumagina reduciendo así el valor comercial. (Castro Gómez, 2022).

2.2.3 Pulgón

Los pulgones son insectos hemípteros que afectan de manera directa a la planta ya que cuentan con un aparato bucal picador-chupador que le permite absorber la savia elaborada de la planta, además de que permite la entrada de ciertos virus y algunos patógenos, existen distintos tipos de pulgones que en su mayoría todos atacan al cultivo del melón (de Mendoza *et al.*, 2010).

2.2.4 Tizón temprano

Esta enfermedad causada por *alternaria cucuminera* se presenta en la mayoría de los casos en fechas de siembra tempranas, es decir, cuando se siembra antes de la fecha ideal para el cultivo, todo esto porque las temperaturas que se presentan en estas fechas son más templadas y existe mayor humedad relativa causando que sean las condiciones perfectas para una mayor proliferación de la enfermedad. (Madinaveitia *et al.*, 2008).

2.2.5 Cenicilla

Esta enfermedad causada por un patógeno se presenta en fechas intermedias y tardías por las condiciones climáticas que se tienen ya que el hongo prefiere de climas cálidos y que se presente una lluvia ligera para comenzar su etapa de esparcimiento en todo el cultivo. Puede causar pérdidas por la malformación de frutos y la reducción de los azúcares en el fruto. (Madinaveitia *et al.*, 2008).

2.2.6 Virosis

En este caso el virus requiere de un vector que le permita o le facilite la llegada a la planta ya que son incapaces por sí mismos de moverse de una planta a otra sin un medio, los vectores que transmiten la enfermedad son los pulgones y las moscas blancas. El problema con este virus es que cada vez se vuelven más resistentes, además de la problemática principal que se encuentra en que no se puede aplicar

algún agroquímico teniendo así que tomar medidas precautorias contra los vectores. (Milla Garcia, 1996).

2.2.7 Gusano barrenador del melón

Esta es una de las plagas de mayor importancia ya que afectan dañando directamente al fruto lo que ocasiona pérdidas económicas, también las larvas jóvenes afectan al follaje de la planta haciendo que la planta se marchite y ocasionando caída temprana de frutos inmaduros o el aborto de esto como se le conoce. (Ruiz Sánchez *et al.*, 2008).

2.2.8 Nematodos

Estos organismos se presentan en la parte radicular de la planta o en el follaje, dependiendo de la especie, los síntomas generales causados por los nematodos son enanismo, clorosis y el síntoma que los distingue de las otras plagas es la formación de agallas en el sistema radicular obstruyendo el paso de los nutrientes y agua. Los nematodos en combinación con las lluvias que se pueden presentar y la presencia de algunos patógenos como *Fusarium oxysporum* pueden ser letales para los cultivos acabando con ellos en poco tiempo (Vicente, 2001).

2.2.9 Minador de la hoja

Pertenece al orden Diptera, la mosca deposita sus huevos sobre la hoja que al emerger se empiezan alimentar del tejido vegetal del follaje lo que crea unos tipos de camino, esto es lo que caracteriza a la plaga. Un efecto secundario es que produce la defoliación por marchitamiento quedando así los frutos expuestos a la radiación solar provocando que se manchen y bajando la calidad de estos. (Cabrera, 2001).

2.2.10 Trips

Los trips se caracterizan por su diminuto tamaño y su color amarillo, también por el color plateado que dejan cuando han inyectado la planta con su saliva que al poco tiempo necrosara esa zona, puede ser cualquier parte aérea de la planta no necesariamente el follaje. Uno de los problemas adicionales que trae consigo los trips es que aleja polinizadores como lo son las abejas, causando un retraso en la polinización o incluso flores sin polinizar. (Parrales Baque, J. J. 2022).

2.3 Humedad

La planta requiere distintos niveles de humedad a lo largo de su crecimiento, al principio requiere de un 65-75%, en la etapa de floración se requiere de un 60-70% y al momento de la fructificación se requiere de menor porcentaje que es de 50-60%. Esto porque la planta requiere de mucha agua para poder dar los rendimientos esperados. (Dirección de ciencia y tecnología agropecuaria, 2024).

2.4. Microorganismos promotores del crecimiento vegetal

Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal son microorganismos que se encuentran de forma libre en el suelo, lo que afecta de manera positiva el crecimiento de la planta (Osorio, 2007). Las bacterias pueden beneficiar de manera directa cuando aumentan la cantidad de nutrientes disponibles asimilables para la planta o indirectamente que sucede cuando compite con los microorganismos patógenos que se encuentran en el suelo reduciendo el estrés generado a la planta. Dentro de los géneros de bacterias más utilizados para experimentos se encuentran *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Serratia*, por mencionar algunas. (Pardo Díaz *et al.*, 2021).

La mayoría de las bacterias que se han estudiado hasta la fecha han dado como resultado que pueden fijar nitrógeno, reducción del nivel de etileno, producción de fitohormonas y disminución de la toxicidad de los contaminantes como los que produce la urbanización que son los metales pesados como el cromo (Mushtaq.,

2022). Lo que se traduce como beneficio al campo debido a que se utilizan como biofertilizantes enriqueciendo así los suelos para próximos ciclos de cultivo, además de que puede mostrarse beneficioso en zonas semiáridas donde por las condiciones climáticas, se pierde la fertilidad de los suelos. (Chávez Aguilar y Gayosso Barragán, 2025).

No está bien definido como es que las bacterias realizan el movimiento hacia la raíz, pero hay distintos factores que contribuyen a este proceso como lo es la mayor disponibilidad de carbono, condiciones favorables de humedad, aerotaxis, capacidad de movimiento y la quimiotaxis. La última mencionada es la respuesta a gradientes de concentración de nutrientes o de algunos otros estímulos que produce la planta. También puede ser una respuesta a sustratos específicos y no específicos de la raíz, es decir, que si la cantidad de sustrato producido por la raíz es muy grande los microorganismos que son capaces de aprovecharlo tendrán una ventaja competitiva. (Loredo-Osti *et al.*, 2004).

Todo este grupo de bacterias heterogéneo representan un componente vital en el suelo para el desarrollo de la planta dado que secretan varios químicos reguladores en las cercanías de las raíces lo que promueve su desarrollo. Las bacterias antes mencionadas también influyen en la absorción de nutrientes en las plantas hospedantes, incluso se ha reportado que algunas cepas pueden llegar a ser capaces de incrementar los rendimientos del cultivo inoculado (Basu *et al.*, 2021).

2.5 Características

Los microorganismos están sobresaliendo como una alternativa a los fertilizantes químicos debido a la gran explotación de la agricultura intensiva. En el caso de las bacterias pueden penetrar la raíz y generar una población endófitas, en algunos casos llegan a penetrar hasta otras partes de la planta como puede ser el sistema vascular, hojas, etc. Todo esto sin causar daño alguno a la planta. Una ventaja que tienen las bacterias que logran encontrarse de manera endófitas es que se encuentran más protegidas ante cualquier cambio. (Rives *et al.*, 2007). Hay dos

tipos de bacterias que se pueden dividir en dos grupos que son las bacterias simbióticas y las de vida libre. (Jeyanthi, 2018).

Hay algunos investigadores que afirman que las PGPR deben de tener ciertas características para que sea una cepa ideal. Las características que debe de tener son: (Basu *et al.*, 2021):

- Contar con un amplio espectro de acción
- Promover el crecimiento de cualquier planta inoculada
- Tolerar factores fisicoquímicos ya sea el calor, radiación, desecación, por mencionar algunos.
- Debe de ser respetuosa con el medio ambiente y altamente competente con la rizosfera
- Tener una alta compatibilidad con las demás bacterias de la rizosfera
- Tener habilidades o cualidades que la logren hacer mejores sobres las otras bacterias que se encuentren en la rizosfera

2.6 Producción de fitohormonas

Muchas de estas bacterias pueden llegar a producir fitohormonas como auxinas, giberelinas, citoquininas, etc. Que imitan de cierta manera la función del jasmonato que es un responsable en el manejo del estrés de la planta. El proceso de fito estimulación se rige por la manipulación de una red compleja de la planta que influye ya sea de manera directa o indirecta en la formación de raíces o que estimulan el crecimiento de estas. (Rives, 2007). Las fitohormonas se dividen en varios grupos, como los reguladores del estrés como el jasmonato, ácido salicílico, ácido abscísico y el etileno, por otro lado, están las responsables de crecimiento como lo son las auxinas, giberelinas, citoquininas, brasinoesteroides, etc. Sin embargo, aunque se dividan la mayoría puede cumplir con la intervención en algún mecanismo de la planta (Fernández y M.D.V.R, 2024).

2.6.1 Auxinas

La síntesis de esta fitohormona es uno de los mecanismos que genera las PGPR estas hormonas les permite reaccionar ante cambios ambientales y no climáticos

por medio de algunos procesos como, por ejemplo (Pantoja-Guerra y Ramírez, 2025):

- Elongación celular
- División celular
- diferenciación celular
- Desarrollo de brotes

Un factor que puede influir en la participación de las auxinas en la planta es la dosis que se maneja ya que si se presenta un exceso de esta pasa de convertirse en ácido indolacético a ácido amicrociclopropano carboxílico para después convertirse en etileno el encargado de regular el crecimiento de las plantas (Pantoja-Guerra y Ramírez, 2025).

2.6.2 Giberelinas

En el caso de esta fitohormona se puede usar para alargar el tallo o incluso para reducir el periodo de latencia de las semillas, algunas otras funciones que pueden cumplir es mejorar el desarrollo de frutos e inducir la brotación de yemas. Cuando se descubrió esta hormona producida por microorganismos se pensaba que solo provenía de los hongos sin embargo, también la producen las bacterias, como *Acetobacter*, *Herbaspirillum* y *Bacillus* sp (Camelo *et al.*, 2011).

2.7 Mecanismos

Uno de los mecanismos destacados de entre las bacterias promotoras del crecimiento vegetal es que pueden llegar a retrasar la producción de etileno en la planta, el cual es el responsable de inhibir el crecimiento de la planta, lo último se puede dar por altos niveles de estrés que son provocados de distintas maneras como presencia de metales pesados, ataque de plagas, temperaturas extremas, etc. (Hernández Vargas, 2014).

Algunos PGPR son capaces de producir una enzima de aminociclopropano carboxilato desaminasa, esta es capaz de eliminar un precursor del etileno que hace que la producción vegetal se alargue, la fitohormona que causa todo este proceso es el ácido indolacético (AIA) que a su vez la sintetizan otras bacterias en el sistema

radicular. Estos procesos en conjunto dan como resultado que la planta genere raíces más largas y que la planta sea más resistente a la inhibición del crecimiento que genera el etileno causado por alguna situación de estrés. (Hernández Vargas, 2014).

Hay identificados al menos 22 tipos de mecanismos. (Castaño, 2021). Pero para mayor comodidad se clasifican en dos tipos de mecanismos que son los indirectos y los directos estos afectando a la planta como lo dice su nombre, los cuales se explican en los apartados siguientes

2.7.1 Mecanismos directos

Los mecanismos directos son todos aquellos en los que la bacteria que se encuentre logre producir un metabolito que a su vez tendrá efecto en el crecimiento vegetal y que no dependen de la población de otras bacterias para lograr su efecto. (Ochoa, 2010). Algunos otros autores mencionan que los mecanismos directos son todos aquellos que producen fitohormonas ya sea del tipo auxinas o giberelinas y que pueden afectar la disponibilidad de nutrientes porque intervienen en algunos ciclos biogeoquímicos. Un ejemplo de esto es la fijación de N y la solubilización de P que se encuentra disponible en el suelo (Camelo *et al.*, 2011).

Estos procesos o mecanismos son muy diversos y se tienen muchos registrados, sin embargo, existen dos clasificaciones que son las más utilizadas, el primero es la producción de sustancias orgánicas que a su vez es producto del metabolismo secundario de las bacterias que provocan respuestas fisiológicas en las células de la planta. El segundo se trata de la intervención de los mecanismos en los ciclos biogeoquímicos antes mencionados que consiste en que hacen disponible compuestos orgánicos e inorgánicos para que la planta los aproveche (Camelo *et al.*, 2011).

2.7.2 Mecanismos indirectos

Estos procesos se clasifican así ya que requieren de un factor externo para afectar al crecimiento vegetal de la planta, es decir que la planta al liberar metabolitos estos afectan a factores rizosféricos. Las PGPR tales como *Pseudomonas* pueden inducir un control sobre algunos patógenos del suelo ya sea en su caso hongos, bacterias, nematodos o virus (Hernández, 2003). Se puede decir que la producción de sideróforos, resistencia sistémica adquirida e inducida, producción de algunas enzimas, son mecanismos indirectos por mencionar algunos. (Ochoa, 2010).

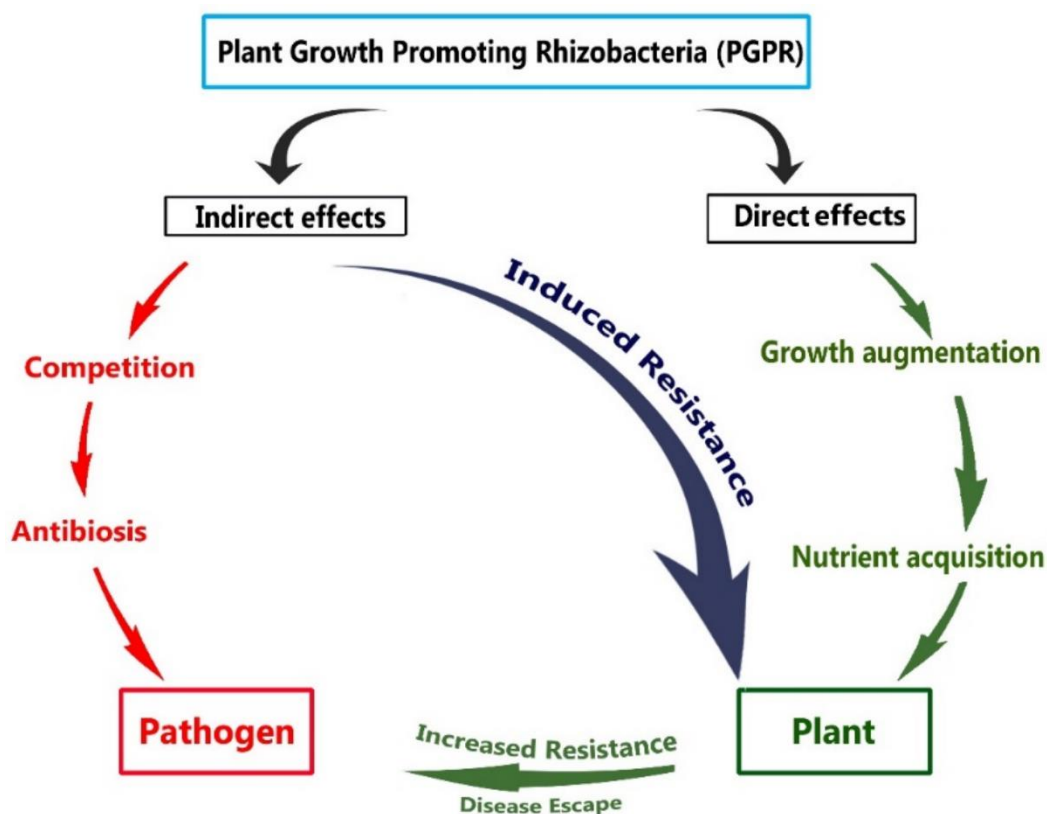


Figura 1. Descripción por medio de mapa conceptual de los mecanismos indirectos y directos de las PGPR (Basu *et al.*, 2021).

2.8 *Sinorhizobium meliloti*

Esta bacteria tiene beneficios para la planta, como la mayoría de especies que pertenecen a esta familia, que ayudan a fijar las partículas de nitrógeno haciendo una simbiosis o asociación con las rizobacterias permitiendo el aprovechamiento

del nitrógeno atmosférico, además de que permite a la planta solubilizar nutrientes y una mayor conductividad de nutrientes. La fijación ocurre por la conversión enzimática de nitrógeno gaseoso a amoníaco. Este proceso en general es característico de este género de bacterias que en su mayoría se distingue por asociarse al grupo de las leguminosas. (Gallegos Morales *et al.*, 2024).

2.8.1 Características de *Sinorhizobium Meliloti*

Se caracteriza porque es una gram negativa, no forma esporas, es aerobia y que en el sistema radicular de la planta que está formando simbiosis los nódulos que se producen son de color rojizo. Además de todo esto beneficia al campo ayudando a remediar suelos que están sobreexplotados o que su contenido de materia orgánica es muy bajo y la mayor ventaja que tiene es que reduce costos de fertilizantes. (Gallegos Morales *et al.*, 2024).

Esta bacteria ha sido analizada desde hace muchos años, hay estudios con fecha de antes de los 2000, esto por la capacidad de competencia, además de la persistencia que llegan a presentarse en el suelo que es de importancia para los productores. Esto en el caso de las leguminosas que se inoculan pueden llegar a sobrevivir un año o un ciclo de vida siempre y cuando se presenten las condiciones adecuadas. (Quadrelli & Castellari, 2004).

Algunos autores mencionan que distintos macros y micronutrientes afectan la simbiosis de la bacteria con la planta, algunos de los más importantes son los macronutrientes como el fósforo que interviene en el ADN, ARN y ATP. En el caso de los micronutrientes el boro participa estabilizando las membranas de la planta, así como las del simbiote. (Glusko & Universidad Nacional de La Pampa. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, 2020).

2.9 Fertilización

La fertilización que se aplicó en el experimento se basó en las dosis que los productores de la región utilizan para el cultivo del melón (Mandinaveita *et al.*, 2024).

RENDIMIENTO (t/ha)			
dds	30	40	50
Kg/ha (Unidades de N)			
0	4.8	6.4	8
15	7.2	9.6	12
30	12	16	20
45	24	32	40
60	36	48	60
75	24	32	40
90	12	16	20
Total	120	160	200

dds = días después de siembra

Figura 2. Unidades de nitrógeno recomendada para diferentes rendimientos en el cultivo de melón en la región lagunera (Mandinaveita *et al.*, 2024).

RENDIMIENTO (t/ha)			
dds	30	40	50
Kg/ha (Unidades de P)			
0	2.4	3.2	4
15	3.6	4.8	6
30	6	8	10
45	12	16	20
60	18	24	30
75	12	16	20
90	60}	8	10
Total	60	80	100

dds = días después de siembra

Figura 3. Unidades de fosforo recomendada para diferentes rendimientos en el cultivo de melón en la región lagunera (Mandinaveita *et al.*, 2024).

Según estos datos y además de los análisis de suelo se pudo obtener las dosis usadas en los diferentes tratamientos. Para el caso del nitrógeno se utilizó urea y las dosis fueron las siguientes:

Dosis	Fosforo	Sulfato	Urea
F100	1.22 L	2.44 Kg	1.52 Kg
F85	0.52 L	1.04 Kg	0.64 Kg
F70	0.42 L	0.84 Kg	0.26 Kg
Control	1.22 L	2.44 Kg	1.52 Kg

Figura 4. Dosis de los diferentes fertilizantes utilizadas en los tratamientos basado en los análisis de suelo y fertilización convencional utilizada en la región Lagunera.

2.10 Importancia de elementos en la planta

Los nutrientes o elementos en la planta son una parte esencial en su ciclo de vida ya que muchas funciones dependen de la existencia de estos en el suelo, pero la baja disponibilidad de estos en el medio condiciona el crecimiento dando como resultado que los productores tengan que utilizar fertilizantes químicos para complementar la nutrición, pero, da como resultado contaminación de suelos por excesos de los químicos (Reséndez *et al.*, 2018). Ahora bien, en zonas que no han sido afectadas por el ser humano se tienen otros factores limitantes que reducen la necesidad de nutrientes en la planta, tales como la temperatura, el clima, etc. Un ejemplo de esto es que cuando la cantidad de CO₂ es muy alta en casos como lo son los bosques con suelos ricos en nutrientes se tiene una mayor producción de biomasa, en contraste que cuando son suelos pobres los nutrientes entran como factor limitante afectando a la planta. Todo esto se puede traducir como un ciclo en el cual si hay alta cantidad de CO₂ la planta va a requerir de bastantes nutrientes para poder asimilarlo y después este compuesto lo utilizara la planta para poder absorber más nutrientes (Escudero y Mediavilla, 2003).

2.10.1 Nitrógeno

Este elemento es de gran importancia en el desarrollo de la planta ya que influye en muchos factores, este elemento tiene una función estructural además de ser un constituyente de ácidos nucleicos y bases nitrogenadas (Yzquierdo *et al.*, 2020). Algunos autores reportan que este elemento participa en algunas funciones celulares además de que componen una parte fundamental del ADN (Orchardson, 2020). Este elemento puede ser absorbido de dos maneras ya sea en forma de amonio o en forma de nitrato, pero según el tipo especie de la planta será el tipo de absorción (Balta *et al.*, 2015).

El Nitrógeno participa en algunos procesos que se llevan dentro de la planta como la fotosíntesis, respiración, multiplicación y división celular, en el desarrollo vegetativo, y el desarrollo reproductivo ya que este estimula el desarrollo de yemas florales y por consecuencia el desarrollo de yemas fructíferas. La ausencia de este elemento en la planta puede traer muchos problemas a lo largo de todo el ciclo del

cultivo como retrasar las etapas fenológicas de la planta, reducir tamaño y vigor, por mencionar algunos (Yzquierdo *et al.*, 2020).

En contraste con lo antes mencionado un uso excesivo de los fertilizantes nitrogenados puede llegar a tener efectos negativos para la planta y el medio ambiente. Algunos de estos son es que la planta empieza a producir una mayor cantidad de hojas, es decir, que su desarrollo vegetativo se alarga teniendo como consecuencia que la planta se enfoque en producir hojas y no en producir yemas florales como se espera y como resultado es una reducción en el rendimiento del cultivo. Todo esto se puede evitar, realizando estudios o análisis de planta en las diferentes etapas fenológicas, o si bien es el caso de los productores asesorarlos de que una mayor dosis de fertilización de este elemento de cualquiera que se aplique no traerá consigo un mayor rendimiento a la hora de la cosecha sino todo lo contrario (Yzquierdo *et al.*, 2020).

Las plantas que se encuentran con una dosis muy baja o alta como sea el caso no pueden llegar a expresar su potencial productivo y los problemas que vienen son que la planta no logra asimilar bien el CO₂ debido a que el nitrógeno es uno de los componentes del sistema fotosintético de la clorofila. La explicación de esto se debe a que el intercambio de gases se lleva a cabo a través de los estomas que su apertura se regula por diversos factores como el clima, la luz y la disponibilidad de N. (Escudero y Mediavilla, 2003).

La producción de asimilados producidos por la fotosíntesis por los órganos principales de la planta se transportan por medio del floema a los demás órganos o partes de la planta (Grageda-Cabrera *et al.*, 2018). El suministro de nitrógeno da como resultado un aumento en la tasa fotosintética que a su vez incrementa el crecimiento o desarrollo del cultivo debido a que toda la producción de materia seca depende de este proceso (Apáez *et al.*, 2020).

2.10.2 Fosforo

Este al ser uno de los macroelementos que requiere la planta toma mucha importancia en diversos procesos, pero al ser un elemento inmóvil en el suelo y su

baja disponibilidad puede ocasionar que se presenten deficiencias. Algunas de las funciones o procesos que cumple el fósforo en la planta son (Bañuelos *et al.*, 2017):

- Formación de ácidos nucleicos
- Formación de fosfatos de azúcares
- Síntesis de proteínas
- Formación de nuevo protoplasma

La absorción de este elemento se lleva a cabo por medio de los iones diácido, dado que el elemento tiene baja solubilidad, se presenta cierta tendencia de desplazamiento de equilibrio a la fase sólida. dando como resultado que la concentración de P sea baja lo que tiene como consecuencia que la planta produzca ciertos procesos o mecanismos fisiológicos y bioquímicos para aumentar la cantidad de P absorbido. Un ejemplo de estos mecanismos son la acumulación de carbohidratos en la raíz o la producción de exudados en la raíz. La absorción de este puede ser de dos maneras diferentes y es ahí donde entran los microorganismos, la primera forma es la directa que ocurre a través de la epidermis de la raíz y la segunda es la absorción a través de hongos micorrizicos que se lleva a cabo desde las hifas extra radicales hasta la parte interior de la raíz. En algunos casos la demanda de fósforo en los cultivos es muy alta lo que conlleva a que se utilice en dosis muy alta de fertilizantes dando como que se encuentre una alta cantidad de fósforo disponible para la planta en el suelo (Bañuelos *et al.*, 2017).

La sobredosificación de este elemento trae problemas como la muerte de plantas, así como una depresión en el crecimiento vegetal, así como la generación de antagonismo con otros microelementos como lo es el caso de zinc y hierro (Romero, 2017).

En el caso de este elemento se menciona en un estudio que este en combinación con el N pueden estimular el crecimiento del sistema radicular de la planta, además de que la deficiencia de este elemento puede producir falta de hojas. Muchas veces también se puede dar esto por la relación fósforo calcio, como es el caso del estudio citado en el cual los tratamientos que se les aplicó fertilizante a

base de calcio tuvieron una reducción en el nivel de fósforo encontrado en los análisis foliares realizados (González *et al.*, 2020).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del área experimental

Este experimento fue realizado en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Se utilizó un lote de 2500 m² para sembrar semillas de melón.

3.2 Descripción del experimento

Este estudio se realizó con el fin de evaluar la efectividad de *Sinorhizobium meliloti* caracterizada como bacteria promotora de crecimiento vegetal (PGPR, por sus siglas en inglés) en el cultivo del melón. Esto con el fin de reducir el uso de químicos utilizados en la fertilización además de evaluar las ventajas que tienen sobre los métodos convencionales. Se evaluaron variables morfológicas de la planta, fruto y también se evaluaron el contenido de N y P en planta y suelo.

3.3 Labores culturales

El establecimiento del cultivo se empezó con un barbecho el día 39 juliano del año 2024 que consiste en levantar al menos 40 cm del suelo que en la mayoría de los casos está compactado e impide el desarrollo del sistema radicular. 3 días después se llevó a cabo un rastreo para romper todos los terrones que se habían formado por el barbecho antes mencionado y ese mismo día se hicieron los surcos o camas meloneras de 1.60 m de ancho. Al día siguiente se colocó el sistema de riego que

fue con cintilla y el acolchado que consiste en un plástico que cubre toda la cama que sirve para aumentar la temperatura, reducir la pérdida de humedad, etc. La siembra se realizó el día juliano número 58, ese mismo día se inoculó con la bacteria. En este caso algunas semillas no lograron emerger y se tuvo que trasplantar plántulas previamente sembradas en charola y esto fue al día juliano número 77. Los riegos se hicieron conforme a un calendario que se estimó con unas temperaturas medias o estimadas que se tenían del año anterior. La primera cosecha fue el día 137 conforme al calendario en días julianos.

3.4 Tratamientos

Con la finalidad de evaluar el efecto de *Sinorhizobium meliloti* se consideraron 3 dosis de fertilización que fueron: al 100% o F100, F85, y F70. Además, se consideró un testigo o control de fertilización al 100% sin inoculación. Estas fuentes de fertilización obedecen a las prácticas de los productores de la comarca lagunera con base a análisis de fertilidad de suelos.

La inoculación se llevó a cabo en tres distintas etapas fenológicas de la planta, que fue un previo tratamiento a la semilla. La segunda inoculación fue al momento de la aparición de las primeras hojas verdaderas y se aplicó 10 ml del concentrado con la bacteria sobre la base del tallo y la última que fue al cuando aparecieron las primeras flores y que de igual manera se aplicaron 10 ml que de igual manera se aplicaron sobre la base del tallo,

3.5 Variables

Las variables medidas en este trabajo de investigación se dividieron en variables morfológicas y en variables químicas. Las variables morfológicas fueron, largo de guía, peso de planta (biomasa), peso de fruto, grados brix, diámetro ecuatorial, diámetro polar y firmeza. En el caso de las otras variables fueron nitrógeno y fósforo en planta y suelo.

3.5.1 Morfológicas

La largo de guía se midió desde la base del tallo hasta la yema apical con una cinta métrica de la marca truper. El peso de la planta y del fruto se realizó con una balanza granataria metálica Ohaus. Se midieron los grados Brix con un un refractómetro Hand Held, a una muestra de 5 gr del melón. Se obtuvieron también los diámetros ecuatorial (medida horizontal del fruto) y polar (desde el peciolo hasta la base del fruto). La firmeza se obtuvo con un penetrómetro de la marca Impac, que expresa sus medidas en Kg/cm².

3.5.2 Nitrógeno y Fosforo en planta

En cuanto a estos análisis se llevaron a cabo en pruebas de laboratorio y con distintos procesos para la obtención de cada uno de ellos, en el caso del N se determinó por el método semimicro Kendall modificado en planta y para el caso del P se obtuvo por el método de solubilización de P por digestión con ácido perclórico y ácido nítrico.

3.5.3 Nitrógeno y fosforo en suelo

se obtuvo una muestra de 500 gr de suelo, la cual como primer paso se puso a secar en estufa, posteriormente se llevaron a cabo los procedimientos de laboratorio, para la de determinación de nitrógeno se utilizó el método de Kendall, mientras que para el fosforo se utilizó el método de determinación de P extractable en suelos neutros y alcalinos por el método de Olsen.

3.6 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, considerando las tres fuentes de fertilización F100 F85 Y F70 más el inoculo y el testigo fuente de fertilización al 100% sin inoculo como tratamientos. Para la distribución de estos tratamientos

dentro de la parcela se sortearon de manera al azar. Todos los tratamientos tuvieron cuatro repeticiones dentro del lote.

3.7 Análisis estadístico

Se realizó el ANVA de los datos para cada variable evaluada con el paquete SAS 9.1, si diferencia significativa, LSD 50 probabilidad de comparación de medias.

4.RESULTADOS

4.1 Morfológicos

4.1.1 Largo de guía

La variable largo de guía presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En la Figura 1 se aprecia que la fertilización al 100% (F100) inoculada con *S. meliloti* incrementó en 68% el tamaño de planta con respecto al tratamiento control (F100 sin inoculante), además; se puede apreciar que el efecto de la rizobacteria con otras dosis de fertilización es estadísticamente diferente.

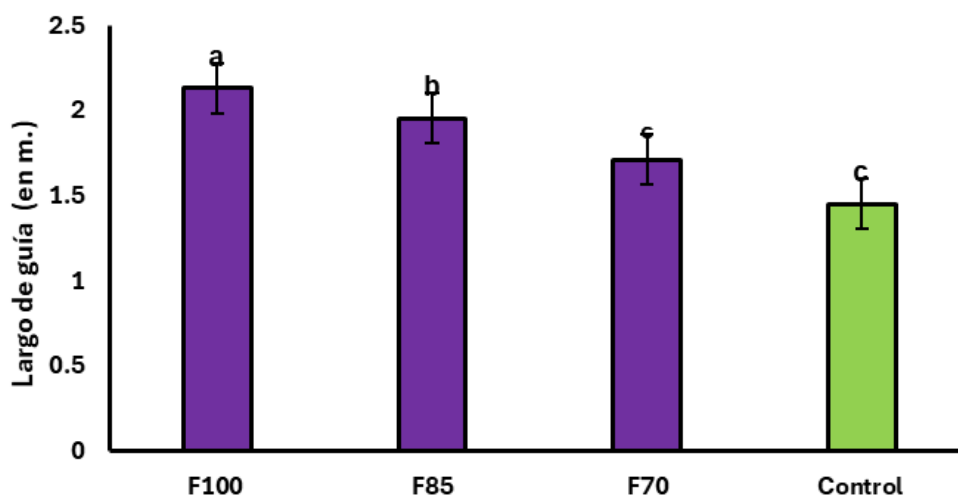


Figura 5. Efecto de *Sinorhizobium meliloti* en la variable largo de guía con diferentes dosis de fertilización. *Letras diferentes indican diferencia estadística LSD 50.

4.1.2 Biomasa

La variable biomasa presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En la figura 2 se aprecia que la fertilización al 100% adicionada con *S. meliloti* incrementó 70% la cantidad de biomasa producida por las plantas del tratamiento control sin inoculación. También podemos observar el efecto de la rizobacteria sobre tratamientos con diferentes dosis de fertilización.

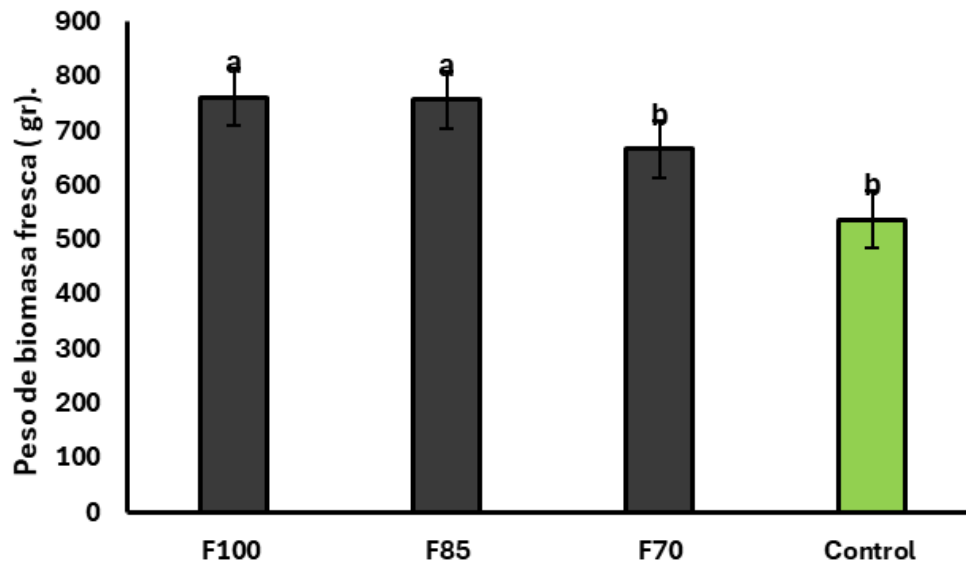


Figura 6. Efecto de *Sinorhizobium meliloti* en la variable Biomasa con diferentes dosis de fertilización. *Letras diferentes indican diferencia estadística LSD 50.

4.1.3 Rendimiento de planta

En la variable rendimiento de planta podemos observar diferencia estadística significativa en los tratamientos. En la figura 3, se aprecia que la fertilización al 100% adicionada a *S. Meliloti* fue mayor un 73% con respecto al tratamiento control sin inoculación. Además, podemos observar la diferencia estadística de los demás tratamientos.

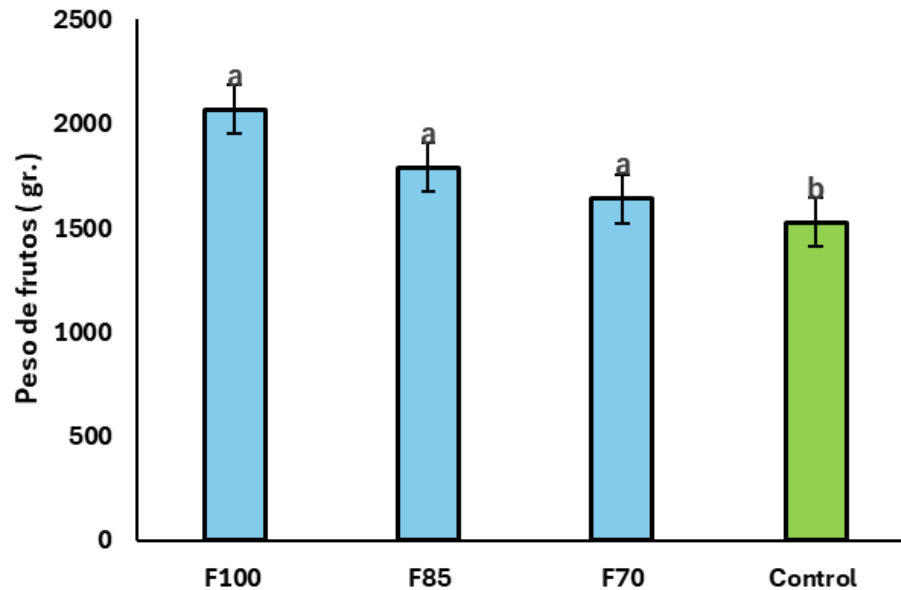


Figura 7. Efecto de *Sinorhizobium meliloti* en la variable rendimiento de planta con las diferentes dosis de fertilización. *Letras diferentes indican diferencia estadística LSD 50.

4.2 Nutrientes (suelo y planta)

4.2.1 Fosforo en suelo

La variable fosforo en suelo presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En la figura observamos que la fertilización al 70% adicionada a *S. meliloti* fue mayor un 40% al tratamiento control sin inoculación. Además, observamos el efecto de la rizobacteria sobre los otros tratamientos y como todos presentan diferencia significativa.

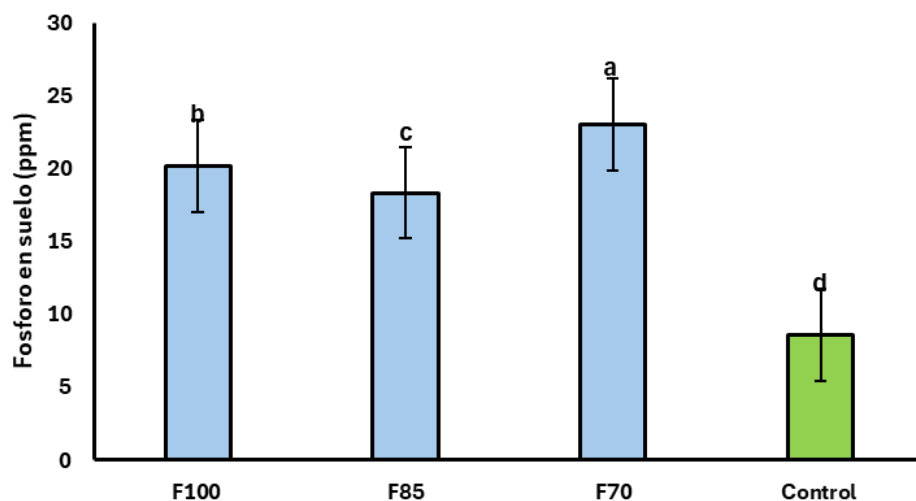


Figura 8. Efecto de *Sinorhizobium meliloti* en la variable fosforo en suelo con las diferentes dosis de fertilización. *Letras diferentes indican diferencia estadística LSD 50.

4.2.3 Nitrógeno en suelo

En la variable nitrógenos en suelo podemos observar que no hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos. En la figura 6 apreciamos que el tratamiento con fertilización al 100% adicionada a *S. meliloti* fue mayor un 91% con respecto al control sin inocular y fertilización tradicional. Además, podemos observar el poco efecto de la rizobacteria sobre los demás tratamientos.

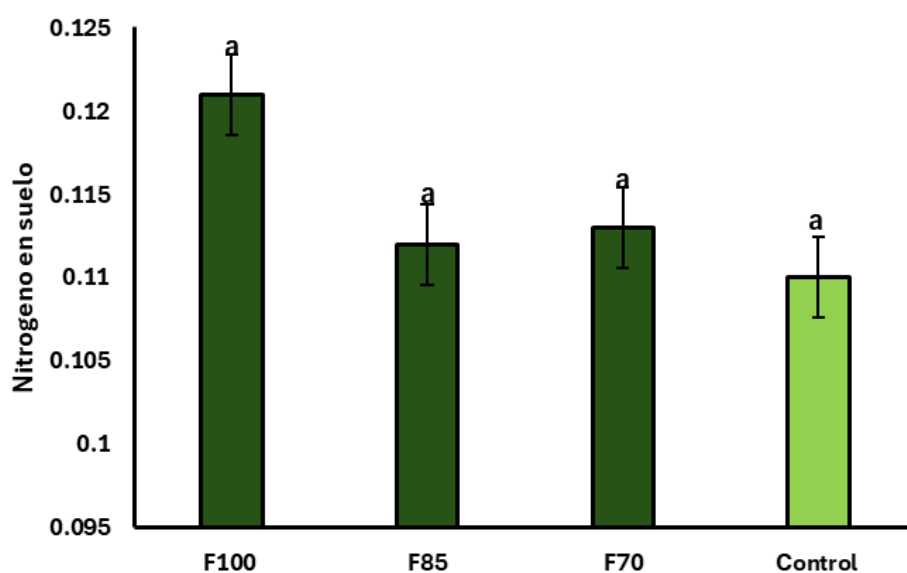


Figura 9. Efecto de *Sinorhizobium meliloti* sobre la variable de nitrógeno en suelo en diferentes dosis de fertilización. *Letras diferentes indican diferencia estadística LSD 50.

4.2.4 Nitrógeno en planta

En la variable nitrógeno en planta podemos observar una diferencia estadística significativa en los tratamientos. En la figura 7 podemos apreciar que el tratamiento con la fertilización al 70% que adicionada a *S. meliloti* fue mayor un 93% con respecto al control sin inocular. Además, podemos observar el efecto de la rizobacteria con los otros tratamientos que presentan diferencia significativa.

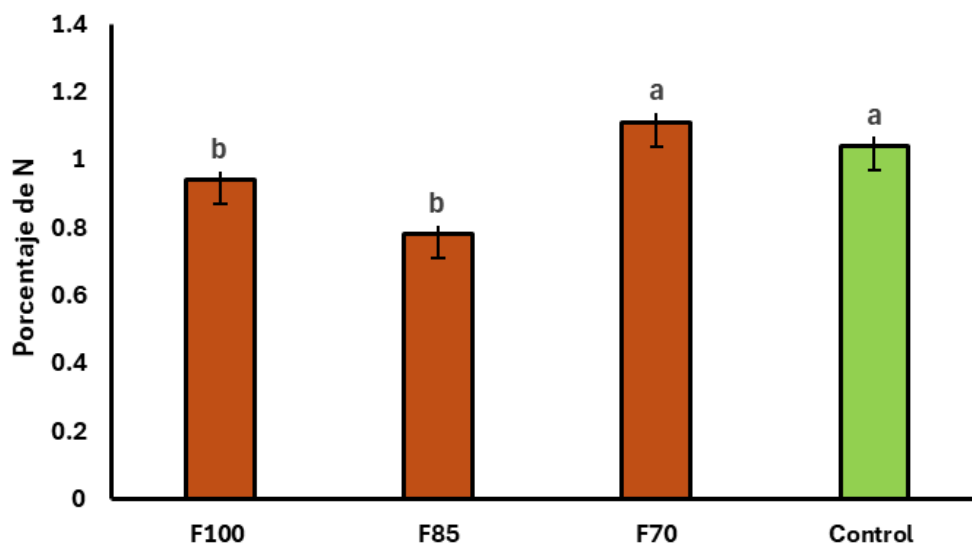


Figura 10. Efecto de *Sinorhizobium meliloti* sobre la variable nitrógeno en suelo en diferentes dosis de fertilización. *Letras diferentes indican diferencia estadística LSD 50.

4.2.5 Fosforo en planta

En la variable fosforo en suelo presento diferencia estadística significativa en los tratamientos. En la figura 8 apreciamos que el tratamiento al 70% adicionado a *S. meliloti* fue mayor un 77% con respecto al control sin inocular. También observamos

el efecto de la rizobacteria sobre los otros tratamientos que presentaron diferencia significativa.

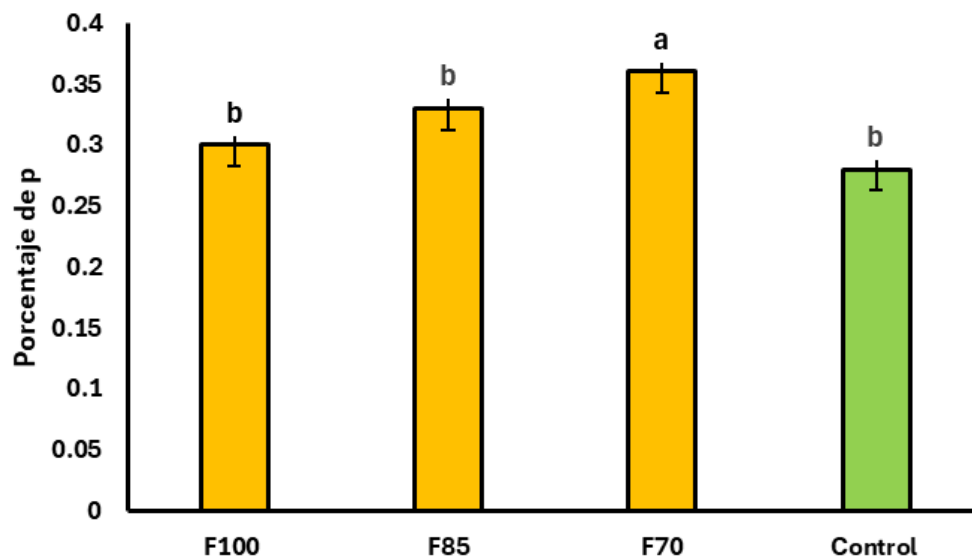


Figura 11. Efecto de *Sinorhizobium meliloti* sobre la variable fosforo en planta con diferentes dosis de fertilización. *Letras diferentes indican diferencia estadística LSD 50.

4. DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos en las variables medidas; largo de guía , biomasa, rendimiento de planta, nitrógeno y fósforo en planta y suelo. Se puede decir que es rentable el uso de estas bacterias ya que estudios demuestran que las rizobacterias pueden colonizar ciertas familias de plantas y esto provoca que produzcan ciertos metabolitos que llegan actuar como sustancias promotoras del crecimiento vegetal. Lo que podría explicar el crecimiento de los brotes y la cantidad de biomasa que se produjo. Además de que este mismo estudio obtuvo resultados similares en cuanto a la longitud de brotes o largo de guía y también en la cantidad de biomasa que se obtuvo por la inoculación con la misma bacteria utilizada en este experimento (Bécquer Granados *et al.*, 2012). Estudios demuestran que el uso de PGPR como *Pseudomonas* en plantas como *Arabidopsis* promueven el crecimiento de la planta y mayor producción de biomasa(Zhou, 2016).

Por otra parte, bacterias como *Bacillus megaterium* producen poliaminas como lo es la espermidina y espermina (SPD Y SP) que ayudan o mejoran la estructura radicular de las plantas inoculadas provocando raíces principales y secundarias más largas lo que puede explicar el porqué de la mayor absorción de nutrientes (fósforo y nitrógeno) en las plantas inoculadas a comparación de las plantas del control. Además de que también se podría explicar con esto un aumento en la cantidad de biomasa producida. (Zhou, 2016).

Un estudio demuestra que la aplicación de biofertilizantes (hongos y bacterias) combinado con la fertilización tradicional en la región de “el Bajío” en México dio como resultado que en la variable largo de guía se obtuvo mejores resultados que en comparación con el testigo sin inocular sin embargo no en todas las variables se tienen efectos positivos. La producción de grano se vio afectada y no se obtuvieron mejores resultados como se esperaba. Esto se puede explicar debido a que la planta tuvo cierta relación con el microorganismo que causó que se inhibiera el desarrollo radicular de la planta y que no se pudiera realizar una mayor absorción de nutrientes en suelos alcalinos como lo es el N que en este caso es el de nuestro interés (Grageda-Cabrera *et al.*, 2018).

En cuanto a la absorción de N un estudio demostró que la combinación de algunas bacterias como *Sinorhizobium* y *Azospirillum* además de la aplicación de diferentes dosis de fertilización aumentaron el contenido de N en la planta. Lo que explica los resultados de la variable de N en planta. (Bécquer Granados, 2012).

Por otra parte, se comprueba que distintas rizobacterias que producen ACC desaminasa que es una enzima que promueve el crecimiento vegetal o la elongación celular de los brotes vegetativos al reducir los niveles de etileno que es causante de estrés de las plantas. Por consecuencia esto tiene como resultado una mayor cantidad de biomasa, mayor longitud de planta. Esto fue evaluado en plantas de *Solanum lycopersicum*. (Yan, 2014) . Otro estudio demuestra que algunas PGPR tienen la capacidad de sintetizar la enzima antes mencionada que favorece la supervivencia de la plántula que están en condiciones bajas de nutrientes. Esto da como resultado que el desarrollo y el mayor rendimiento de las plantas inoculadas. El efecto más importante de la relación de PGPR-ACC es la reducción en la aplicación de fertilizantes químicos. Lo último mencionado podría explicar el mayor porcentaje de fosforo y nitrógeno en suelo y planta en el experimento a comparación del control sin inocular. (Esquivel-Cote, 2013).

Otro estudio demuestra que las rizobacterias producen ácido indolacético que es la causa de iniciación radicular y elongación celular. Todo esto va de la mano de que también producen fitohormonas que son responsables de división celular, expansión de los tejidos vegetales y elongación de tallo. Por otro lado, el uso de estas bacterias puede llegar a aumentar e incluso duplicar o triplicar el rendimiento de las plantas siempre comparándolas con las del control sin inocular, esto no siempre es así ya que también puede llegar a no afectar en nada el rendimiento de esta variable. (Bécquer Granados, 2012).

Un estudio demuestra que, con ciertos niveles de fertilización, distintas aplicaciones de algunas bacterias como biofertilizantes aumentaron el número de guías producidas por la planta lo que da como resultado mayor número de hojas que se traduce en mayor cantidad de biomasa producida a comparación del control. Además de que el uso de biofertilizantes redujo la aplicación de fertilizantes

químicos y también aumentó el rendimiento de fruto de la planta. (González-Salas, 2021).

Un estudio demuestra que la planta reacciona de buena manera a la aplicación de P para el desarrollo vegetativo dando como resultado que cuando se redujo la dosis de P en la planta esta tuvo una reducción en la aparición de brotes vegetativos (Jimenez-Moreno et al., 2016).

5. CONCLUSIÓN

Según los resultados obtenidos se puede decir que se cumplió con lo que se pensaba antes de realizar el experimento, las diferentes dosis de fertilización aunado a la rizobacteria demuestran tener un efecto favorable en el desarrollo vegetativo de planta, además de que esto demuestra que este tipo de microorganismo no solo es eficaz en leguminosas, sino que puede afectar el comportamiento general sin importar la familia de la planta en la que se evalúe.

La utilización de *Sinorhizobium meliloti* es una opción que se debería de estar implementando en los campos mexicanos ya que beneficia a los productores por las muchas ventajas que tiene sobre los productos químicos, debido que al utilizarse se pueden obtener mayores rendimientos con menores cantidades de fertilizantes, reduciendo los costos del cultivo como consecuencia, igualmente esto trae otros beneficios como que promueve la tolerancia a la sequía y salinidad entre otras cosas.

Para finalizar si bien el uso de esta bacteria no está implementado del todo en la mayoría de las zonas productoras de la región, se recomienda el uso para aumentar el porcentaje de producción a nivel nacional y regional. Esto puede ser una alternativa a los sistemas de producción tradicionales que se encuentran distribuidos por la zona. Todo esto se puede traducir como que el uso de estas bacterias (PGPR) es el futuro o incluso el presente en algunos países en el área de la agricultura debido a todos los beneficios brindan a la planta a comparación de los productos químicos que si se usan de mala forma generan más desventajas que ventajas.

6. BIBLIOGRAFIA

Aceves Navarro, L. A., Juárez López, J. F., Palma López, D. J., López López, R., Rivera Hernández, B., & González Mancilla, R. (2009). ESTUDIO PARA DETERMINAR ZONAS DE ALTA POTENCIALIDAD DEL CULTIVO DE MELÓN (*Cucumis melo* L.) EN EL ESTADO DE TABASCO. SAGARPA. <https://campotabasco.gob.mx/wp-content/uploads/2021/04/MELON.pdf>

Apáez Barrios, Maricela, Escalante Estrada, José Alberto Salvador, Apáez Barrios, Patricio, & Álvarez Hernández, Juan Carlos. (2020). Producción, crecimiento y calidad nutrimental del garbanzo en función del nitrógeno y fósforo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(6), 1273-1284. Epub 11 de octubre de 2021. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2226>

BALTA-CRISÓLOGO, R. A., RODRÍGUEZ-DEL CASTILLO, Á. M., GUERRERO-ABAD, R., Cachique, D., ALVA-PLASENCIA, E., ARÉVALO-LÓPEZ, L., & LOLI, O. (2015). Absorción y concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en *sacha inchi* (*Plukenetia volubilis* L.) en suelos ácidos, San Martín, Perú. *Folia Amazónica*, 24(2), 23-30.

Bañuelos, J., Sangabriel Conde, W., Gavito, M. E., Trejo Aguilar, D., Camara, S., Medel Ortiz, R., & Carreon Abud, Y. (2017). Efecto de diferentes niveles de fósforo en aguacate inoculado con hongos micorrízicos arbusculares. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(7), 1509-1520.

Basu, A., Prasad, P., Das, SN, Kalam, S., Sayyed, RZ, Reddy, MS y El Enshasy, H. (2021). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) como bioinoculantes verdes: Desarrollos recientes, limitaciones y perspectivas. *Sustainability*, 13 (3), 1140. <https://doi.org/10.3390/su13031140>

Bécquer Granados, C. J., Lazarovits, G., Nielsen, L., Quintan, M., Adesina, M., Quigley, L., Lalin, I., & Ibbotson, C. (2012). Efecto de la inoculación con bacterias rizosféricas en dos variedades de trigo. Fase II: invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(5). doi: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263123214011>

Cabrera, I. (2001). Conjunto Tecnológico para la Producción de Melón “Cantaloupe” y “Honeydew” INSECTOS Y SU MANEJO INTEGRADO. <https://www.upr.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/03/MELON-INSECTOS-Y-SU-MANEJO.pdf>

Camelo, M., Vera, S. P., & Bonilla, R. R. (2011). Mechanisms of action of plant growth promoting rhizobacteria. *Cienc. Y Tecnol. Agropecu*, 12(8). https://doi.org/10.21930/rcta.vol12_num2_art:227

Castañó, A. M. P., Durango, D. P. M., Polanco-Echeverry, D., & Arias, J. A. C. (2021). Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR): Una revisión sistemática 1990-2019. *Revista de Investigación Agraria y ambiental*, 12(2), 161-178. doi: <https://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/130/1302302012/html/>

Castro Gómez, J. C. (2022). Principales insectos plagas en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2022).

Chávez Aguilar, G., & Gayosso Barragán, O. (2025). Microorganismos benéficos que favorecen la fertilidad del suelo. Gob.mx. <https://www.gob.mx/inifap/articulos/microorganismos-beneficos-que-favorecen-la-fertilidad-del-suelo>

Chew Mandinaveita, Y. I., INIFAP, CIRNOC, & OGE. (2024, February 9). Componentes tecnológicos para el cultivo del melón. Gobierno de México. http://www.inifap-nortecentro.gob.mx/nodos/paquetes_tecnologicos/2024/laguna/Paquete_Melon_2024.pdf

Crawford, H. (2017). Manual de manejo agronómico para cultivo de Melón. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/7ffed441-0493-451d-b28a-9bee64521b1b/content>

de Mendoza, A. H., Belliure, B., Llorens, J. M., Marcos, M. Á., & Michelena, J. M. (2010). Manejo de pulgones. Organismos para el control de patógenos en los cultivos protegidos, 289.

Dirección de ciencia y tecnología agropecuaria. (2024). El cultivo del melón. Dicta.gob.hn. <https://dicta.gob.hn/files/2005>

Escudero, A., & Mediavilla, S. (2003). Dinámica interna de los nutrientes: Ecosistemas, 12(1). Recuperado a partir de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/247>

Esquivel-Cote, R., Gavilanes-Ruiz, Marina, Cruz-Ortega, Rocío, & Huante, Pilar. (2013). Importancia agrobiotecnológica de la enzima ACC desaminasa en rizobacterias, una revisión. *Revista fitotecnia mexicana*, 36(3). doi: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000300010&lng=es&tlng=es.

Fernández, M. D. R. V. (2024). Cuantificación de hormonas vegetales y estudio metabolómico mediante cromatografía-espectrometría de masas de alta resolución. Aplicación a la interacción alfalfa-PGPR (Doctoral dissertation, Universidad de Sevilla).

Fornaris, G. J. (2001). Conjunto Tecnológico para la producción de melón “Cantaloupe” y “Honeydew”. <https://www.upr.edu/eea/wp->

content/uploads/sites/17/2016/03/MELON-CARACTERISTICAS-DE-LA-PLANTA.pdf

Gallegos Morales, G., Jiménez Pérez, O., Sánchez Yañes, J. M., Álvarez Vázquez, P., & Castillo Castillo, F. (2024). El sistema alfalfa-Sinorhizobium meliloti como interacción útil para la fijación de nitrógeno y mejorador de suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 15(1), 208–229. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v15i1.6523>

Glusko, C. A., & Universidad Nacional de La Pampa. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. (2020). Efecto del Azufre, Boro, Fósforo y Zinc sobre la fijación biológica de nitrógeno en la simbiosis Medicago sativa – Sinorhizobium meliloti, en condiciones controladas. Unlpam.edu.ar. <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/7732>

González, M., Ríos, D., Peña Rojas, K., García, E., Acevedo, M., Cartes, E., & Sánchez Olate, M. (2020). Efecto de la concentración de fósforo y calcio sobre atributos morfo-fisiológicos y potencial de crecimiento radical en plantas de Aextoxicon punctatum producidas a raíz cubierta en la etapa de endurecimiento. *Bosque (Valdivia)*, 41(2), 137-146.

González-Salas, U., 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. doi: <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.904>

Grageda-Cabrera, O. A., González-Figueroa, S. S., Vera-Núñez, J. A., Aguirre-Medina, J. F., & Peña-Cabriales, J. J. (2018). Efecto de los biofertilizantes sobre la asimilación de nitrógeno por el cultivo de trigo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(2), 281-289.

Hernández Montiel, L. G., & Escalona Aguilar, M. Á. (2003). Microorganismos que benefician a las plantas: las bacterias PGPR.

Hernández Vargas, S. (2014). Bacterias promotoras del crecimiento vegetal en microplántulas de vainilla. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/6926>

Instituto Municipal de Planeación y Competitividad de Torreón [IMPLAN TORREÓN]. (2023). Aspectos socioeconómicos de la zona metropolitana de La Laguna. IMPLAN TORREÓN. <https://www.trcimplan.gob.mx/investigaciones/aspectos-socioeconomicos-zml-2023/aspectos-socioeconomicos-zml-2023.pdf>.

Jeyanthi V, Kanimozhi S. Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR): Prospectiva y mecanismos: Una revisión. *J Pure Appl Microbiol.* 2018;12(2):733-749. doi: 10.22207/JPAM.12.2.34

Jiménez-Moreno, MJ, y Fernández-Escobar, R. (2016). Respuesta de plantas jóvenes de olivo (*Olea europaea*) a la aplicación de fósforo. *HortScience*, 51 (9), 1167-1170. Recuperado el 14 de mayo de 2025 de <https://doi.org/10.21273/HORTSCI11032-16>

Loredo-Osti, C., López-Reyes, L., & Espinosa-Victoria, D. (2004). Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: Una revisión. *Terra Latinoamericana*, 22(2), 225-239.

Madinaveitia, Y. C., Piña, A. V., Rodríguez, M. P., & Díaz, F. J. (2008). Enfermedades del melón (*Cucumis melo* L.) en diferentes fechas de siembra en la Región Lagunera. México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 7(2), 133-138.

Milla Garcia, A. (1996). Las virosis en el melón. In Ministerio de agricultura, pesca y alimentación de España https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Hort%2FHort_1996_115_13_18.pdf

Ochoa, M. S., Madrigal, R. P., Martínez, M. T., & Carreón, A. (2010). Plantas, hongos micorrízicos y bacterias: su compleja red de interacciones. *Biológicas*. 12(1), 65-71. doi:https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/106873105/La_20importancia_20del_20uso_20de_20HAMPI_20en_20la_20multiplicacion_20microbiana_20-libre.pdf?1698092779=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPlantas_hongos_micorrizicos_y_bacterias.pdf&Expires=1739158188&Signature=MMQg6A~kDjO3n2m8yNNsd78lEUcK~kERy0t5T3mo3B6qY5MI3QHdYnTSHvf0DdDRL3Crc5bOiVloFtqjdESgJJGssWackgiXa5s3mvHWzra~D4Y-OjyKO1YPma-jCTTjTuBBAnfh5B~kSYGZ-jl6o5IYzRLousFR8ISg2PSILP4QLRRdUnX~w3-r-IOgK91JB54XE7gebOHZgyVh3Cc3eKG7IP3syEzQkasF7QxRx6r1x5a15lqsEkWQuiktKIZNeZww6gNM6YjE9e1lx6R62mIDIPqfuowfN6T-yh2qRmVIUMu9s1oaUeM48dnyVYWRR-YqNkeeYD8BT-5qMwxyhA__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Orchardson, E. (2020, December 4). El nitrógeno en la agricultura. CIMMYT. <https://www.cimmyt.org/es/noticias/el-nitrogeno-en-la-agricultura/>

Osorio Vega, Nelson Walter. (2007). EFECTOS BENEFICOS DE BACTERIAS RIZOSFÉRICAS EN LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES EN EL SUELO Y LA ABSORCIÓN DE NUTRIENTES POR LAS PLANTAS. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 60(1), 3621-3643. Retrieved May 17, 2025,

from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472007000100001&lng=en&tlng=es.

Pantoja-Guerra, M., & Ramírez, CA (2025). Modulando la actividad PGPR de *Lysinibacillus pinottii* sp. nov. PB211 a través de la sensibilidad/resistencia de la planta a auxinas exógenas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 19 (1), e18010. <https://doi.org/10.17584/rcch.2025v19i1.18010>

Pardo Díaz, S., Mazo Molina, D. C., & Rojas Tapias, D. F. (2021). Bacterias promotoras del crecimiento vegetal: filogenia, microbioma, y perspectivas 2. Retrieved January 18, 2025, from https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/36978/Ver_documento_36978.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Parrales Baque, J. J. (2022). Desarrollo de una estrategia para combatir los insectos-plaga en melón (*Cucumis melo* L.), en Puerto La Boca-Jipijapa (Bachelor's thesis, Jipijapa-Unesum).

Peñaloza A., Patricia. 2001. Semillas de hortalizas. Manual de producción. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Valparaíso. Chile. 161 p.

Quadrelli, A., & Castellari, C. (2004). PERSISTENCIA EN EL SUELO DE CEPAS DE *Sinorhizobium meliloti*. *Ciencia Del Suelo*, 22(1), 2004. https://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_22n1/castellari_1-6.pdf

Reséndez, A. M., Mendoza, V. G., Carrillo, J. L. R., Arroyo, J. V., & Ríos, P. C. (2018). Plant growth promoting rhizobacteria: A biofertilization alternative for sustainable agriculture. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 20(1), 68.

Rives, N., Acebo, Y., & Hernández, A. (2007). BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL EN EL CULTIVO DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.). PERSPECTIVAS DE SU USO EN CUBA. *Cultivos Tropicales*, 28(2), 29-38.

Romero Riveros, V. D. (2017). Fuentes de fósforo y promotores de crecimiento (PGPR) en maíz chipá (*Zea mays* L. var. *Amilácea* Sturtev.) (Año II).

Ruiz Sánchez, E., Chan Cupul, J. A., Trejo Rivero, J. A., Alejo, J. C., & Latournerie Moreno, L. (2008). COMPARACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE INSECTICIDAS EN EL CONTROL DEL GUSANO BARRENADOR DEL MELÓN (*DIAPHANIA HYALINATA* (L.)) (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE). *Fitosanidad*, 12(2), 117-120.

Secretaría de agricultura y desarrollo rural [S.A.D.R] (2025). Los 5 básicos para el cultivo del melón. Gob.mx. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/los-5-basicos-para-el-cultivo-del-melon?idiom=es>

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA]. (2015). La Comarca Lagunera, primer lugar en producción de

leche, carne de. . . Gobierno de México. Recuperado 13 de mayo de 2025, de <https://www.gob.mx/agricultura%7Cregionlagunera/articulos/la-comarca-lagunera-primer-lugar-en-produccion-de-leche-carne-de-ave-y-forrajes-sagarpa>.

Vicente, N. (2001). Conjunto Tecnológico para la Producción de Melón “Cantaloupe” y “Honeydew” 1 NEMATODOS 2. <https://www.uprm.edu/eea/wp-content/uploads/sites/177/2016/04/MELON-NEMATODOS.pdf>

Yan, J., Smith, M. D., Glick, B. R., & Liang, Y. (2014). Effects of ACC deaminase containing rhizobacteria on plant growth and expression of Toc GTPases in tomato (*Solanum lycopersicum*) under salt stress. *Botany*, 92, 775-781. doi: <https://doi.org/10.1139/cjb-2014-0038>

Yzquierdo, G. A. R., Aguila, H. E. P., Basso, C., Barrios, M., Pacheco, R. L., & Macias, M. P. (2020). Efecto de dosis de nitrógeno en la agronomía y fisiología de plantas de maracuyá. *Agronomía Mesoamericana*, 31(1), 117-128.

Zhou, C., Ma, Z., Zhu, L., Xiao, X., Xie, Y., Zhu, J., & Wang, J. (2016). Rhizobacterial strain *Bacillus megaterium* BOFC15 induces cellular polyamine changes that improve plant growth and drought resistance. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(6). doi: <https://doi.org/10.3390/ijms17060976>

De Agricultura y Desarrollo Rural, S. (2021, 7 marzo). *Melón mexicano: rico, nutritivo, sabroso y productivo*. gob.mx. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/melon-mexicano-rico-nutritivo-sabroso-y-productivo>

Fernando Ramírez, Thomas Lee Davenport, Mango (*Mangifera indica* L.) pollination: A review, *Scientia Horticulturae*, Volume 203, 2016, Pages 158-168, ISSN 0304-4238, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.03.011>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423816301170>).

Zain Mushtaq, Mehwish Liaquat, Anum Nazir, Rabia Liaquat, Hira Iftikhar, Waheed Anwar, Nizwa Itrat, Potential of plant growth promoting rhizobacteria to mitigate chromium contamination, *Environmental Technology & Innovation*, Volume 28, 2022, 102826, ISSN 2352-1864, <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102826>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186422002863>)