

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Impacto de Rizobacterias en la Calidad Bioquímica y Mineral del Cultivo
de Acelga (*Beta vulgaris* ssp. *cicla* L. 'Fordhook Giant')

Por:

JUAN JOSÉ PADILLA HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Impacto de Rizobacterias en la Calidad Bioquímica y Mineral del Cultivo
de Acelga (*Beta vulgaris* ssp. *cicla* L. 'Fordhook Giant')

Por:

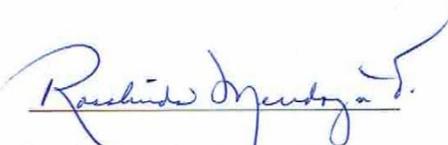
JUAN JOSÉ PADILLA HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal
Asesor Principal


Dr. Valentín Robledo Torres
Coasesor
M.C. Verónica Elizabeth Niño Villanueva
Coasesor
Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2023



Derechos de Autor y Declaración de no plagio

Todo material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos, y pertenece al autor principal quien es el responsable directo y jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. Así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

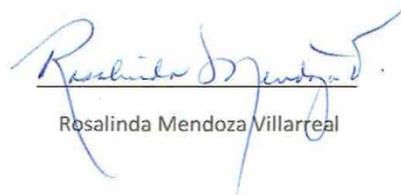
Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización, medio público o privado.

Autor principal



Juan José Padilla Hernández

Asesor principal



Rosalinda Mendoza Villarreal

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Mónica Hernández Live, una mujer que lucha día con día, sin tomar un descanso, dando todo su esfuerzo para mí. Que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos. Gracias por darme la vida, agradezco el apoyo que me diste, y los regaños. ¡Te quiero mucho mamá!

Vicente Padilla Rodríguez, un hombre responsable y trabajador, que me apoyo en mi formación de mi carrera. El que me dio la vida, me impartió de su conocimiento, sus valores y regaños. Me aconsejo en momentos difíciles, y estuvo en la buenas y malas, siempre anhelo que me superara. ¡Te quiero mucho papá!

A MIS ABUELOS

Unas personas sabias en el trabajo, de buenos sentimientos, y compresivas, que siempre me apoyaron y desearon que culminara mis estudios. Y me aconsejaron, regañaron, para mi buen aprendizaje. ¡Los quiero muchos abuelitos!

A MI FAMILIA

A mis hermanas y mis tíos, que siempre me apoyaron en mi formación, en mi persona, se pusieron en mi lugar, me escucharon, me dieron cariño, los momentos buenos que pase con ellos, y siempre creyeron en mí, y ahora les tengo que regresar un poco de lo que aprendí y de su ayuda, ¡Los quiero Mucho!

AGRADECIMIENTOS

A Dios, gracias por darme un nuevo sentido y propósito a mi vida, por guiarme en mi carrera profesional, y por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida, para poder alcanzar mis metas.

A mi Alma Terra Mater, gracias a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por abrirme sus puertas en y brindarme la oportunidad de empaparme de sus conocimientos necesarios para mi formación académica, orgullosamente formar parte de esta universidad.

A mi familia, mis padres, mis abuelitos, mis tíos, por darme un apoyo emocional y económicamente, durante el tiempo que estuve en la universidad, son mi motor para poder seguir dándolo todo, y regresarles un poco de ese apoyo.

A mi asesora, Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal, por brindarme la oportunidad de ser parte del proyecto, el tiempo y su paciencia, así como el apoyo. Por el conocimiento transmitido, muchas gracias.

A la M. C, Verónica Elizabeth Niño Villanueva, por apoyarme a llevarse a cabo este proyecto, por su paciencia, el conocimiento que me brindo, la buena amistad que formamos, muchas gracias.

Al Dr, Gregorio Castro Rosales, por la amistad y apoyo que me dio durante la carrera y conocimiento que me impartió.

A mis Amigos, Eymar Tovar, Juana Pedro, Joel Pájaro, que me ayudaron durante mi carrera, su amistad y que estuvieron en los momentos difíciles para mí. Mireya Sánchez, Mar Tlapanco, Cristian Villaseñor, Alondra Alcántara, Marlen Zamudio por la amistad y momentos inolvidables que vivimos.

A mi novia, por apoyarme durante el tiempo que me encontré lejos de ella, que durante estos años de carrera ha sabido apoyarme para continuar y nunca renunciar, gracias por su amor incondicional y por su ayuda en mi proyecto.

A personas, que conocí durante mi camino en el estudio, así como las personas de donde vivo que me brindaron su apoyo para poder culminar mis estudios, por los consejos que me dieron para no caer y superarme.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	4
ABSTRACT	5
I. INTRODUCCIÓN	6
I. OBJETIVOS	8
1.1 Objetivo general	8
1.2 Objetivos específicos	8
III. HIPÓTESIS	8
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	9
4.1 Descripción de la acelga	9
4.2 Origen	9
4.3 Importancia de la acelga (<i>B. vulgaris</i> ssp. <i>cicla</i> L. 'Fordhook Giant')	10
4.4 Valor nutricional de la acelga (<i>B. vulgaris</i> ssp. <i>cicla</i> L. 'Fordhook Giant')	10
4.5 Taxonomía	10
4.6 Variedad Fordhook Giant	11
4.7 Requerimiento edafológicos	11
4.7.1 Suelo	11
4.7.2 Siembra	11
4.7.3 Humedad	12
4.7.4 Fertilización	12
4.8 Uso de microorganismos que benefician al suelo y nutrición de las plantas	12
4.9 Rizobacterias	13
4.10 Características de un RPCV para utilizar en las plantas	14
4.11 Uso de RPCV como biofertilizantes	14
4.12 Rizobacterias que promueven el crecimiento de las plantas (PGPR)	15
4.13 Adquisición de nutrientes	15
4.13.1 Fijación de nitrógeno	15
4.13.2 Solubilización de fósforo	16
4.13.3 Solubilización de potasio	16
4.14 Importancia del magnesio	17
4.15 Rizobacterias del género <i>Pseudomonas</i>	17

4.16 Rizobacterias del género <i>Achromobacter</i>	18
4.17 Rizobacterias del género <i>Enterobacter</i>	19
4.18 Clorofila	19
V. MATERIALES Y MÉTODOS	20
5.1 Ubicación del experimento	20
5.2 Localización geográfica del sitio experimental.....	20
5.3 Establecimiento del experimento	20
5.4 Siembra y producción de plántula.....	20
5.5 Trasplante.....	20
5.6 Inoculación de microorganismos	21
5.7 Descripción de tratamientos.....	21
5.8 Material vegetal	22
5.9 Material biológico.....	22
5.10 Diseño experimental.....	22
5.11 Análisis estadístico de datos	22
5.12 Modelo estadístico.....	23
5.13 Variables de calidad bioquímicas y minerales a evaluar	23
5.13.1 Colecta de muestras.....	23
5.13.4 Determinación de la clorofila.....	23
5.13.5 Determinación de minerales	24
5.13.6 Determinación de nitrógeno	24
5.13.7 Determinación de fósforo.....	25
5.13.8 Determinación de K, Ca, Mg	25
V. RESULTADOS	27
VII. DISCUSIÓN	31
VIII. CONCLUSIÓN	32
IX. LITERATURA CITADA	33

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Bacterias solubilizadoras de fosfato.....	16
Cuadro 2. Solución nutritiva aplicada al cultivo al 100% de solución Steiner....	20
Cuadro 3. Descripción de tratamientos.....	21
Cuadro 4. Contenido mineral de N, P y K en acelgas (<i>Beta vulgaris</i> ssp. <i>cicla</i> L. 'Fordhook Giant') inoculadas con diferentes cepas de rizobacterias.....	26
Cuadro 5. Contenido mineral Mg y Ca en acelga (<i>Beta vulgaris</i> ssp. <i>cicla</i> L. 'Fordhook Giant'), inoculadas con diferentes cepas de rizobacterias.....	27
Cuadro 6. Cuadro de contenido de clorofila A, B y total de acelga (<i>Beta vulgaris</i> ssp. <i>cicla</i> L. 'Fordhook Giant') Giant inoculadas con diferentes cepas de rizobacterias.....	28

RESUMEN

El trabajo experimental se llevó a cabo en el periodo enero a junio de 2023, en un invernadero y en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en la ciudad de Saltillo, Coahuila, México. Se estableció un cultivo de acelga (*Beta vulgaris* ssp. *cicla* L. 'Fordhook Giant'), sembradas en charolas de poliestireno de 180 cavidades con sustrato de peat-moss, trasplantadas a los 20 días después de la siembra en bolsas de 5 L de capacidad, con un diseño experimental de bloques completos al azar con 13 tratamientos (T): T: T1: *Enterobacter* sp. 1; T2: *Enterobacter* sp. 2; T3: *Achromobacter* sp.; T4: *Pseudomonas* sp. 1; T5: *Pseudomonas* sp. 2; T6: *Pseudomonas* sp. 3; T7: *Pseudomonas* sp. 4; T8: *Pseudomonas* sp. 5; T9: *Pseudomonas* sp. 6; T10: *Pseudomonas* sp. 7; T11: *Pseudomonas* sp. 8; T12: *Pseudomonas* sp. 9; T13: Testigo. Se establecieron 3 repeticiones por tratamiento, con un total de 117 unidades experimentales. Se realizó una ANAVA y una prueba de medias con Tukey ($p < 0.0001$) utilizando el programa de InfoStat. Se analizaron variables bioquímicas: contenido de clorofila y minerales en la parte aérea de las plantas. Los resultados mostraron que en el contenido de nitrógeno el T2 (*Enterobacter* sp. 2) y el T10 (*Pseudomonas* sp. 7) fueron superior en un 47.86% y 58.54% respectivamente; en el muestreo 2, el T5 y T7 (*Pseudomonas* sp. 2 y sp. 4) además del T9 (*Pseudomonas* sp. 6) fue mayor en un 16.61%; en el muestreo 3, el T2 (*Enterobacter* sp. 2) fue más alto en un 10.41% comparados con el T13 (testigo). El impacto de las rizobacterias en un cultivo de acelga (*Beta vulgaris* ssp. *cicla* L. 'Fordhook Giant') provocó que se incrementara el rendimiento en la producción, al agregarle minerales importantes para la planta. La inoculación tuvo un efecto en promover el crecimiento de la planta a resistir diferentes situaciones durante su desarrollo.

Palabras clave: *Enterobacter*, *Achromobacter*, *Pseudomonas*, *Beta vulgaris*.

ABSTRACT

The experimental work was carried out in the period from January to June 2023, in a greenhouse and in the Tissue Culture Laboratory of the Department of Horticulture of the Antonio Narro Autonomous Agrarian University, in the city of Saltillo, Coahuila, Mexico. A culture of chard (*Beta vulgaris* ssp. *cicla* L. 'Fordhook Giant') was established, sown in 180-cavity polystyrene trays with peat-moss substrate, transplanted 20 days after sowing in 5 L bags of capacity, with a randomized complete block experimental design with 13 treatments (T): T: T1: *Enterobacter* sp. 1; T2: *Enterobacter* sp. 2; T3: *Achromobacter* sp.; T4: *Pseudomonas* sp. 1; T5: *Pseudomonas* sp. 2; T6: *Pseudomonas* sp. 3; T7: *Pseudomonas* sp. 4; T8: *Pseudomonas* sp. 5; T9: *Pseudomonas* sp. 6; T10: *Pseudomonas* sp. 7; T11: *Pseudomonas* sp. 8; T12: *Pseudomonas* sp. 9; T13: Witness. Three repetitions were established per treatment, with a total of 117 experimental units. An ANAVA and a test of means with Tukey ($p < 0.0001$) were performed using the InfoStat program. Biochemical variables were analyzed: chlorophyll and mineral content in the aerial part of the plants. The results showed that in the nitrogen content T2 (*Enterobacter* sp. 2) and T10 (*Pseudomonas* sp.7) were higher by 47.86% and 58.54% respectively; in sampling 2, T5 and T7 (*Pseudomonas* sp. 2 and sp.4) in addition to T9 (*Pseudomonas* sp. 6) was higher by 16.61%; In sampling 3, T2 (*Enterobacter* sp. 2) was higher by 10.41% compared to T13 (control). The impact of rhizobacteria on a chard crop (*Beta vulgaris* ssp. *cicla* L. 'Fordhook Giant') caused production yield to increase by adding important minerals for the plant. The inoculation had an effect in promoting the growth of the plant to resist different situations during its development.

Keywords: *Enterobacter*, *Achromobacter*, *Pseudomonas*, *Beta vulgaris*.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de acelga es muy importante ya que es utilizada en la agroindustria, produciendo diferentes insumos de alta demanda (Fuentes-Barría et al., 2018). Nutter et al., (2020) mencionan que esta planta aporta un valor nutricional, mineral, fibras y entre otras, siendo las hojas el 50 % del total de la planta. Ecohortum (2013) indican que el cultivo de acelga es considerado de la familia de *Amaranthaceae*, proviene del mediterráneo, donde hay un clima templado. Este tipo de cultivo cuenta con minerales como sodio, calcio, fósforo, potasio y magnesio. De acuerdo con Delgado-Zambrano (2016), se trata de una planta bianual de ciclo largo, que sólo forma hojas comestibles, arrugadas, de forma oval, con un peciolo y una penca larga, variando los colores de verde oscuro y oscuro claro. De raíz poco fibrosa, un tallo muy poco definido, hasta la época de floración y crece 1.50 m. Por su parte Durán-Bajaña (2017) reportan que es una planta que crece en clima medios, y extremos suele tolerar heladas. Esta planta debe ser cultivada en las estaciones de primavera y otoño. Las acelgas no necesitan mucha luz para su desarrollo. Esta requiere suelos medios, ya que en suelos arcillosos produce mayor cantidad de hojas y los suelos ácidos son lugares desfavorables para esta planta.

El contenido del suelo está regulado por varios aspectos, como el contenido de carbono orgánico, la humedad, el nitrógeno, contenido de fósforo y potasio, y otros factores bióticos y abióticos. Sin embargo, el uso indiscriminado de fertilizantes, particularmente nitrógeno y fósforo, ha provocado una contaminación sustancial del suelo al reducir el pH y bases intercambiables; por lo tanto, estos nutrientes no están disponibles para cultivos lo cual conduce a pérdida de productividad (Gupta et al., 2015).

Por lo cual, existen otros fertilizantes biológicos como las rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (RPCV), son importantes en gran parte, porque se pueden utilizar como biofertilizantes, fitoestimulantes o un biocontrol (Moreno Reséndez et al., 2018). De acuerdo con Timmusk, Behers, Muthoni, Muraya y Aronsson, (2017) algunas publicaciones han sugerido que las cepas PGPR operan a través de una

amplia variedad de mecanismos metabólicos como la síntesis de 1-aminociclopropano-1-carboxilato (ACC) desaminasa, fijación de nitrógeno, solubilización de nutrientes y mineralización (por ejemplo, P, K, Zn), producción de reguladores del crecimiento de las plantas (por ejemplo, indoles, citoquininas y ácido giberélico), y exposición de actividad antagonista contra fitopatógenos microorganismos por sideróforos y antibióticos.

Un género importante son las *Pseudomonas*. En un estudio realizado por Lopardo et al. (2022), demostraron que aumenta el rendimiento en cultivos asimilando el fósforo de la combinación aplicada de roca fosfórica, importante para los cultivos de hoy en día. Por tanto, las *Pseudomonas* pueden ser un gran factor para el aprovechamiento de los minerales (nutrientes) dentro de la planta (Álvarez-García et al., 2020). Así mismo otras rizobacterias que pueden ayudar a aumentar el contenido de minerales presentes en las plantas, como en acelgas. Susilowati et al. (2014) indica que *Pseudomonas* sp. tiene el más alto potencial para disolver fósforo en suelos contaminados con Pb, el alto potencial de las *Pseudomonas* sp. puede atribuirse a una mayor producción de polímeros extracelulares y ácidos orgánicos.

Romero et al., (2019) encontraron cepas bacterianas asociadas filogenéticamente con *Klebsiella* sp. (cepas 28P y 35P), *Beijerinkea* sp. (37L) y *Achromobacter xylosoxidans* (E37), basados en la secuenciación parcial del gen 16S rRNA. Además, los ensayos bioquímicos in vitro demostraron que las cepas exhibían algunos mecanismos que promueven el crecimiento de las plantas tales como la actividad de la enzima desaminasa del ácido 1-aminociclo-propano-1- carboxílico, y la síntesis del compuesto indol. Kumar et al., (2017) reportan que con relación a la rizobacteria *Enterobacter* se encontró que puede ser fijadora de diferentes minerales (nutrientes) en cultivo, tales como N, Cu, Zn, Mn, Fe. Importantes rizobacterias como las anteriores mencionadas, que ayudan a la formación de una planta para este caso el de acelga y tener el mejor rendimiento de este cultivo lleno de minerales esperados.

I. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

- Determinar la calidad bioquímica y mineral de la acelga (*Beta vulgaris* ssp. *cicla* L. 'Fordhook Giant') con la inoculación de rizobacterias.

•

1.2 Objetivos específicos

- Analizar la calidad mineral en la acelga (*Beta vulgaris* ssp. *cicla* L. 'Fordhook Giant') con la inoculación de rizobacterias.
- Cuantificar la clorofila en la acelga (*Beta vulgaris* ssp. *cicla* L. 'Fordhook Giant') inoculadas con rizobacterias.

III. HIPÓTESIS

Con la inoculación de rizobacterias en el cultivo de acelga (*Beta vulgaris* ssp. *cicla* L. 'Fordhook Giant') se incrementará el contenido de clorofila y minerales.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Descripción de la acelga

La acelga (*B. vulgaris* ssp. *cicla* L. 'Fordhook Giant') es una planta que pertenece a la familia Amaranthaceae. Actualmente se considera un herbácea, donde la familia cambió de nombre a Quenopodiáceas. Es una planta que se diferencia en función de sus color y tamaño de sus hojas (Marbuenda y Garcia, 2017). Esta es una planta con unas hojas verde oscuro, encrespadas peciolo grueso, ancho y de color blanco. Tolerante a temperaturas bajas y se adapta a cualquier tipo de clima, mostrando un crecimiento rápido (Guerra, 2018). Es una planta que tiene un ciclo hasta 55-60 para su cosecha. La acelga es cultivada en cuatro estados de la república mexicana como lo es Guanajuato, Zacatecas, Michoacán y Tlaxcala, con superficie sembrada de 30-80 Ha, y con un rendimiento de 6-12 T/Ha (Alimentación, 2015). Según la Secretaría de Agricultura y Desarrollo rural (2023), en México se producen 15, 000 toneladas de acelga al año.

Es una planta de ciclo bianual y largo, no forma fruto y ni raíz que sean comestibles, se constituye de una raíz muy profunda y bastante fibrosa, las hojas son comestibles, de forma oval, peciolo (penca) largo y ancho a lo extendido por el limbo, de color blanco o crema, los colores son verde oscuro o claro, con flores sésiles hermafroditas, de grupos de 2 o 3, 5 sépalos y 5 pétalos, se presenta en temperaturas bajas, donde el vástago floral alcanza 1.20 m de altura y una larga panícula y el fruto es un vegetal, con hojas grandes, tallos parecidos al apio, sabor amargo, con buena productividad, y minerales como calcio, hierro, magnesio y fósforo. Contiene también semillas de 3 a 4, encerradas en un pequeño fruto (Delgado-Zambrano, 2016).

4.2 Origen

Surge el origen de la acelga (*B. vulgaris* ssp. *cicla* L. 'Fordhook Giant'), en la región fronteriza de Europa y África, entre el mar Mediterráneo y las Islas Canarias (Touzet

et al., 2018). En esta misma zona (Mediterráneo), donde se comenzó el consumo de las hojas, y data del siglo IX, en los ríos Tigris y Éufrates (Bozokalfa et al., 2016). Los primeros en cultivar esta planta son los árabes, además, de los romanos y griegos, descubriendo así todas sus propiedades medicinales y terapéuticas siendo una verdura ordinaria (Núñez-Velasco, 2016). En Estados Unidos se introdujo en 1802 por el alto contenido de nutrientes y fácil de cultivar (Delgado-Zambrano, 2016).

4.3 Importancia de la acelga (*B. vulgaris* ssp. *cicla* L. 'Fordhook Giant')

El consumo de esta planta es disponible en el mercado todo el año. Además, es importante ya que se consume y tiene valores de dieta, mejora la digestión o con ella puedes adoptar diferentes hábitos de alimentación (Infoagro, 2022; Pérez-Sánchez, 2016). Se le suma a ello, el alto contenido de minerales con la que cuenta tales como magnesio, calcio, potasio fierro y fibra, y la vitamina A (Nuñez-Velasco, 2016). esta también es utilizada en diferentes áreas como las medicina y cosmética. Hasta la fecha es importante en los países de Estados Unidos, India y parte de América del Sur (Hashem et al., 2016).

4.4 Valor nutricional de la acelga (*B. vulgaris* ssp. *cicla* L. 'Fordhook Giant')

Es una planta de valor nutricional alto, con bajas calorías. Esta ayuda al estreñimiento y digestión. Es de valor alto en vitamina y minerales como el yodo, hierro, magnesio, calcio y potasio. Esta debe ser incluida en todas las dietas tanto para deportistas, adultos mayores y embarazadas debido a su alta concentración de Calcio (Nutrigame, 2016).

4.5 Taxonomía

Reino: Plantae

Sub-Reino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida
Subclase: Caryophyllidae
Orden: Caryophyllales
Familia: Amaranaceae
Subfamilia: Betoideae
Género: *Beta*
Especie: *vulgaris*

Delgado-Zambrano, 2016.

4.6 Variedad Fordhook Giant

Se trata de una variedad de hojas corrugadas, verdes de tallos gruesos, se producen bastante hoja durante su temporada, en tiempo de frío también, y los meses recomendados son de marzo y junio, también los demás meses se puede cultivar, en 65 días se cosecha por crecer rápido (Núñez, 2016).

4.7 Requerimiento edafológicos

4.7.1 Suelo

Se trata de una planta de hojas, que prefiere los suelos fértiles. El suelo debe ser arcillosos, con gran profundidad, así como ricos en materia orgánica para la adecuada nutrición (Coila, 2017).

El preparado de la tierra para el cultivo de acelga, se recomienda realizarlo de forma mecánica, con maquinaria agrícola, y los acolchados de 60 a 70 cm entre cada uno. (Agrosad 2018). Este cultivo se desarrolla en suelos alcalino, los suelos ácidos, con pH de 5.5-8, tomando la textura del suelo (Mamani, 2015).

4.7.2 Siembra

La siembra fue directa en charola germinadora, y después 25 se realizó el trasplante. En la siembra se colocaron de 3 a 4 semillas, a una profundidad de 1-15 cm. (Marbuenda, 2017; Agrosad, 2018).

4.7.3 Humedad

Las plantas de acelga necesitan una humedad constante, ya sea en campo, para su desarrollo y en invernadero es un 60% que se necesita para su óptimo desarrollo (Yampa, 2020).

4.7.4 Fertilización

Núñez (2016), menciona que este cultivo necesita en condiciones óptimas, nitrógeno 44 (kg/ha), de potasio 9.9 (kg/ha), fósforo 58.2 (kg/ha) y calcio 16.8 (kg/ha). Estas cantidades para la extracción de 11.2 kg/m² de acelga. Utilizando fertilizantes orgánicos, la planta puede también estimular su crecimiento y desarrollo, ya que estas cuentan con microorganismos que ayudan a la planta para absorber minerales (Du-Jardin, 2015).

4.8 Uso de microorganismos que benefician al suelo y nutrición de las plantas

El suelo cuenta con una diversidad de microorganismos benéficos los cuales favorecen al suelo y la planta que se trabaja, ya sea en el desarrollo o nutrición. Esto se ve como una alternativa al exceso de fertilizantes químicos. Lo que lleva a una agricultura sustentable para aumentar la producción. Uno de los organismos que se encuentran en el área radicular importantes para hacer diversos procesos son las rizobacterias. Tienen la particularidad de conectar las raíces con las necesidades de la planta (Reyes-Castillo, 2019). En diferentes investigaciones se ha encontrado que las RPCV tienen efecto de manera fisiológica como molecular,

y, además, se ha visto que estas ayudan al crecimiento y recuperación de nutrientes en la rizosfera (Pii et al., 2015).

4.9 Rizobacterias

Son bacterias que se mantienen vivas y las podemos encontrar en la rizosfera, las cuales promueven al crecimiento de las plantas (Reyes-Castillo, 2019). Las bacterias tienden a llegar a la raíz y colonizar para poder asociarse con ella, promover el crecimiento y favorecer el desarrollo (Berendsen, Pieterse y Bakker, 2012).

Las RPCV constituyen el 5% del total de bacterias que se encuentran en la rizosfera, es decir en el suelo. En varios estudios encontraron que la inoculación de RPCV tiene efecto benéfico en las plantas de manera fisiológica y molecular, se han considerado también que estas se relacionan con la planta, ya que ayuda a recuperar en diferentes formas los nutrientes para la misma que se encuentra disponibles en el suelo (Jha y Saraf, 2015; Ahemad y Kibret, 2014).

Las rizobacterias, aumentan la disponibilidad de diferentes factores para la planta como lo son: fijación de nitrógeno; síntesis de fitohormonas (auxinas, giberelinas, citocininas), vitaminas y enzimas; solubilizarían de P inorgánico y mineralización de P orgánico; oxidación de sulfuros; incremento en la permeabilidad de la raíz; producción de nitritos; acumulación de nitratos; reducción de la toxicidad por metales pesados y de la actividad de la enzima ACC desaminasa (Reyes-Castillo, 2019). De manera indirecta, las RPCV ayudan a la baja probabilidad de microorganismos fitopatógenos, a través de diferentes sustancias producidas por ellas mismas; también existe la competencia por el nicho ecológico, el secuestro de nutrientes, aumento de defensas de las plantas por medio de biocontrol, inducción de resistencia sistemática, y no permiten el desarrollo de los fitopatógenos (Ezquivel-Cote, 2013). Xu et al., (2011), menciona que las RPCV, no funcionan para todos los cultivos de manera benéfica, en un estudio que realizaron con biocotrol, menciona que hay que tomar en cuenta los principales mecanismos de las RPCV.

4.10 Características de un RPCV para utilizar en las plantas

Este tipo de bacterias debe ser competente y no dañar el medio ambiente en que se encuentre, compatibilidad con las bacterias existentes, en este caso es la rizosfera, así mismo, esta debe de colonizar de manera casi inmediata la raíz de la planta en que se inocule, promover el crecimiento de la planta y tolerar factores bióticos y abióticos (Vejan, 2016).

4.11 Uso de RPCV como biofertilizantes

Los biofertilizantes de este tipo son considerados como bioestimulantes. Al ser aplicados como organismos vivos promueven el crecimiento por varios mecanismos tales como el aumento del suministro de nutrientes, el aumento de la biomasa de raíces o zona de la raíz, y el aumento de la capacidad de absorción de los nutrientes de la planta (Calvo et al., 2014). Para que las RPCV se consideren biofertilizantes, estas deben cumplir con ciertas características como es, ser una fuente de nutrientes y poder sustituir o reparar el ciclo de los nutrientes faltantes, así como el crecimiento de raíz y aumento de diversidad de microorganismos (Vejan et al., 2016). Los biofertilizantes se conocen por contener microorganismos vivos, y estos hacer una simbiosis en el ambiente en el que se encuentran, normalmente en la rizosfera, promoviendo el aumento de absorción de nutrientes y protección, y que estas pretenden sustituir a los fertilizantes químicos que contaminan, ya que estos biofertilizantes son una alternativa sustentable (Mishra y Dash, 2014).

Las RPCV funcionan como biofertilizantes que actúan en cuestión de valor nutricional y que podemos con ellas reponer o reconstruir el ciclo de los minerales. Debido a sus características se han estudiado y se intentado meter en el mercado y formulados nutricionales (Calvo et al., 2014).

El uso de biofertilizantes con RPCV, tiene la capacidad de producir auxinas lo que es benéfico para la planta, lo que sucede, es aumento de la raíz de la planta y el aumento de la absorción de los nutrientes (Grageda-Cabrera, 2012).

4.12 Rizobacterias que promueven el crecimiento de las plantas (PGPR)

Se trata de un grupo diversos de bacterias de vida libre que podemos encontrar en el suelo, dejando residuos que son químicos para las plantas, y estas se encuentran cerca y disponibles para las raíces (Hassan et al., 2019). Por ello, se toma en cuenta, que las RPCV, deben generar una competencia en la rizosfera y ecología del suelo sin dañarla, colonizar raíces al ser inoculadas, generar el desarrollo en las plantas, alto espectro de acción debe generar resistencia a factores bióticos que están en el suelo (Vejan et al., 2016).

4.13 Adquisición de nutrientes

Las RPCV, ayudan a las plantas en la disponibilidad de nutrientes, en diferentes mecanismos como fijación de nitrógeno y solubilización de fósforo. Marcelletti & Scortichini, (2014) indican que sus interacciones con las plantas son extensas: algunas tienen funciones como: estimular la síntesis de fitohormonas como la auxina y giberelina y mejorando la biodisponibilidad de ciertos nutrientes como el nitrógeno y el fosfato por solubilización. Beiki et al., (2016) reportan que algunas especies tienen actividad antagonista hacia los fitopatógenos (hongos, nematodos, levaduras, bacterias) produciendo antibióticos, activando resistencia de las plantas, o mediante la exclusión competitiva, como la competencia por el carbono y el hierro.

4.13.1 Fijación de nitrógeno

Este elemento constituye el 78 % en la atmósfera, importante en mecanismos de la vida. Por ello, hay productores primarios no pueden utilizarlo y con esto se necesita convertir en formas asimilables para las plantas. Las RPCV juegan un papel importante, que es la fijación biológica del nitrógeno, por el cual, por medio de complejo enzimático nitrogenasa convierten el nitrógeno (N_2) en amonio (NH_4^+) (Backer et al., 2018). Debido a que existe una alta demanda de este elemento para producción, existen microorganismos que asimilan y lo convierten en nitrógeno disponible para las plantas (Noumavo, 2016).

4.13.2 Solubilización de fósforo

Es indispensable para algunos mecanismos como fotosíntesis, síntesis de macromoléculas entre otros. Este lo encontramos en forma inorgánica y orgánica insoluble en el ambiente, las RPCV son capaces de solubilizar este en forma de ácido graso y fosfatasas para que pueda ser asimilado por las plantas (Ahemad y Kibret, 2014). A su vez, de ellas se obtiene compuestos carbónicos, que ayudan a la actividad microbiana, también se obtienen exudados de las raíces que ayudan a la asimilación de energía para la rápida solubilización (Goswami, 2016). Por ello existe el grupo BSF (bacterias solubilizadoras de fosfatos), que se encargan de estos procesos, fijan fósforo, también pueden fijar N, y diferentes ácidos que en ocasiones modifican el pH (Goswami et al., 2016).

Cuadro 1. Bacterias solubilizadoras de fosfato

Género	Género	Género
<i>Achromobacter</i>	<i>Erwinia</i>	<i>Rahnella</i>
<i>Acinetobacter</i>	<i>Flavobacterium</i>	<i>Ralstonia</i>
<i>Aereobacter</i>	<i>Gordonia</i>	<i>Rhodobacter</i>
<i>Arthrobacter</i>	<i>Klebisella</i>	<i>Serratia</i>
<i>Bacillus</i>	<i>Mesorhizobium</i>	<i>Sinorhizobium</i>
<i>Bradyrhizobium</i>	<i>Micrococcus</i>	<i>Streptomyces</i>
<i>Burkholderia</i>	<i>Mycobacterium</i>	<i>Streptosporangium</i>
<i>Chruseobacterium</i>	<i>Panotea</i>	<i>Thiobacillus</i>
<i>Delftia</i>	<i>Phyllobacterium</i>	<i>Yarrowia</i>
<i>Enterobacter</i>	<i>Pseudomonas</i>	

Fuente: Beltrán (2014).

4.13.3 Solubilización de potasio

En la agricultura el potasio es muy esencial, y más para las plantas, ya que es el encargado de abrir y cerrar las estomas, importantes para que se lleve a cabo la fotosíntesis, además mantiene a la planta turgente y regula la entrada de CO₂, y mantener un área radicular bien desarrollada, ya que este no se encuentra disponible totalmente (Wu et al., 2018). Este nutriente, constituye el 90% de las rocas potásicas que se encuentran en el suelo, pero no se encuentra disponible asimilable para las plantas. (Parmar y Sindhu, 2013). Recientes investigaciones, describen que las RPCV solubilizadoras de potasio, a través de rocas potásicas, excretan ácidos orgánicos, tales son como ácido oxálico, tartáricos, glucónico, ácido 2-cetoglucónico, ácido cítrico, ácido málico, ácido succínico, ácido láctico, etc. (Kumar y Dubey, 2012). Es importante tomar en cuenta que las RPCV son buenas sustituyentes de los químicos que contaminan (Ahemad y Kibret, 2014).

4.14 Importancia del magnesio

El magnesio en las plantas es importante, ya que es el encargado de formaciones de raíces, clorofila y por consiguiente una buena fotosíntesis. Y además participa en numerosas actividades enzimáticas dentro de la planta (INTAGRI, 2023).

4.15 Rizobacterias del género *Pseudomonas*

Las *Pseudomonas*, son bacterias aeróbicas, gram negativas, quimioheterotróficas, móviles con forma de bacilo, que pertenecen a la clase gammaproteobacteria y a la familia Pseudomonadaceae que cuenta con aproximadamente 191 especies distintas (Kumar et al., 2017). Sánchez & Guerra (2022) indican que las *Pseudomonas* spp. presentan un amplio repertorio metabólico, que les permite actuar como bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV), debido a la producción de fitohormonas como el ácido indolacético (AIA), solubilizadores de fósforo como al ácido glucónico, la fijación de nitrógeno atmosférico a amoníaco (NH₃) y la producción de ácido cianhídrico (ACN); asimismo, tienen capacidad de control biológico estimulando la resistencia sistémica inducida (RSI) mediante los

lipopolisacáridos de la superficie celular y la producción de sideróforos, como la pioverdina, además de secreción de enzimas celulolíticas y la amplia gama de antibióticos como la pioluteorina.

Se ha visto que bacterias de este género aumentan la biomasa de las plantas y prolina (La Torre-Ruiz, 2016). Es importante, ya que estas tienen un control de patógenos como hongos, bacterias y nematodos que atacan a la planta que se esté trabajando, además, de su funcionalidad de nutrir a la planta, estas las encontramos en el área radicular (Lopardo et al., 2022). Este género, es capaz de solubilizar el fósforo que no se encuentra disponible para las plantas. Normalmente las plantas lo toman de manera inorgánica, y también se encuentra de forma orgánica en el suelo, pero este tiene una alta demanda, por ello no se encuentra disponible para las plantas (Tapia-Torres y García-Oliva, 2013; Zhu y Whelan, 2018). Visto económicamente, reduce los costos, y beneficia el ambiente ecológicamente (Sánchez López, 2014). Las *Pseudomonas* son encargadas de producir fitohormonas, como auxinas, giberelinas y citoquininas, ayudan a la absorción de nutrientes, aumento de entrada de agua a la planta, raíz (Restrepo-Correa, 2017).

Rathore (2015) menciona que *Pseudomonas* sp., como RPCV, utiliza los sideróforos producidos por otros microbios presentes en la rizosfera para cubrir su requerimiento de iones. Más específicamente, *Pseudomonas putida* utiliza sideróforos heterólogos producidos por otros microorganismos para mejorar el nivel de hierro disponible en el hábitat natural.

4.16 Rizobacterias del género *Achromobacter*

Es un género, bacilo Gram positivo no fermentador y aeróbicas forzadas. (Swenson y Sadikot, 2015; Sakurad, 2012). Pertenecientes al orden Burkholderiales, con 19 especies en la actualidad y estas se conocen comúnmente como *Achromobacter xylosoxidans*, las cuales las podemos encontrar aisladas en soluciones acuosas. (Isler et al., 2020; Amoureux et al., 2016).

Tienen grande importancia, ya que esta ayuda a que las planta resistan la salinidad, y lo que nos proporciona la movilidad de nutrientes y de auxinas. Esta bacteria es dañina pero a la vez benéfica para las plantas (Amoureux et al., 2016). Sayyed (2019) menciona que estas bacterias pueden crear sideróforos, que crecen en diferentes ambientes y frente a diferentes situaciones siendo inoculada en la planta.

4.17 Rizobacterias del género *Enterobacter*

Este es un género que pertenece a la familia Enterobacteriaceae, son bacterias Gramnegativas, las podemos encontrar aisladas en sistemas acuosos, como en el suelo y alimentos. (Lau et al., 2013). Son importantes ya que agregan al suelo y a la planta diferentes nutrientes importantes para las plantas como N, Cu, Zn, Mn, Fe y que además tienen efecto en el rendimiento en las plantas (Kumar et al., 2017). Normalmente utilizadas en la agricultura para la calidad y seguridad de los alimentos, y controlar patógenos (Halkman y Halkman, 2014).

4.18 Clorofila

La clorofila es un pigmento verde existente en las plantas, algunas algas y bacterias que permite llevar a cabo el proceso de fotosíntesis que es la conversión de energía luminosa en energía química (Mathews et al., 2013).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación del experimento

El trabajo de investigación se realizó de enero a junio de 2023, en un invernadero y en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos del Departamento de Horticultura en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

5.2 Localización geográfica del sitio experimental

Con ubicación geográfica de 25°21'22.52" de latitud norte y 101°2'9.88" longitud oeste, con una elevación de 1760 msnm. Con una precipitación media de 400 mm y una temperatura media anual entre 12° y 18°C

5.3 Establecimiento del experimento

Para la germinación se realizó la desinfección de las semillas, posteriormente se imbibieron en el inóculo durante 24 horas en cajas Petri, colocando nueve semillas por caja. Para la siembra utilizaron charolas de unicel de 180 cavidades, se llenaron con peat-most previamente humedecido, y se sembró la semilla a 1 cm de profundidad. Se aplicó riego cada tercer día, 25 mL de solución Steiner (Cuadro 3).

5.4 Siembra y producción de plántula

El cultivo de acelga se inoculó con doce tratamientos de formulado a base de rizobacterias además del testigo y con tres repeticiones por tratamiento.

Una vez que las plántulas alcanzaron 10 cm de altura se realizó el trasplante.

5.5 Trasplante

Se efectuó 20 días después de la siembra, cuando las plantas alcanzaron una altura de 10 a 12 cm, colocando una planta en el centro de bolsas de polietileno negro con

una capacidad de 5 L de volumen. Las bolsas fueron llenadas con una mezcla de 4 L de suelo y 1 L de volumen de peat moss. El día del trasplante se hizo la inoculación de los microorganismos.

Cuadro 2. Solución nutritiva aplicada al cultivo al 100% de solución Steiner

Fertilizante	Fórmula	Cantidad
Nitrato de Potasio	KNO ₃	8.10g
Sulfato de Potasio	K ₂ SO ₄	26.0g
Cloruro de Potasio	KCl	22.4g
Ácido fosfórico	H ₃ PO ₃	13.6mL
Ácido nítrico	HNO ₃	40.0mL
Ácido sulfúrico	H ₂ SO ₄	4.9mL

Fuente: Solución Steiner, (1984).

El riego se suministró de manera manual cada 3 días. Con un volumen de 25 mL hasta 1000 mL por planta, cuando la planta estaba para corte respectivamente. El pH fue de 5.5 a 6.5.

5.6 Inoculación de microorganismos

La inoculación de las rizobacterias se aplicó a una concentración de 10⁹ UFC ml⁻¹ con un volumen de 25 mL por planta, se realizó la inoculación cada 15 días durante 3 meses, tomando como referencia una semana después de la inoculación para la medición de las variables agronómicas.

5.7 Descripción de tratamientos

Cuadro 3. Tratamientos evaluados en el cultivo de acelga (*Beta vulgaris* ssp. *cicla* 'Fordhook Giant') bajo condiciones de invernadero

Tratamientos	Descripción	Dosis aplicada
T1	<i>Enterobacter</i> sp. 1	25 mL/planta

T2	<i>Enterobacter</i> sp. 2	25 mL/planta
T3	<i>Achromobacter</i> sp.	25 mL/planta
T4	<i>Pseudomonas</i> sp. 1	25 mL/planta
T5	<i>Pseudomonas</i> sp. 2	25 mL/planta
T6	<i>Pseudomonas</i> sp. 3	25 mL/planta
T7	<i>Pseudomonas</i> sp. 4	25 mL/planta
T8	<i>Pseudomonas</i> sp. 5	25 mL/planta
T9	<i>Pseudomonas</i> sp. 6	25 mL/planta
T10	<i>Pseudomonas</i> sp. 7	25 mL/planta
T11	<i>Pseudomonas</i> sp. 8	25 mL/planta
T12	<i>Pseudomonas</i> sp. 9	25 mL/planta
T 13	Testigo	25 mL/planta

5.8 Material vegetal

Para el experimento se utilizó la semilla de la acelga (*Beta vulgaris* ssp. *cicla* L. 'Fordhook Glant'), esta variedad es productora abundante de hojas incluso en heladas ligeras. adaptada al cultivo para todo el año, crece con rapidez (Núñez, 2016).

5.9 Material biológico

Se utilizaron 12 cepas de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal de los géneros *Pseudomonas*, *Enterobacter* y *Achromobacter*.

5.10 Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó fue un diseño de bloques completos al azar, con 13 tratamientos y 3 repeticiones, dando un total de 117 unidades experimentales.

5.11 Análisis estadístico de datos

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza, una comparación de medias y prueba de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.5$) para las variables estadísticamente diferentes. Se utilizó el paquete estadístico InfoStat.

5.12 Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$i = 1, 2, 3, \dots t \dots$ tratamientos.

$j = 1, 2, 3, \dots n \dots$ observaciones.

Y_{ij} = La j -ésima observación del i -ésimo tratamiento.

μ = Es la media poblacional de estimar a partir de los datos del experimento.

τ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento a estimar a partir de los datos del experimento.

ϵ_{ij} == Efecto aleatorio de variación.

5.13 Variables de calidad bioquímicas y minerales a evaluar

5.13.1 Colecta de muestras

Se colectaron muestras de la parte aérea (hojas y tallos) del cultivo acelga (*Beta vulgaris* spp. *cicla* 'Fordhook Gaint') a los 60 días después del trasplante y se colocaron en bolsas de polietileno previamente etiquetadas y se trasladaron al Laboratorio para su procesamiento.

5.13.4 Determinación de la clorofila

Para la determinación de la clorofila, de la parte aérea de las plantas (hojas y tallos), se cortó una parte de la muestra (hoja) en tiras de 0.5 cm², se pesaron 0.5 g para macerarlas en un mortero con solvente de extracción, 5 mL de solución de acetona al 80%, conforme a las indicaciones de AOAC (Association of Analytical Communities) (AOAC, 1990). Se extrajeron las clorofilas con acetona al 80%, el macerado de la muestra se colocó en un tubo con tapa rosca y se centrifugó a 4000 rpm durante 10 minutos. Del sobrenadante se colocó en un tubo de ensaye y se ajustó a 6 mL con acetona al 80%, se tomaron 0.5 mL del sobrenadante y se diluyó con 5 mL de acetona al 80%. Las concentraciones de clorofilas totales como de

clorofilas a y b se determinaron por espectrofotometría visible midiendo las absorbancias a 645 y 663 nm, utilizando una muestra de acetona al 80% como blanco.

Fueron aplicadas las ecuaciones de Arnon, con el uso de los coeficientes de absorción específicos proporcionados por Mackinney (Holden, 1976).

$$\text{Clorofila a} = (12.7 \times \text{Abs } 663) - (2.69 \times \text{Abs } 645)$$

$$\text{Clorofila b} = (22.9 \times \text{Abs } 645) - (4.68 \times \text{Abs } 663)$$

$$\text{Clorofila Total} = (20.2 \times \text{Abs } 645) + (8.02 \times \text{Abs } 663)$$

5.13.5 Determinación de minerales

Se colocaron las muestras frescas en bolsas de papel estraza, posteriormente se llevaron a una estufa de secado a 60°C durante 72 horas, posteriormente se llevaron a moler en mortero y se colocaron en bolsas de papel estraza.

Para determinar el contenido mineral se tomó una muestra en peso seco, 0.5 g para llevar a digerir con Ácido Nítrico en estufa, en vasos de precipitado tapados con vidrio, en un total de 4 horas lo que tardan en digerirse, hasta que se tornen de color más claro. Una vez que las muestras están a temperatura, se aforan con agua destilada. Se almacenan en recipientes de 50 mL de muestra ya digerida. Muestras que se utilizan para obtener los minerales, Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Potasio (K).

5.13.6 Determinación de nitrógeno

En esta determinación se utilizaron 0.5 g de muestra que se pesaron en balanza semi analítica (marca OHAUS modelo Cs). Se colocan en tubos de ensayo para digestión ácida rotulados, y se le agrega 3 ml de solución digestora. Estos tubos se llevan a digerir en una estufa para que estas se calienten y se lleve a cabo la digestión, en un aproximado de 30 minutos estas se tornan de color claro.

Las muestras enfriadas a temperaturas ambiente se llevan al microdestilador, ahí se toman vasos de precipitado donde se agrega 3 gotas de indicador mixto para Nitrógeno, además, se agrega 30 mL de H_3BO_3 al 2% con un matraz. Ahora en el microdestilador se agrega la muestra y NaOH 50% (Hidróxido de Sodio) para que la muestra de destile, la muestra vira a rosa y al destilar vira a color verde, es recibida en un vaso de precipitado hasta que llegue al 60 mL y se lleva a titulación para saber el contenido de N, donde la bureta tiene H_2SO_4 -0.025 N, y lo que se lleve en la titulación, es el contenido de N, la muestra vira a color rosa mexicano, al agitar con un agitador de cristal.

5.13.7 Determinación de fósforo

Se toma un 1 mL de la muestra resultante incinerar 1 g de muestra seca diluido en 50 mL de ácido clorhídrico al 50% y se coloca en tubo de ensaye (lavando con jabón libre de fosforo y enjuagado 3 veces con agua destilada). Se agrega 5 ml de solución de molibdato de amonio y 2 de ANSA, se agita el tubo para mezclarse y se deja reposar por 20 minutos. Se vacía a la celdilla para leerla en el espectrofotómetro (THERMO ELECTRON COPORATION BIO mate 5) a una longitud de onda de 650 nm. Con cada dato obtenido se busca la concentración parcial del fósforo por medio de la curva estándar y se ajusta a la cantidad que se pesó.

5.13.8 Determinación de K, Ca, Mg

Para la determinación de minerales se pesa 1 g de muestra seca, se incinera en una mufla a $600^{\circ}C$ y se diluyen en 50 mL de ácido clorhídrico. Se toma con la micropipeta 100 μ l de la muestra, en un matraz esférico o plano de 10 ml y se afora con agua desionizada, y se almacena para llevar a leer por absorción atómica en el equipo de la marca GBC Scientific XplorAA Dualt, y se procede a tomar lectura de cada mineral de interés, se utilizaron estándares para absorción atómica.

La muestra contenida en un bote con tapa rosca se destapa y se le coloca la manguera de succión que arrastrará la muestra hasta la llama de aire-acetileno, los

electrones son excitados y al regresar a su estado basal se obtiene la lectura, después de cada muestra de calibra a 0 con agua desionizada.

V. RESULTADOS

Se realizó un análisis de varianza (ANAVA) y una prueba de medias de los resultados. En el Cuadro 4 se observa alta significancia ($p \leq 0.0001$) al realizar el ANAVA para nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en los tres muestreos, y la prueba de comparación de medias de Tukey, en el muestreo 1, el T2 (*Enterobacter* sp. 2) y el T10 (*Pseudomonas* sp. 7) fue superior un 47.86% y 58.54% respectivamente; en el muestreo 2, los T5 y T7 (*Pseudomonas* sp. 2 y sp.4) y el T9 (*Pseudomonas* sp. 6), fueron mayores en un 16.61% y el 22.59 % respectivamente; en el muestreo 3, el T2 (*Enterobacter* sp. 2) tuvo un incremento del 10.41% comparados con el T13 (Testigo). El fósforo (P), mostró significativamente a $p \leq 0.0001$ en el ANAVA en los tres muestreos y en la prueba de comparación de media de Tukey, en M1, el T9 (*Pseudomonas* sp. 6) incrementó en 41.79 % y el T1 (*Enterobacter* sp. 1) con 12.83%. En el M2, el T9 (*Pseudomonas* sp. 6) y T3 (*Achromobacter* sp.) mostraron incrementos del 29.75% y 15.83% respectivamente, comparados con el T13 (Testigo). Lo mismo para el M3, el T3 (*Achromobacter* sp.), 38.18%; T9 (*Pseudomonas* sp. 6) y T8 (*Pseudomonas* sp. 5) son estadísticamente iguales, superiores un 28.62% y 27.61% respecto al T13 (Testigo).

En el Cuadro 4 el potasio (K), al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey, el T6 (*Pseudomonas* sp.3), en el muestreo 1, aumentó el 95.66%. Para el M2, el T5 (*Pseudomonas* sp. 2) con 27.75%. En el muestreo 3, se observa el T4 (*Pseudomonas* sp. 1) con 41.43% y 5 (*Pseudomonas* sp. 2) con un valor de 59.78%, en los tres muestreos los valores fueron superiores en comparación con el T13 (Testigo). En el Cuadro 5 se observan los resultados del ANAVA diferencia altamente significativa ($p \leq 0.0001$) en los tres muestreos de Mg, y la prueba de comparación de medias de Tukey, indica en el muestreo 1 el T2 (*Enterobacter* sp. 2) con 172.58%, el T11 (*Pseudomonas* sp.8) con 119.35% y el T12 (*Pseudomonas* sp. 9) 148.38%. En el muestreo 2, el T10 (*Pseudomonas* sp. 7), tuvo incremento de 17.53% y T11 (*Pseudomonas* sp. 8) 23.31%, con el mayor incremento, comparadas con el T13 (Testigo). En el muestreo 3, no hubo diferencias significativas fijando

similar cantidad de Mg. Del contenido de Calcio (Ca), el ANAVA mostró diferencias significativas a $p \leq 0.0001$ en los tres muestreos, y la prueba de comparación de medias de Tukey, en el muestreo 1, mostró que el T12 (*Pseudomonas* sp. 9), fue superior 19.05%, con respecto al testigo. Para el muestreo 2 y 3 no hubo diferencia estadística con relación al testigo.

Cuadro 4. Contenido mineral de nitrógeno, fósforo y potasio en acelgas (*Beta vulgaris* ssp. *cicla* 'Fordhook Giant'), inoculadas con rizobacterias de distintos géneros.

Tratamiento	N %			P (mg/g)			K(mg/g)		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
T1	2.31d	2.24ab	2.41b	106.69ab	41.31g	59.31de	2581.85bc	2688.00de	4691.90bc
T2	3.46^a	2.59ab	3.18^a	61.92cd	76.18cdef	82.15abc	1935.60 c	2486.60def	3797.15efg
T3	2.9b	2.34ab	2.94ab	53.3cd	100ab	93.76^a	2290.80bc	3657.90b	4611.97bc
T4	2.48bcd	2.31ab	2.45b	46.31d	97.91abc	59.12de	2995.97b	3572.40b	4833.55ab
T5	1.78e	2.73a	2.59ab	54.45cd	81.97bcd	76.19bc	2291.95bc	4288.58a	5460.70a
T6	2.91b	2.48ab	2.33b	33.02d	83.31bcd	57.96e	3872.10 a	2992.30cd	4366.30bcde
T7	2.62bcd	2.73a	2.52ab	42.66d	90.33abc	74.91bcd	2104.50c	2530.95def	4560.25bcd
T8	2.83bc	1.91b	2.41b	47.7d	60.20efg	86.59ab	2617.50bc	2872.75cd	4082.45cdef
T9	2.41cd	2.87a	2.33b	137a	112.02^a	87.27ab	2586.35bc	2470.95def	3938.45defg
T10	3.71^a	1.89b	2.73ab	80.21bc	57.03fg	69.29cde	2355.80bc	2165.75ef	3663.95fg
T11	2.41cd	2.40ab	2.27b	34.22d	82.23bcd	55.35e	2492.80bc	2077.15f	3749.58efg
T12	2.73bcd	2.45ab	2.47b	37.1d	64.79def	59.19de	2467.75bc	2525.25def	3805.95efg
T13	2.34d	2.34ab	2.88ab	94.55b	86.33bcd	67.85cde	1987.90c	3356.80bc	3417.55g
p \leq	0.0001	0.0007	0.0008	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
CV	5.72	9.79	8.64	16.34	9.33	7.95	9.99	6.5	5.27

N= nitrógeno; P= fósforo; K= potasio; %= porcentaje; mg= miligramos; g= gramos; M1= muestreo uno; M2= muestreo 2; M3= muestreo tres; T1= *Enterobacter* sp. 1; T2= *Enterobacter* sp. 2; T3= *Achromobacter* sp.; T4= *Pseudomonas* sp. 1; T5= *Pseudomonas* sp. 2; T6= *Pseudomonas* sp. 3; T7= *Pseudomonas* sp. 4; T8= *Pseudomonas* sp. 5; T9= *Pseudomonas* sp. 6; T10= *Pseudomonas* sp. 7; T11= *Pseudomonas* sp. 8; T12= *Pseudomonas* sp. 9; T13= Testigo; CV= coeficiente de variación en porcentaje; Letras distintas indican diferencias significativas prueba de medias con prueba de medias Tukey ($p \leq 0.0001$).

Cuadro 5. Contenido mineral magnesio y calcio en acelga (*Beta vulgaris* ssp. *cicla* ‘Fordhook Giant’), inoculadas con rizobacterias de distintos géneros.

Tratamiento	Mg(mg/g)			Ca(mg/g)		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3
T1	326b	97f	355^a	358d	261ab	261bc
T2	422.5a	212.50cde	240.50abc	264d	341ab	247bc
T3	138de	223bcde	352.50 ^a	276d	371.5a	183.50c
T4	301.5bc	285.5abc	305ab	314.50d	269.33ab	430.33^a
T5	161de	156def	304.50ab	293.50d	274ab	239.83bc
T6	230.5cd	256abc	189.50bc	319d	244b	236bc
T7	134e	211.50cde	162c	194.50d	259ab	244.33bc
T8	191.5de	141ef	322.50ab	342.50d	376a	233bc
T9	193.5de	222.50bcde	297.50ab	582c	238b	331ab
T10	152de	305ab	345.5 ^a	263.50d	243.67b	271.83bc
T11	340ab	320^a	281abc	766.5b	226b	257.50bc
T12	385ab	233.67abcd	355.50 ^a	938.17a	306ab	273.33bc
T13	155de	259.5abc	305ab	788ab	315.50ab	329.50ab
p≤	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0005	0.0001
CV	13.04	13.03	15.32	12.88	14.27	13.15

Mg= magnesio; Ca= calcio; mg= miligramos; g= gramos; M1= muestreo uno; M2= muestreo 2; M3= muestreo tres; T1= *Enterobacter* sp. 1; T2= *Enterobacter* sp. 2; T3= *Achromobacter* sp.; T4= *Pseudomonas* sp. 1; T5= *Pseudomonas* sp. 2; T6= *Pseudomonas* sp. 3; T7= *Pseudomonas* sp. 4; T8= *Pseudomonas* sp. 5; T9= *Pseudomonas* sp. 6; T10= *Pseudomonas* sp. 7; T11= *Pseudomonas* sp. 8; T12= *Pseudomonas* sp. 9; T13= Testigo; CV= coeficiente de variación en porciento; Letras distintas indican diferencias significativas prueba de medias con prueba de medias Tukey ($p \leq 0.0001$).

En el Cuadro 6 se presentan los resultados de clorofila y el ANAVA mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p \leq 0.0001$) en la clorofila total, y la prueba de comparación de medias de Tukey, para la Clorofila a, los tratamientos fueron estadísticamente iguales al testigo, aunque este presentó la mayor concentración de clorofila. En la Clorofila b, sólo el testigo, fue estadísticamente diferente. En la Clorofila total, no hubo significancia en ninguno de los tratamientos, de los cuales el T7, T10 y T11, fueron estadísticamente iguales que el testigo.

Cuadro 6. Contenido de clorofila a, b y Total de acelga (*Beta vulgaris* ssp. *cicla* ‘Fordhook Giant’), inoculadas con rizobacterias de distintos géneros.

Tratamientos	Clorofila a	Clorofila b	Clorofila Total
T1	18.72 ^a	7.42bcd	21.57bcd
T2	19.15a	7.89bcd	13.81de
T3	18.67 ^a	7.47bcd	23.47bcd
T4	20.80 ^a	9.38b	15.93cde
T5	18.77 ^a	5.88cd	24.44abc
T6	19.72 ^a	8.95b	11.55e
T7	20.31 ^a	9.10b	26.28ab
T8	21.10 ^a	9.63b	14.93cde
T9	19.52 ^a	5.64d	13.59de
T10	19.68 ^a	8.42bc	27.06ab
T11	20.25 ^a	6.01cd	28.68ab
T12	19.26 ^a	7.46bcd	24.75abc
T13	22.98 ^a	14.28a	34.20a
p≤	0.1204	0.0001	0.0001
CV	7.98	11.06	15.57

T1= *Enterobacter* sp. 1; T2= *Enterobacter* sp. 2; T3= *Achromobacter* sp.; T4= *Pseudomonas* sp. 1; T5= *Pseudomonas* sp. 2; T6= *Pseudomonas* sp. 3; T7= *Pseudomonas* sp. 4; T8= *Pseudomonas* sp. 5; T9= *Pseudomonas* sp. 6; T10= *Pseudomonas* sp. 7; T11= *Pseudomonas* sp. 8; T12= *Pseudomonas* sp. 9; T13= Testigo; CV= coeficiente de variación en porciento; Letras distintas indican diferencias significativas prueba de medias con prueba de medias Tukey ($p \leq 0.0001$).

VII. DISCUSIÓN

De acuerdo con los datos obtenidos, en el contenido de nitrógeno (N) en el cultivo de acelga, se obtuvieron valores similares a los de Ibarra-Reyes (2019), donde dos cepas de rizobacterias, resultaron las mejores fijadoras de Nitrógeno (N) y en combinación con la aspersion en el área de los inoculantes. Sánchez-López (2014), en su trabajo de investigación con bacterias promotoras de crecimiento vegetal, menciona que el género *Pseudomonas* es una de las bacterias que hace el mayor porcentaje de absorción de nitrógeno (N) y atribuyendo a la cepa de *Enterobacter* sp. En un cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Por su parte Quiroz et al., (2019) reporta el incremento superior al 35% en contenido de N y P al inocular con cepas de *Pseudomonas* un cultivo de chile poblano (*Capiscum annuum* L.) con respecto al testigo. En datos obtenidos en el contenido de fósforo (P) fijado en las plantas de acelga, en los 3 muestreos que se hicieron durante en el desarrollo de esta, son los esperados, similares a los de Cázares-Esquivel (2016), en donde utilizaron diferentes RPCV, en el cultivo de Blueberry y analizando el contenido mineral en el área foliar y lo mismo para potasio (K). Gamboa-Angulo (2020), al biofertilizar con dos cepas de rizobacterias en chile xcat'it (*Capiscum annuum* L.), obtuvieron mejor absorción de Potasio (K) que los otros minerales que evaluaron, valores semejantes a los que se observan en los resultados de los muestreos 1 y 3 del presente experimento.

Para los valores de magnesio (Mg) aumenta la tasa fotosintética reflejado en los 1 y muestreos, y calcio (Ca), ayuda a la pared celular, Rodríguez-Mendoza (2013), en el cultivo de melón (*Cucumis melo*), en hidroponía inoculado con rizobacterias, observó que hay mayor absorción de Magnesio y Calcio en las hojas en el desarrollo de madurez. Venegas-González et al., (2019), mostraron en su investigación, en el cultivo de acelga (*Beta vulgaris* spp. *Cicla*), produciéndola con inoculantes microbianos y utilizando una cepa de rizobacteria, donde los dos minerales fueron los más altos en valores, tomando en cuenta los sustratos utilizados.

VIII. CONCLUSIONES

El uso de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal o (RPCV) en el cultivo de acelga, tienen influencia en la absorción de minerales como N, P, Ca y Mg, siendo las más notorias, el género de las *Pseudomonas* y *Achromobacter*. Además, *Enterobacter* influye en la captación de N, por lo cual dichos géneros son una alternativa de biofertilización.

IX. LITERATURA CITADA

- Agrosad, (2023). Acelga. Disponible en: www.agrosad.com.ec/index.php/productos/semillas/hortalizas-bonanza-seeds/accelga2012-10-18-21-58-182-detail
- Ahemad, M., & Kibret, M. (2014). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. *Journal of King Saud University-science*. 26(1), 1-20.
- Alimentación. (2015). Disponible en: http://alimentacion.es/imagenes/es/accelga_tcm5-39166.pdf.
- Álvarez-García, J. A., Santoyo, G., & del Carmen Rocha-Granados, M. (2020). *Pseudomonas fluorescens*: Mecanismos y aplicaciones en la agricultura sustentable. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*. 16(1), 01-10.
- Amoureux, L., Bador, J., Verrier, T., Mjahed, H., De Curraize, C., & Neuwirth, C. (2016). *Achromobacter xylosoxidans* is the predominant *Achromobacter* species isolated from diverse non-respiratory samples. *Epidemiology & Infection*. 144(16), 3527-3530.
- AOAC, B. A. M. (1990). Association of official analytical chemists. Official methods of analysis, 12.
- Backer, R., Rokem, J. S., Ilangumaran, G., Lamont, J., Praslickova, D., Ricci, E., ... & Smith, D. L. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria: context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in plant science*. 1473.
- Beltrán Pineda, M. E. (2014). La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(1), 101-113.
- Berendsen, R. L., Pieterse, C. M., & Bakker, P. A. (2012). The rhizosphere microbiome and plant health. *Trends in plant science*. 17(8), 478-486.

- Bozokalfa, M. K., Eşiyok, D., & Aşçioğul, T. K. (2016). Diversity pattern among agromorphological traits of the Swiss chard (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*) genetic resources of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 40(5), 684-695.
- Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and soil*. 383, 3-41.
- Cazares Esquivel, S. E. (2016). Efectos de la inoculación de bacterias promotoras de crecimiento en plantaciones de Blueberry (Tesis de grado).
- Coila Bustinza, M. A. Efecto del estiércol de lombriz y ovino en la producción de acelga (*Beta vulgaris* L.) en invernadero–Puno. Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú.
- Delgado Zambrano, J. A. (2016). Evaluación de tres variedades de acelga (*Beta vulgaris* L.) cultivadas en el sistema hidropónico (Tesis de grado, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil).
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories, and regulation. *Scientia horticulturae*. 196, 3-14.
- Durán Bajaña, F. A. (2017). Respuesta del cultivo de acelga *Beta vulgaris* L. var. cicla a la fertilización orgánica foliar (Tesis de grado, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil).
- Ecohortum, (2013). Como cultivar acelga. In *Hortalizas, Tipos de Cultivos*. Disponible en: <https://ecohortum.com/como-cultivar-acelgas/>.
- Esquivel-Cote, R., Gavilanes-Ruiz, M., Cruz-Ortega, R., & Huante, P. (2013). Importancia agrobiotecnológica de la enzima ACC desaminasa en rizobacterias, una revisión. *Revista fitotecnia mexicana*. 36(3), 251-258.
- Fuentes-Barría, H., Muñoz Peña, D., Aguilera Eguía, R., & González Wong, C. (2018). Influencia de los compuestos bioactivos de betarraga (*Beta vulgaris* L) sobre el efecto cardioprotector: Una revisión narrativa. *Revista chilena de nutrición*. 45(2), 178-182.

- Gamboa-Angulo, J., Ruíz-Sánchez, E., Alvarado-López, C., Gutiérrez-Miceli, F., Ruíz-Valdiviezo, V. M., & Medina-Dzul, K. (2020). Efecto de biofertilizantes microbianos en las características agronómicas de la planta y calidad del fruto del chile xcat'ik (*Capsicum annuum* L.). *Terra Latinoamericana*. 38(4), 817-826.
- Goswami, D., Thakker, J. N., & Dhandhukia, P. C. (2016). Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A review. *Cogent Food & Agriculture*. 2(1), 1127500.
- Grageda-Cabrera, O. A., Díaz-Franco, A., Peña-Cabriales, J. J., & Vera-Nuñez, J. A. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3(6), 1261-1274.
- Guerra Guerra C. N., & Martínez Amador, S. Y. (2018). Evaluación de té de composta y microorganismos promotores de crecimiento vegetal en un cultivo en acelga. (Tesis de grado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/45561>).
- Gupta, G., Parihar, S. S., Ahirwar, N. K., Snehi, S. K., & Singh, V. (2015). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): current and future prospects for development of sustainable agriculture. *J Microb Biochem Technol*. 7(2), 096-102.
- Halkman, H. B. D., & Halkman, A. K. (2014). Indicator organisms. Editor(s): Carl A. Batt, Mary Lou Tortorello, *Encyclopedia of Food Microbiology* (Second Edition), Academic Press, Pages 358-363, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00396-7>
- Hashem, A. N., Soliman, M. S., Hamed, M. A., Swilam, N. F., Lindequist, U., & Nawwar, M. A. (2016). *Beta vulgaris* subspecies *cicla* var. *flavescens* (Swiss chard): flavonoids, hepatoprotective and hypolipidemic activities. *Die Pharmazie-An international journal of pharmaceutical sciences*. 71(4), 227-232.

- Hassan, M. K., McInroy, J. A., & Kloepper, J. W. (2019). The interactions of rhizodeposits with plant growth-promoting rhizobacteria in the rhizosphere: a review. *Agriculture*. 9(7), 142.
- Ibarra-Reyes, M., (2019). Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal en plántulas de tomate. Tecnológico Nacional De Mexico. Torreón, Coahuila, Mex., pp. 76-87
- Infoagro. (2022). Cultivo de acelga. Disponible en <https://www.infoagro.com/hortalizas/acelga.htm>.
- INTAGRI (2023). El Magnesio, un Nutriente Olvidado que Puede Salvar tu Cultivo, Nutricion Vegetal. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/magnesio-nutriente-olvidado-salvar-cultivo>
- Isler, B., Kidd, T. J., Stewart, A. G., Harris, P., and Paterson, D. L. (2020). *Achromobacter* infections and treatment options. *Antimicrobial agents and chemotherapy*. 64(11), 10-1128.
- Jha, C. K., & Saraf, M. (2015). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): a review. *Journal of Agricultural Research and Development*. 5(2), 108-119.
- Kumar, A., Maurya, B. R., Raghuwanshi, R., Meena, V. S., & Tofazzal islam, M. (2017). Co-inoculation with *Enterobacter* and Rhizobacteria on yield and nutrient uptake by wheat (*Triticum aestivum* L.) in the alluvial soil under indo-gangetic plain of India. *Journal of plant growth Regulation*. 36, 608-617.
- Kumar, P., & Dubey, R. C. (2012). Plant growth promoting rhizobacteria for biocontrol of phytopathogens and yield enhancement of *Phaseolus vulgaris*. *J Curr Pers Appl Microbiol*. 1(6), 38.
- La Torre-Ruiz, D., Ruiz-Valdiviezo, V. M., Rincón-Molina, C. I., Rodríguez-Mendiola, M., Arias-Castro, C., Gutiérrez-Miceli, F. A., ... & Rincón-Rosales, R. (2016). Effect of plant growth-promoting bacteria on the growth and fructan production of *Agave americana* L. *Brazilian journal of microbiology*, 47, 587-596.

- Lau, Y. Y., Sulaiman, J., Chen, J. W., Yin, W. F., & Chan, K. G. (2013). Quorum sensing activity of *Enterobacter asburiae* isolated from lettuce leaves. *Sensors*. 13(10), 14189-14199.
- Lopardo, H. A., Garrahan, J. P., y Predari, S. C. (s/f). Manual de microbiología clínica de la asociación argentina de microbiología. Org.ar. Disponible en: <https://www.aam.org.ar/descarga-archivos/Parte21Enterobacterias.pdf>
- Mamani Sullcata, M. R. (2015). Efecto de la fertilización química y orgánica en la productividad del cultivo de acelga (*Beta vulgaris* var. *Cicla*) en el Centro Experimental de Patacamaya (Tesis doctorado).
- Marbueda, J., y Gracia, J. (2017). Acelga. Disponible en: <https://www.publicacionescajamar.es/publicacionescajamar/public/pdf/series-tematicas/agricultura/cultivos-hortícolas-al-aire-libre-2.pdf>
- Marcelletti, S., & Scortichini, M. (2014). Definition of plant-pathogenic *Pseudomonas* genomospecies of the *Pseudomonas syringae* complex through multiple comparative approaches. *Phytopathology*, 104(12), 1274-1282.
- Mathews K.C, Van Holde K.E., Appling D.R., Spencer J.A. (2013) *Bioquímica*. Editado por Pearson Educación. Madrid, pp. 678-679
- Mendoza, M. D. L. N. R., Chávez, R. S. M., Cué, J. L. G., & Mendoza, A. B. (2013). Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento en el cultivo de melón (*Cucumis melo*). *Interciencia*. 38(12), 857-862.
- Mishra, P., & Dash, D. (2014). Rejuvenation of biofertilizer for sustainable agriculture and economic development. *Consilience*. (11), 41-61.
- Moreno Reséndez, A., Carda Mendoza, V., Reyes Carrillo, J. L., Vásquez Arroyo, J., & Cano Ríos, P. (2018). Plant growth promoting rhizobacteria: a biofertilization alternative for sustainable agriculture. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 20(1), 68-83.
- Noumavo, P. A., Agbodjato, N. A., Baba-Moussa, F., Adjanohoun, A., & Baba-Moussa, L. (2016). Plant growth promoting rhizobacteria: Beneficial effects

for healthy and sustainable agriculture. African Journal of Biotechnology. 15(27), 1452-1463.

Nuñez Velasco, C. A. (2016). Evaluación de dos variedades de acelga (*Beta vulgaris* var. *Cicla* L.) con tres niveles de fertilizante foliar (Vigor Top) en ambiente protegido (Tesis de doctorado).

Nutrigame (2016). Acelga. Recuperado el 11 de junio de 2023, de www.nutrigame.es/acelgas/

Nutter, J., Fernandez, M. V., Jagus, R. J., & Agüero, M. V. (2020). Alternatives for beet (*Beta vulgaris* L.) leaves revalorization. Asociación Argentina de Horticultura; Horticultura Argentina 39. 100, 249-271.

Parmar, P., & Sindhu, S. S. (2013). Potassium solubilization by rhizosphere bacteria: influence of nutritional and environmental conditions. J Microbiol Res. 3(1), 25-31.

Pérez Sánchez, M. S. (2016). Análisis económico de la producción orgánica de hortalizas (cilantro, lechuga, nabo y acelga) en el centro experimental La Playita, cantón La Maná, año 2014 (Tesis de grado, Quevedo: UTEQ).

Pii, Y., Mimmo, T., Tomasi, N., Terzano, R., Cesco, S., & Crecchio, C. (2015). Microbial interactions in the rhizosphere: beneficial influences of plant growth-promoting rhizobacteria on nutrient acquisition process. A review. Biology and fertility of soils, 51, 403-415.

Quiroz-Sarmiento, V. F., Almaraz-Suarez, J. J., Sánchez-Viveros, G., Argumedo-Delira, R., & González-Mancilla, A. (2019). Biofertilizantes de rizobacterias en el crecimiento de plántulas de chile Poblano. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 10(8), 1733-1745.

Rathore, P. (2015). A review on approaches to develop plant growth promoting rhizobacteria. Int J Recent Sci Res. 5(2), 403-407.

Restrepo-Correa, S. P., Pineda-Meneses, E. C., & Ríos-Osorio, L. A. (2017). Mecanismos de acción de hongos y bacterias empleados como

- biofertilizantes en suelos agrícolas: una revisión sistemática. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 18(2), 335-351.
- Reyes Castillo, A. (2019). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) y su aporte en la nutrición mineral de tomate (*Lycopersicon sculentum* L.).
- Romero-Perdomo, F., Ocampo-gallego, J., Camelo-Rusique, M., & Bonilla, R. (2019). Plant growth promoting rhizobacteria and their potential as bioinoculants on *Pennisetum clandestinum* (Poaceae). *Revista de Biología Tropical*. 67(4), 825-832.
- Sakurad, A. (2012). *Achromobacter xylosoxidans*. *Revista chilena de infectología*. 29(4), 453-454.
- Sánchez López, D. B., García Hoyos, A. M., Romero Perdomo, F. A., & Bonilla Buitrago, R. R. (2014). Efecto de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal solubilizadoras de fosfato en *Lactuca sativa* cultivar White Boston. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 16(2), 122-128.
- Sánchez, R., & Guerra, P. (2022). *Pseudomonas* spp. benéficas en la agricultura. Universidad Autónoma Chanpingo. 715-725.
- Sayyed, R. Z., Seifi, S., Patel, P. R., Shaikh, S. S., Jadhav, H. P., & Enshasy, H. E. (2019). Siderophore production in groundnut rhizosphere isolate, *Achromobacter* sp. RZS2 influenced by physicochemical factors and metal ions. *Environmental Sustainability*. 2(2), 117-124.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, (2023) Acelga, una hortaliza muy nutritiva. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/accelga-una-hortaliza-muy-nutritiva-332039>
- Steiner AA (1984) The Universal Nutrient Solution. En Proc 6th Int. Cong. Soilless Cult. pp. 633-649.
- Susilowati, L. E., & Syekhfani, S. (2014). Characterization of phosphate solubilizing bacteria isolated from Pb contaminated soils and their potential for dissolving

- tricalcium phosphate. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*. 1(2), 57-62.
- Swenson, C. E., & Sadikot, R. T. (2015). *Achromobacter* respiratory infections. *Annals of the American Thoracic Society*. 12(2), 252-258.
- Tapia-Torres, Y., & García-Oliva, F. (2013). La disponibilidad del fósforo es producto de la actividad bacteriana en el suelo en ecosistemas oligotróficos: una revisión crítica. *Terra Latinoamericana*. 31(3), 231-242.
- Timmusk, S., Behers, L., Muthoni, J., Muraya, A., & Aronsson, A. C. (2017). Perspectives and challenges of microbial application for crop improvement. *Frontiers in plant science*. 8, 49.
- Touzet, P., Villain, S., Buret, L., Martin, H., Holl, A. C., Poux, C., & Cuguen, J. (2018). Chloroplastic and nuclear diversity of wild beets at a large geographical scale: Insights into the evolutionary history of the *Beta* section. *Ecology and Evolution*. 8(5), 2890-2900.
- Vejan, P., Abdullah, R., Khadiran, T., Ismail, S., & Nasrulhaq Boyce, A. (2016). Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability—a review. *Molecules*. 21(5), 573.
- Venegas-González, J., Méndez-Inocencio, C., Martínez-Mendoza, E. K., Torres, L. F. C., & Rodríguez-Torres, M. D. (2019). Producción orgánica de *Beta vulgaris* subespecie *cicla* con inoculantes microbianos. *Biotecnia*. 21(3), 121-126.
- Wu, H., Zhang, X., Giraldo, J. P., & Shabala, S. (2018). It is not all about sodium: revealing tissue specificity and signalling roles of potassium in plant responses to salt stress. *Plant and soil*. 431, 1-17.
- Xu, X. M., Jeffries, P., Pautasso, M., & Jeger, M. J. (2011). A numerical study of combined use of two biocontrol agents with different biocontrol mechanisms in controlling foliar pathogens. *Phytopathology*. 101(9), 1032-1044.

- Yampa Espejo, E. M. (2020). Evaluación del rendimiento de dos variedades de acelga (*Beta vulgaris* var. *cycla*) con diferentes dosis de abono foliar (*Aola*) en ambiente atemperado, en la Estación Experimental de Cota (Tesis Doctorado).
- Zhu, J., Li, M., & Whelan, M. (2018). Phosphorus activators contribute to legacy phosphorus availability in agricultural soils: A review. *Science of the Total Environment*. 612, 522-537.