

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Impacto de la Inoculación de Rizobacterias en los Caracteres Agronómicos de  
*Acelga (Beta vulgaris)*

Por:

**JUANA PEDRO CAÑO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Impacto de la Inoculación de Rizobacterias en los Caracteres Agronómicos de Acelga  
(*Beta vulgaris*)

Por:

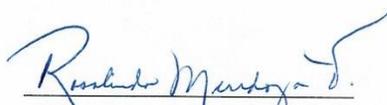
**JUANA PEDRO CAÑO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

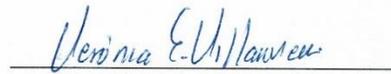
**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal

Asesor Principal



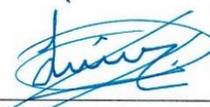
M.C. Verónica Elizabeth Niño Villanueva

Asesor Principal Externo



Dr. Valentín Robledo Torres

Coasesor



Dr. Antonio Juárez Maldonado

Coasesor



Dr. Jerónimo Landeros Flores

Coordinador Interino de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2022

## 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

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Juana Pedro Caño', written over a horizontal line.

Firma y Nombre

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES**

**Eulalia Caño Mateo**, mujer fuerte y luchadora que ha dado todo por y para mi crecimiento. Me has llenado de valores y fuerzas por todos y cada uno de mis sueños. Gracias madre mía por darme la vida, por ser mi mejor amiga, gracias por tanto amor, ¡TE AMO INFINITAMENTE MAMI!

**Simón Pedro Tomás**, mi consejero de vida. Gracias le doy a Dios por darme al mejor padre, hombre fuerte, de buen corazón siempre viendo por su familia, por inculcarme valores y principios. Por tu apoyo incondicional a lo largo de mi carrera profesional, por siempre desear y anhelar siempre lo mejor para mi vida ¡TE AMO INFINITAMENTE PAPI!

### **A MIS HERMANOS**

**Richard, Anita y Luis Eduardo**, gracias por tanto amor, cariño, consejos, por siempre animarme a seguir adelante y a ser mejor día con día, son mi motor, sin duda somos un gran equipo, Dios me premió con los mejores compañeros de vida, ustedes ¡LOS AMO CON LA VIDA!

### **A MI TÍO MOISÉS QEPD**

Tío de mi alma, a pesar de no tenerte hoy conmigo, sé que debes de estar muy orgulloso de mí. Más que mi tío fuiste un segundo padre para mí. Lo prometido es deuda tío, aquí el resultado. Siempre te recordaré con un profundo amor, gracias por todas las enseñanzas y guiarme por el camino correcto ¡TE AMO ETERNAMENTE TÍO!

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios**

Mí adorado Señor gracias por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera profesional, por ser mi mayor fortaleza en los momentos de debilidad, por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias, sobre todo felicidad. Gracias por la oportunidad de culminar este sueño anhelado.

### **A mi Alma Terra Mater**

La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme aceptado a ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera, por convertirse en mi segunda casa durante estos bendecidos 5 años. Gracias por tanto mi hermosa UAAAN.

### **A mi familia**

En especial a mis padres Simón Pedro Tomás, Eulalia Caño Mateo por todo lo brindado emocional y económicamente sin duda mi mejor ejemplo de amor y trabajo duro. A mis hermanos tan increíbles y únicos, por apoyarme.

### **A mi asesora**

La Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal por haberme brindado la oportunidad de ser partícipe en este proyecto, por su paciencia y tiempo. Por los conocimientos transmitidos, gracias infinitas.

### **A la M.C.**

Verónica Elizabeth Niño Villanueva, por su apoyo e indicaciones en este proyecto.

### **A los profesores del Departamento de Botánica**

Porque gracias a sus conocimientos me facilitaron aún más esta hermosa aventura. Con agradecimiento especial a la Bióloga Sofía Comparan Sánchez, por sus consejos, regaños y enseñarme amar aún más la carrera. Al Dr. Antonio

Juárez Maldonado porque de alguna manera tuve su apoyo durante mi formación académica. Al Dr. Gregorio Castro Rosales por la bonita amistad.

### **A la familia Encina**

Un profundo agradecimiento a esta hermosa familia, por su cariño y atenciones hacía mí, gracias por hacer de mi estancia en Saltillo la mejor.

### **A mis amigos**

A mi amiga Eymar Tovar, por ser la persona que hizo que en los momentos más difíciles y estresante tuviera un poco de paz; esa que tanto necesitaba para superar cada reto, eres única y agradezco tu apoyo incondicional. A Joel Pájaro, Raymundo Cuevas, Carlos Josué, Juan José Padilla, Javier Cabrera, Mitzy Janeth, Isabel Andrés, por todos los buenos momentos, todos hemos aprendido y aprendemos continuamente de todos, tanto profesional y personalmente, los llevo en el corazón.

**¡Ser BUITRE no es para tanto... es para toda la VIDA!**

***ALMA TERRA MATER***

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	VII
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	VIII
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	IX
<b>RESUMEN</b> .....	X
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Objetivos.....	2
1.1.1. Objetivo general .....	2
1.1.2. Objetivos específicos .....	2
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
2.1. Importancia del cultivo de la acelga .....	3
2.2. Origen y distribución .....	3
2.3. Morfología de la planta .....	3
2.3.1. Sistema radicular.....	4
2.3.3. Flores .....	4
2.3.4. Fruto.....	4
2.3.5. Variedad cultivada.....	4
2.3.6. Taxonomía .....	4
2.4. Valor nutricional .....	5
2.5. Producción mundial y principales países productores .....	5
2.6. Producción nacional .....	5
2.6.1. Principales estados productores .....	6
2.7. Agricultura, situación actual .....	6
2.8. Agricultura orgánica.....	7
2.9. Biofertilizante .....	8
2.10. Rizosfera.....	9
2.11. Uso de microorganismos eficientes (ME) promotores de crecimiento ...	9
2.12. Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal .....	10
2.12.1. <i>Pseudomonas</i> sp.....	10
2.12.2. <i>Enterobacter</i> sp.....	11
2.13. Modo de acción de las RPCV .....	12
2.13.1. Fijación biológica de nitrógeno.....	13

2.13.2. Biosolubilización de fosfatos .....	14
2.13.3. Producción de fitohormonas.....	15
2.13.4. Mecanismos de biocontrol o antagonismo .....	17
2.14. Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal en hortalizas de hoja 18	
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
3.1. Ubicación del experimento.....	20
3.2. Localización geográfica del sitio experimental.....	20
3.3. Material biológico.....	20
3.4. Producción de plántula .....	20
3.5. Trasplante.....	20
3.6. Riego .....	21
3.7. Inoculación de microorganismos .....	21
3.8. Variables agronómicas evaluadas .....	21
3.8.1. Altura de planta .....	21
3.8.2. Número de hoja.....	22
3.8.3. Peso fresco .....	22
3.8.4. Peso seco .....	22
3.8.5. Largo y diámetro de raíz .....	22
3.8.6. Variable microbiológica evaluada.....	22
3.9. Manejo integrado de plagas.....	22
3.10. Descripción de los tratamientos.....	23
3.11. Diseño experimental y análisis estadístico .....	23
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>24</b>
<b>V. CONCLUSIÓN .....</b>	<b>30</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>31</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Composición nutricional de <i>Beta vulgaris</i> .....	5
<b>Cuadro 2.</b> Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal, efectos y cultivos donde se han evaluado.....	12
<b>Cuadro 3.</b> Principales géneros bacterianos solubilizadores de fosfato .....	15
<b>Cuadro 4.</b> Solución nutritiva aplicada al cultivo al 100% de Solución Steiner ..	21
<b>Cuadro 5.</b> Tratamientos evaluados en el cultivo de acelga ( <i>Beta vulgaris</i> var. Fordhook Giant) bajo condiciones de invernadero.....	23
<b>Cuadro 6.</b> Efecto de la inoculación de RPCV en la altura de la planta de acelga ( <i>Beta vulgaris</i> ) bajo condiciones de invernadero .....	24
<b>Cuadro 7.</b> Efecto de la inoculación de RPCV sobre el número de hojas de la planta de acelga ( <i>Beta vulgaris</i> ) bajo condiciones de invernadero .....	25
<b>Cuadro 8.</b> Efectos de la inoculación de RPCV en peso fresco y seco total en la planta de acelga ( <i>Beta vulgaris</i> ) bajo condiciones de invernadero .....	26
<b>Cuadro 9.</b> Efectos de la inoculación de RPCV en largo y diámetro de raíz en la planta de acelga ( <i>Beta vulgaris</i> ) bajo condiciones de invernadero .....	27
<b>Cuadro 10.</b> Número de colonias en la planta de acelga ( <i>Beta vulgaris</i> ) bajo condiciones de invernadero .....	28

## RESUMEN

La presente investigación se realizó dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo Coahuila. Durante el ciclo de primavera del 2022. Con el objetivo de evaluar la respuesta de los caracteres agronómicos en plantas de acelga con la inoculación de rizobacterias. El cultivo fue establecido bajo condiciones de invernadero. Se estableció un diseño experimental de bloques completos al azar. La unidad experimental consistió de 13 tratamientos con 3 repeticiones por tratamiento y 3 plantas por cada repetición. Se realizó una ANOVA y una prueba de comparación de medias LSD de Fisher ( $p < 0.05$ ) usando el programa INFOSTAT 2020. Los tratamientos utilizados estaban compuestos por los géneros *Enterobacter* sp, *Achromobacter* sp y *Pseudomonas* sp a una concentración de  $10^6$  UFC  $ml^{-1}$  con un volumen de 25 ml por planta. Las variables agronómicas evaluadas fueron, altura de planta, número de hoja, peso fresco, peso seco, largo de raíz, diámetro de raíz, además de estimar la concentración de UFC  $ml^{-1}$ . Las plantas inoculadas con *Enterobacter* sp, *Achromobacter* sp y *Pseudomonas* presentaron un incremento en las variables altura de planta, número de hoja, peso fresco y peso seco. Para largo y diámetro de raíz las bacterias *Enterobacter* sp 1, *Pseudomonas* sp 2, 7 y 8 presentaron un incremento en el sistema radicular. *Pseudomonas* sp 7 tuvo mayor concentración de UFC  $ml^{-1}$ . El uso de estos microorganismos en plantas de acelga favorece de manera positiva en las variables agronómicas como altura, número, longitud y peso de las hojas, así como también el rendimiento en  $kg/m^2$ .

**Palabras clave:** Inoculación, rizobacterias, rendimiento, acelga.

## I. INTRODUCCIÓN

La acelga es una hortaliza que brinda diversa producción a los horticultores, permitiendo mayor seguridad en la comercialización, por su calidad y rendimiento que ofrece al ser correctamente fertilizadas, para ventas nacionales e internacionales (Valverde y Miranda, 2018).

Ante la situación actual del incremento poblacional, la demanda de alimentos a estado en aumento por lo que la agricultura busca nuevas estrategias para producir en grandes cantidades de manera amigable con el medio ambiente (FAO, 2017). Es por ello que se han empleado estudios para el uso de microorganismos a base de biofertilizantes, generalmente consiste en preparaciones con células de cepas microbianas con funciones de fijar nitrógeno, solubilización del fosfato o promotoras de crecimiento vegetal, como una alternativa para la disminución del uso de fertilizantes químicos que deterioran los recursos (Nehra y Choudhary, 2015).

Glick (2012) menciona que las bacterias promotoras de crecimiento vegetal son localizadas en la rizosfera, es decir están asociadas a las raíces de las plantas, tienen como principal función mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas, además, brindan protección contra enfermedades y factores de estrés.

Según García y Magaña (2014) la acelga se adapta fácilmente en cada estación del año, tiene un ciclo muy corto, entre 60-80 días, se desarrolla en suelos arcillosos-arenosos. El uso de estos microorganismos en plantas de acelga favorecen de manera positiva en las variables agronómicas como altura, número, longitud y peso de las hojas, así como también el rendimiento el  $\text{kg}/\text{m}^2$  (Héctor *et al.*, 2020).

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

- Evaluar la respuesta de los caracteres agronómicos en plantas de acelga con la inoculación de rizobacterias.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Evaluar el efecto de un biofertilizante a base de rizobacterias en las variables agronómicas de un cultivo de acelga.
- Estimar la concentración de rizobacterias en la raíz de acelga

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Importancia del cultivo de la acelga**

Esta hortaliza brinda diversa producción a los horticultores, permitiendo mayor seguridad en la comercialización, por su calidad y rendimiento que ofrece al ser correctamente fertilizadas, para ventas nacionales e internacionales (Valverde y Miranda, 2018).

Su importancia radica en su fácil cultivo con alto valor nutricional ya que contiene grandes cantidades de vitamina A, lo cual ayuda en la visión y la piel; contiene altas concentraciones magnesio, calcio, potasio, fierro y fibra, con un sabor variado entre agradable a amargo (Flores, 2020).

El consumo en fresco de la acelga aumenta ligeramente en el mercado todo el año, tiene importancia en algunas zonas del litoral mediterráneo y del interior. En los últimos años ha tenido incremento en su producción (InfoAgro, 2018).

### **2.2. Origen y distribución**

La acelga tuvo su origen en la región Mediterráneo, esta región fue su centro de domesticación para el consumo de hojas, proceso que se dio en un inicio en el siglo IX a.C. entre los ríos Tigris y Éufrates (Flores, 2020). Los árabes fueron quienes domesticaron el cultivo por sus propiedades curativas y nutricionales siendo importante para los griegos (Núñez, 2016), mientras que los romanos no le dieron importancia por ser rustico y común en su época (Delgado, 2016).

### **2.3. Morfología de la planta**

Es considerada semi perenne, bianual y rebrote, tolera elevadas temperaturas, no forma fruto y se adapta a suelos salinos. Además, sus características dependen de la variedad a cultivarse (Julisa, 2021). Pertenece a la familia Chenopodiaceae también conocida por sus nombres comunes como, beterrada, betarraga, betabel, beteraba (Adrianzen, 2017 y Delgado, 2016).

### **2.3.1. Sistema radicular**

Raíz profunda y fibrosa.

### **2.3.2. Hojas**

Constituyen la parte comestible, grandes de forma oval: peciolo o penca ancha y larga, el color varia, según variedades, entre verde oscuro fuerte y verde claro.

### **2.3.3. Flores**

La inflorescencia está compuesta por una larga panícula. Las flores son sésiles y hermafroditas apareciendo solas o en grupos de dos o tres. El cáliz es de color verdoso, está compuesto por 5 sépalos y 5 pétalos.

### **2.3.4. Fruto**

Las semillas son pequeñas, encerradas en un pequeño fruto, contiene de 3 a 4 semillas.

### **2.3.5. Variedad cultivada**

La acelga variedad Fordhook Giant produce una planta grande de hojas verde oscuro y muy arrugada, con venas amplias de color blanco. Resistente al frío, los días a la madurez de esta variedad son de 55 a 60 días. Es muy apetecida en el mercado por su sabor y rendimiento (Hortalizas Bonanza, 2016).

### **2.3.6. Taxonomía**

Delgado (2016) presenta la siguiente clasificación taxonómica.

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Amaranthaceae

Género: *Beta*

Especie: *Beta vulgaris* L.

## 2.4. Valor nutricional

**Cuadro 1.** Composición nutricional de *Beta vulgaris*

Composición	Unidades de medida	Cantidades
Valor energético	Kcal	20
Contenido de agua	gr	90.06
Proteínas	gr	1.68
Grasas	gr	0.81
Carbohidratos	gr	9.96
Fibra	gr	0.8
Cenizas	gr	1.12
Otros componentes	mg	
Fósforo	mg	38
Calcio	mg	16
Hierro	mg	0.79
Vitamina A	UI	35
Niacina	mg	0.331
Riboflavina	mg	0.04
Tiamina	mg	0.027
Ácido ascórbico (vitamina c)	mg	3.6
Calorías	Kcal	44

Fuente: InfoAgro, 2018.

## 2.5. Producción mundial y principales países productores

FAO (2012) indica que la producción de acelga a nivel mundial, en el año 2011 fue de 284 231 615 toneladas, en el año 2012 la producción bajó a 280 587 575 toneladas. Rusia y Francia tuvieron bajas producciones en el 2012 mientras que Estados Unidos y Alemania aumentaron su producción aunque Rusia y Francia tuvieron bajas producciones siguen siendo los principales productores a nivel mundial.

## 2.6. Producción nacional

Las acelgas son una hortaliza que se encuentran en el mercado durante todo el año. En México se producen más de 12 mil toneladas anuales (SIAP, 2020).

### **2.6.1. Principales estados productores**

El estado de Puebla es el principal productor de acelga en México con 6,822 toneladas (40.8%), seguido por Tlaxcala con 1,788 toneladas (10.7%) y México con 1,459 toneladas (8.7%), por lo que estas 3 entidades representaron el 60.1% de la producción nacional. Puebla, México y Tlaxcala fueron los estados con mayor superficie cosechada, con 367, 104 y 99 hectáreas, respectivamente, es decir, el 38.4%, 10.8% y 10.3% del total nacional. Mientras que Sinaloa, Sonora y Durango tuvieron el mayor rendimiento promedio, con 22.7, 19.9 y 18.9 toneladas por hectárea (SIAP, 2020).

### **2.7. Agricultura, situación actual**

Según la FAO (2016) el aumento de la población trae consigo la alta demanda de los alimentos, siendo los países desarrollados los pioneros en la demanda de productos agrícolas. Se prevé que para el año 2050, será necesario un rendimiento de producción agrícola y ganadera mundial anual de 60% mayor, para poder satisfacer las necesidades alimentarias (Alexandratos y Bruinsma, 2012). Como consecuencia de esto, trae consigo la preocupación de la calidad de los cultivos, los consumidores buscan alimentos más ricos en nutrientes minerales y antioxidantes, ya que representan alta calidad y reducen el riesgo de enfermedades que podrían presentarse (Timmusk *et al.*, 2017). Kong *et al.*, (2018) menciona que los cultivos de alta calidad son mucho más rentables en comparación a los convencionales, desafortunadamente los métodos que hoy en día existen para mejorar la calidad de los cultivos agrícolas se limitan a la producción bajo un régimen de fertilización y prácticas agrícolas tradicionales.

Las prácticas agrícolas convencionales que se realizan actualmente, como el uso excesivo de fertilizantes químicos, pesticidas y el monocultivo para la mayoría de los cultivos provocan un deterioro en la calidad de los ecosistemas agrícolas, tales como el suelo, recurso valiosamente para la producción de alimentos así como también consecuencias para la salud humana (Hartman *et al.*, 2018).

Con base a esto se han buscado estrategias, como la agricultura sustentable que consiste en aprovechar al máximo el potencial biológico de las plantas y microorganismos presentes en el suelo para disminuir el uso excesivo de los agroquímicos (Creus, 2017).

## **2.8. Agricultura Orgánica**

La agricultura orgánica tiene como objetivo utilizar al máximo los recursos del suelo así como la actividad biológica presente, esto con el fin de minimizar el uso de fertilizantes y plaguicidas sintéticos que afectan al medio ambiente y a la salud humana (FAO, 2017).

Busca una estrategia de equilibrio entre el desarrollo agropecuario y los componentes del ecosistema. Generalmente se basa en utilizar de manera sustentable los recursos disponibles como: tierra, clima, agua, animales, vegetación nativa y endémica. Reduce la pérdida de nutrientes, biomasa, energía y evita la contaminación (Vargas, 2019).

Lernoud y Willer (2017) mencionan que en el ámbito mundial, México ocupa el lugar 17 en cuanto a superficie de producción orgánica con 501 364 ha, es el país con mayor diversidad de cultivos producidos en sistema orgánicos, con alrededor de 81 cultivos. Los principales estados productores orgánicos son Chiapas (119,240 ha, el 32 % de la superficie agrícola orgánica en México), Oaxaca (64,495 ha, el 17 %), Michoacán (48,717 ha, el 13 %), Guerrero (18,307 ha, el 5 %), Tabasco (17,305 ha, el 5 %), Veracruz (14,814 ha, el 4 %), y otros (59,732 ha, 16 %).

Los géneros más estudiados para fines de uso agrícola son: El género *Pseudomonas* spp se utiliza principalmente para mejorar el crecimiento y rendimiento de los cultivos (Mohamed y Gomaa, 2012). *Brevibacillus* spp., este género aumenta el crecimiento y biomasa de las plantas, también hace posible la resistencia contra metales pesados (Ruiz-Lozano y Azco, 2011), *Bacillus* spp, tiene un gran potencial en aumentar el crecimiento de las plantas y eliminar enfermedades (Gowtham *et al.*, 2018). *Azotobacter*, este género tiene una gran

importancia agronómica mundial, ya que aporta a los cultivos hasta un 50% de Nitrógeno mediante la fijación asociativa del elemento (León *et al.*, 2012).

## **2.9. Biofertilizante**

Jacoby *et al.*, (2017) menciona que las plantas están en constante relación con su entorno, principalmente con el suelo, donde se encuentra una alta gama de poblaciones microbianas. Los suelos con mayores concentraciones de materia orgánica (>2%), cuentan con una mayor población y diversidad de microorganismos, principalmente por bacterias, actinomicetos, hongos y algas, cuya función está relacionada con la fertilidad y estabilidad del recurso edáfico.

Lo cual el suelo puede llegar a poseer una población de  $10^8$  hasta  $10^9$  de células bacterianas por gramo. La diversidad microbiana de los suelos se evalúa en más de  $10^5$  especies, involucradas tanto en el ciclaje de los nutrientes, descomposición de la materia orgánica, fotosíntesis, biorremediación y el control de fitopatógenos (Santos-Villalobos *et al.*, 2018).

Esto ha propiciado el uso de las RPCV como ingredientes activos de los biofertilizantes, que son bioformulados a base de microorganismos vivos, son aplicados de manera foliar, en riego o directamente al suelo, promueven el buen desarrollo y crecimiento de las plantas, a través de mecanismos directos e indirectos. Los géneros más usados para la producción de los biofertilizantes son *Rhizobium*, *Bacillus* y *Pseudomonas* (Santoyo *et al.*, 2019).

Según Grageda-Cabrera *et al.*, (2018) hoy en día los biofertilizantes se emplean de manera muy exitosa en muchos países desarrollados, mientras que en países en vías de desarrollo su uso por el sector agrícola está muy limitado por la falta de conocimiento sobre su manejo adecuado.

Los biofertilizantes son ampliamente aceptados internacionalmente, diversas investigaciones han demostrado diversas ventajas en el campo. Por ejemplo, en México su uso sobre el desarrollo, innovación en los cultivos han hecho posible su validación (Trujillo-Roldan *et al.*, 2013). La investigación realizada por los mismos autores usando *Azospirillum brasilense* lograron un incremento del 70%

en el peso de la biomasa aérea en el maíz y 95% en el incremento de biomasa en las mazorcas en comparación con un fertilizante sintético. Por ello es muy importante difundir información científica sobre el correcto uso de estos biofertilizantes.

### **2.10. Rizosfera**

La rizosfera se considera como la capa de suelo sumamente estudiada, debido a que en ella se encuentran presentes diferentes tipos de microorganismos como los hongos, nemátodos, protozoos, algas y bacterias, las cuales interactúan entre sí con la planta y suelo (Maheshwari, 2011). Se nutren de los exudados radicales y otorgan beneficios al establecimiento y desarrollo de las plántulas (Álvarez *et al.*, 2013).

En la rizosfera se originan procesos de intercambio catiónico, absorción de nutrientes y producción de exudados por parte de la raíz (Reyes, 2011; Marrero *et al.*, 2015).

### **2.11. Uso de microorganismos eficientes (ME) promotores de crecimiento**

Los microorganismos eficientes consisten en productos formulados líquidos que contienen más de 80 especies de microorganismos, pueden ser aeróbicas, anaeróbicas o incluso especies fotosintéticas cuyo objetivo principal es que pueden coexistir como comunidades microbianas e incluso pueden completarse (Tanya y Leiva, 2019).

Ramírez (2018) menciona que los microorganismos eficientes son conocidos como inoculantes microbianos, que favorecen el equilibrio microbiológico del suelo, como las condiciones físico-químicas, incrementando la producción de los cultivos. Estos microorganismos al entrar en contacto con la materia orgánica, secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales, quelatados y antioxidantes, además mejoran el equilibrio natural del suelo y suprimen las enfermedades presentes (Panduro, 2021).

## **2.12. Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal**

Son aquellas que habitan en las raíces de las plantas, favorecen el crecimiento y desarrollo de manera indirecta o directamente, estas poseen acciones complejas que interactúan entre sí para establecer relaciones benéficas (Hernández *et al.*, 2011). Desempeñan funciones muy importantes para las plantas como la producción de reguladores del crecimiento vegetal, disminuir o prevenir los efectos que causan microorganismos fitopatógenos (Espinosa *et al.*, 2017).

Molina-Romero *et al.*, (2015) menciona que son capaces de la solubilización de fosfato y la fijación de nitrógeno. El uso de estos inóculos ha tenido importancia y ventaja en la agricultura protegida ya que se han realizado estudios donde se demuestra el efecto positivo en la germinación de las semillas y la fenología de los cultivos (Espinosa *et al.*, 2017), como también una mejor calidad de los frutos (González *et al.*, 2018).

Los géneros más estudiados son:

### **2.12.1. *Pseudomonas* sp**

Este género estimula la germinación de las semillas y la emergencia de las plántulas mediante la síntesis de hormonas vegetales y vitaminas, al realizar la inhibición del etileno y disolver el fosforo inorgánico desempeñan un papel positivo y beneficioso directo al hacer frente enfermedades causadas por patógenos en las plantas (Cano, 2011). Además Pérez *et al.*, (2014) menciona que el género *Pseudomonas* sp es considerado una de las bacterias como agente de biocontrol contra fitopatógenos, es un bacilo Gram Negativo, abarca más de cien especies. Trabajan con mecanismos directos e indirectos en la planta. Algunos mecanismos directos son el secuestro de hierro, este elemento no puede ser asimilado por bacterias ni por las plantas, por lo que existen bacterias capaces de realizar este trabajo, comúnmente llamado síntesis de sideróforos, una de ellas es *Pseudomonas fluorescences* que facilita la toma de hierro. En general las características del género *Pseudomonas* es mejorar el crecimiento y rendimientos de los cultivos (Mohamed y Gomaa, 2012).

### **2.12.2. *Enterobacter* sp**

Es un bacilo Gram-negativo perteneciente a la familia Enterobacteriaceae, que se ha aislado del suelo, el agua y los alimentos. Actúan de manera beneficiosa o dañina para las plantas en las que viven (Lau *et al.*, 2013). La inoculación de este género en los cultivos incrementa la germinación, número de pelos absorbentes, número de raíces, altura, biomasa radical, biomasa área, así como también en la concentración de fósforo y nitrógeno (Hernández *et al.*, 2015).

**Cuadro 2.** Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal, efectos y cultivos donde se han evaluado

RPCV	Efecto	Cultivos
<i>Azospirillum</i> spp., <i>Azotobacter</i> spp., <i>Bacillus</i> spp., <i>Burkholderia</i> spp., <i>Gluconacetobacter</i> spp., <i>Herbaspirillum</i> spp.	Biofertilización Fijan N <sub>2</sub>	Maíz, arroz, trigo, sorgo
<i>Bacillus</i> spp., <i>Pseudomonas</i> spp., <i>Streptomyces</i> spp., <i>Paenibacillus</i> spp., <i>Enterobacter</i> spp., <i>Azospirillum</i> spp.	Biocontrol (enfermedades, patógenos e insectos)	Tomate, tabaco, pepino, pimiento morrón, maní, alfalfa, garbanzo, frijol, ciruelo.
<i>Methylobacterium</i> spp., <i>Bacillus</i> spp., <i>Alcaligenes</i> spp., <i>Pseudomonas</i> spp., <i>Variovorax</i> spp., <i>Enterobacter</i> spp., <i>Azospirillum</i> spp., <i>Rhizobium</i> spp., <i>Klebsiella</i> spp.	Elongación, crecimiento	Nabo, clavel, canola, soya, frijol, maíz, judías, chicharos.
<i>Aeromonas</i> spp., <i>Agrobacterium</i> spp., <i>Alcaligenes</i> spp., <i>Azospirillum</i> spp., <i>Bradyrhizobium</i> spp., <i>Comamonas</i> spp., <i>Enterobacter</i> spp., <i>Rhizobium</i> spp., <i>Paenibacillus</i> spp., <i>Pseudomonas</i> spp., <i>Bacillus</i> spp.	Productoras de fitohormonas [ácido-3-indol-acético (AIA), citoquininas, giberelinas]	Arroz, lechuga, trigo, soya, rábano, colza, aliso

Fuente: Parray *et al.*, (2016).

### 2.13. Modo de acción de las RPCV

Existen varios mecanismos utilizados por las RPCV para mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas en diversas condiciones ambientales. Etesami y Maheshwari (2018) mencionan que los mecanismos de acción de las RPCV

podrían aliviar el estrés abiótico en las plantas. Por lo tanto las rizobacterias funcionan como biofertilizantes, bioestimuladores y bioprotectores.

### **2.13.1. Fijación Biológica de Nitrógeno**

El nitrógeno (N) es un elemento esencial para todas las formas de vida; es indispensable para la síntesis de ácidos nucleicos, proteínas y otros compuestos orgánicos nitrogenados. La fijación de este elemento (N) la realiza un grupo de bacterias simbióticas (como rizobios formadores de nódulos de la raíz) y diazótrofos no simbióticos de vida libre (Ángel *et al.*, 2018).

Paredes (2013) menciona que el ciclo de este elemento en el suelo representa una parte del ciclo total en la naturaleza. La disponibilidad es de gran importancia para las plantas, fundamental para la nutrición vegetal; las plantas lo absorben en forma de Nitrato de ( $\text{NO}_3^-$ ) o Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) que utilizan en la síntesis de proteínas y de otros compuestos orgánicos vegetales.

Las bacterias que fijan el N atmosférico en amonio, biológicamente, se denominan diazotróficas. Entre los cuales se encuentra un amplio rango de Arqueas y bacterias que colonizan a diferentes especies vegetales, en una amplia variedad de ecosistemas (Moreno *et al.*, 2018). Entre las bacterias procariontas rizosféricas simbióticas que fijan N es asociación con las leguminosas, se encuentra el grupo rhizobia, por ejemplo *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Azorhizobium*, *Mesorhizobium*, y *Allorhizobium* (Noumavo *et al.*, 2016).

Lindstrom y Mousivi (2019) afirma que la relación Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN) entre rizobios y leguminosas es una simbiosis asociativa en la que se benefician tanto las plantas como las bacterias ya que los rizobios son alojados y suministrados con fuentes de carbono por las leguminosas, mientras que las leguminosas reciben amoniaco adecuado por los rizobios.

### **2.13.2. Biosolubilización de Fosfatos**

Castagno *et al.*, (2011) mencionan que el fósforo (P) es el segundo elemento importante después del N, fundamental para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Las funciones de este elemento en las plantas es acelerar la maduración, promueve la producción de semillas, es importante en numerosos procesos metabólicos como la biosíntesis de glúcidos y lípidos, y la síntesis de clorofila y carotenoides (Estrada *et al.*, 2011).

Goswani *et al.*, (2016) aseguran que algunas RPCV, especialmente las Bacterias Solubilizadoras de Fosfato (BSF), solubilizan los fosfatos insolubles de los suelos y los hacen disponibles para las plantas. También es importante mencionar que algunos microorganismos además de solubilizar el fosfato, también son capaces de presentar otras actividades de promoción vegetal como la producción de AIA, ácido giberélico, cianuro de hidrógeno (HCN), citoquininas, etileno, fijación asimbiótica de N y resistencia ante patógenos (Beltrán, 2014).

Según Faria *et al.*, (2013) las BSF son capaces de mineralizar el fosfato orgánico insoluble a través de la excreción de enzimas extracelulares como las fosfatasas – catalizadoras de la hidrólisis de ésteres fosfóricos – fitasas y C-P liasas. Una de las grandes ventajas al realizar la inoculación con BSF es el aumento de la disponibilidad de P en la rizosfera y su absorción por la planta. Con el uso de estos microorganismos se podría reducir hasta un 50% de fertilizante de P sin afectar el rendimiento de los cultivos (Tahir y Aqeel, 2013).

**Cuadro 3.** Principales géneros bacterianos solubilizadores de fosfato

<b>BFS</b>		
<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>Agrobacterium</i>	<i>Kitasatospora</i>	<i>Rhodococcus</i>
<i>Arthrobacter</i>	<i>Klebsiella</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>Chryseobacterium</i>	<i>Pantoea</i>	<i>Thiobacillus</i>
<i>Delftia</i>	<i>Phyllobacterium</i>	<i>Yarrowia</i>
<i>Enterobacter</i>	<i>Pseudomonas</i>	

BFS = Bacterias Solubilizadores de Fosfato. Fuente: Beltrán, (2014).

### **2.13.3. Producción de Fitohormonas**

Saharan y Nehra (2011) mencionan que las fitohormonas son conocidas por sus principales funciones de estimular o inhibir el crecimiento de las plantas, actualmente se conocen cinco grupos: auxinas, citoquininas, giberelinas, etileno y el ácido abscísico. Son compuestos orgánicos eficaces por lo que son sintetizados en una parte de la planta y son transportados a otra parte. Causan respuestas fisiológicas como el crecimiento, desarrollo o maduración de los frutos.

#### **Auxinas**

Lucas Carrillo (2020) menciona que la auxina es la fitohormona más estudiada, especialmente el Ácido Indol Acético (AIA) producida por las rizobacterias, estas favorecen el crecimiento del tallo, hojas, raíces y frutos. Controla los procesos de crecimiento vegetativo; inicia la formación de raíces laterales y adventicias, mediante las respuestas a la luz, la gravedad y fluorescencia. Taringa (2019)

afirma que las concentraciones más altas de auxina se encuentran en las regiones meristemáticas del crecimiento activo.

Mientras que Barrios y Ramírez (2019) corroboran que el modo de acción de la auxina son las siguientes:

- Elongación celular: aumento en el tamaño de la célula, tejido, órgano.
- Fototropismo: respuesta a flujos direccionales o gradientes de luz.
- Iniciación de raíces: formación de raíces en segmentos cortados de tallos.
- Producción de etileno: formación etileno en órganos intactos-cortados.
- Desarrollo de frutos: tamaño y patrón de crecimiento por alargamiento.

Los organismos conocidos como capaces de sintetizar el AIA son *Acetobacter*, *Azospirillum*, *Alcaligenes*, *Enterobacter*, *Mycobacterium*, *Microbacterium*, *Rhizobium*, *Pseudomonas*, *Shingomonas* y *Xanthomonas*. Estos géneros sintetizan el AIA, por la vía de indol-3 ácido pirúvico, la indol 3-acetonitrilo, la triptamina y la del indol-3-acetamida.

### Citoquininas

Las citoquininas son hormonas vegetales que favorecen o estimulan la división celular para la formación de órganos como raíz, hojas, flores y el fruto. Estas son producidas en las zonas de crecimiento como por ejemplo en la punta de las raíces. También son producidos en los tejidos embrionarios. Su forma de transporte es por vía acropétala, a través del follaje o de las raíces (InfoAgro, 2017).

### Giberelinas

González (2021) afirma que las giberelinas son sintetizadas en los primordios apicales de las hojas así como también en las puntas de las raíces y en semillas en desarrollo. El movimiento en esta hormona es llamado acipetalo y se realiza

mediante el tallo, su principal función es aumentar la tasa de división celular (mitosis). El mismo autor menciona que esta hormona ha sido aislada de los exudados de la xilema.

Cerezo Martínez (2021) confirma que los efectos de las Giberelinas en las plantas son:

- Aumentan a menudo la plasticidad de la pared celular.
- Estimula el crecimiento de las yemas.
- Estimulan el crecimiento de hojas y de frutos.
- Estimulan la división celular.
- Estimulan la floración.
- Estimulan la germinación y la brotación de yemas, al suprimir la inhibición causada por procesos de dormancia.
- Producen el alargamiento de entrenudos.
- Promueve la germinación de semillas.
- Promueven el crecimiento celular debido a que incrementan la hidrólisis de almidón, fructanos y sacarosa, originando moléculas de fructuosa y glucosa.
- Retrasa la senescencia en hojas u frutos.

#### **2.13.4. Mecanismos de biocontrol o antagonismo**

Según Molina-Romero *et al.*, (2015) en la rizosfera habitan microbios causantes de enfermedades lo que provoca la gran pérdida de los cultivos. Para esto se ha estudiado a diferentes microorganismos capaces de eliminar de forma natural a los fitopatógenos mediante la producción de metabolitos secundarios, no se requieren en grandes cantidades para llevar a cabo su función a diferencia de los plaguicidas que si se requieren en grandes cantidades.

Las RPCV tienen la capacidad de prevenir o eliminar el desarrollo de fitopatógenos presentes en el suelo, manteniendo el nivel de microbios deletéreos por debajo del umbral (Moreno *et al.*, 2018). El mismo autor también menciona que estas producen antibióticos, compuestos orgánicos volátiles

antimicrobianos (COV) y enzimas hidrolíticas, sideróforos o bacteriocinas. Generalmente se han caracterizado diferentes moléculas producidas por bacterias antagónicas Gram negativas capaces de ejercer biocontrol contra patógenos causantes de enfermedades de la raíz (Molina-Romero *et al.*, 2015).

Moreno *et al.*, (2018) mencionan que las rizobacterias son un excelente grupo de patógenos saprofitos, no parásitos, que excretan exopolisacáridos y sustancias químicas en forma de cianuro, fitohormonas, sideróforos y fitotoxinas que afectan de manera negativa el metabolismo de las plantas, este grupo de microorganismos se ha utilizado como un agente de control de la maleza. Un claro ejemplo es el estudio que se realizó sobre huertos de mango donde se destaca que los sideróforos producidos por *Burkholderia cepacia* XXVI, resultaron una alternativa de biocontrol del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* que es causante de antracnosis en respectivo cultivo.

#### **2.14. Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal en hortalizas de hoja**

El uso de estos microorganismos en plantas de acelga favorecen de manera positiva en las variables agronómicas como altura, número, longitud y peso de las hojas, así como también el rendimiento el km/m<sup>2</sup> (Héctor *et al.*, 2020). En la investigación realizados por Vaca (2022) menciona que la inoculación de *A. brasilensis* aumenta el área foliar de la acelga.

En el estudio realizado por Stoll *et al.*, (2018) en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) donde se inoculó cepas bacterianas, como resultado se incrementó significativamente en el peso fresco de la planta en comparación con el testigo no inoculado, pues se obtuvo un 30% más de peso fresco, mientras que Sánchez *et al.*, (2014) evaluaron una sinergia de cepas bacterianas en planta de lechuga (*Lactuca sativa*), en esta investigación se obtuvo un 102% más de materia seca en comparación con el tratamiento químico.

Según Aponte *et al.*, (2017) el consorcio de los géneros *Microbacterium* spp., y *B. mycoides* inducen y aceleran la germinación de semillas de la lechuga,

mientras que los géneros *Azotobacter spp.*, y *T. harzianum* y *E. aerogenes* estimulan su crecimiento, desarrollo y rendimiento (Sánchez *et al.*, 2018). En la investigación de Maccarrone *et al.*, (2016) demostraron un incremento en el desarrollo radicular en las plantas de lechuga mediante la inoculación de  $1 \times 10^7$  UFC/ml de la cepa de *Bacillus* dicho inoculo se realizó en el suelo y en las hojas.

Vivancio *et al.*, (2016) menciona que al inocular RPCV en plántulas de brócoli, incrementan su longitud y grosor, esto se debe a que las bacterias que están asociadas a la rizosfera del brócoli producen fitohormonas como AIA, sobretodo incrementan la fijación nitrógeno y la solubilización de fosfatos.

Según Reyes J., (2014) el consorcio de *R. etli* y *A. chroococcum* en la espinaca (*S. oleracea*) incrementa una mayor longitud de hojas y longitud de la raíz en comparación con el control. Respecto al área foliar también se observó una mayor longitud en la coinoculación en comparación al control. La misma autora menciona que el promedio de peso seco aéreo, el promedio de peso radicular y peso seco total se incrementó una mayor longitud a los 20, 30 y 40 días después de ser inoculado las géneros antes mencionados.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación del experimento

La investigación se realizó en un invernadero, ubicado en el Departamento de Horticultura en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Buenavista Saltillo, Coahuila, México, de febrero a junio del 2022.

#### 3.2. 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.

#### 3.3. Material biológico

Para el experimento se utilizó la semilla de la acelga (*Beta vulgaris* var. Fordhook Giant). Esta variedad es productor abundante de hojas incluso en heladas ligeras, adaptada al cultivo para todo el año, crece con rapidez (Núñez, 2016).

#### 3.4. Producción de plántula

Para la germinación primero se realizó la desinfección de las semillas en el laboratorio dejándolas secar por 24 horas, posteriormente se hizo la imbibición de las rizobacterias, dejándolas por 4 horas. Se utilizaron 2 charolas de unicel que fueron llenados con peat moss, se humedeció previamente. Enseguida se colocaron las semillas en las charolas a una profundidad de 5 cm, se llevaron al invernadero. Los primeros riegos se realizaron con Solución Steiner con un volumen de 25 ml hasta 1000 ml conforme al ciclo fenológico del cultivo.

#### 3.5. 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.

### 3.6. Riego

A los tres días del trasplante se inició el riego aplicando Solución Steiner (Steiner, 1984) al 100% de su concentración. A continuación, se presenta el Cuadro 4 con la solución nutritiva usada para riego, mezclando las sales en 200 L de agua.

**Cuadro 4.** Solución nutritiva aplicada al cultivo al 100% de Solución Steiner

Fertilizante	Formulación	Cantidad
Nitrato de Potasio	KNO <sub>3</sub>	8.1 gr
Sulfato de Potasio	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	26 gr
Cloruro de Potasio	KCL	22.4 gr
Ácido Fosfórico	H <sub>3</sub> PO <sub>3</sub>	13.65 ml
Ácido Nítrico	HNO <sub>3</sub>	40 ml
Ácido Sulfúrico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4.9 ml

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.

### 3.7. Inoculación de microorganismos

La inoculación de las rizobacterias se aplicó a una concentración de 10<sup>6</sup> 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.

### 3.8. Variables agronómicas evaluadas

#### 3.8.1. Altura de planta

El procedimiento para la medición de altura de la planta consistió en medir desde la base del tallo hasta la parte apical de la planta (cm), con una cinta métrica.

### **3.8.2. Número de hoja**

Para el número de hojas, se contaron las hojas que tenían 20 cm de longitud de cada planta.

### **3.8.3. Peso fresco**

Para peso fresco se pesó la planta con una báscula semi analítica (marca OHAUS modelo Cs).

### **3.8.4. Peso seco**

Se colocaron las plantas en bolsas estraza, posteriormente se llevaron a una estufa de secado a 60°C durante 48 horas, finalmente se obtuvo el peso seco con una báscula semi analítica (marca OHAUS modelo Cs).

### **3.8.5. Largo y diámetro de raíz**

Para la medición de largo y diámetro de raíz se lavaron las raíces para eliminar el sustrato adherido enseguida se tomaron las medida con la ayuda de una cinta métrica.

### **3.8.6. Variable microbiológica evaluada**

Para el aislamiento de bacterias se llevó a cabo en raíces (rizosfera) de plantas de acelga. Se eliminó el sustrato adherido a las raíces lavando con agua, posteriormente se realizaron cortes de raíces secundarias (1 cm) las cuales fueron lavadas con agua destilada. De cada planta se tomaron 3 muestras, enseguida se colocaron en tubos (12 x 75 mm) con tapones de rosca que contenían 10 ml de NaCl al 0,85% previamente esterilizado. Los tubos se incubaron a 30°C durante 24 horas, posteriormente se realizaron diluciones hasta  $10^{10}$  UFC/ml. Las diluciones se sembraron en el medio Reni.

## **3.9. Manejo integrado de plagas**

En lo que respecta al control de plagas se usó el producto Brálic formulado a base de extracto de ajo, altamente eficaz contra insectos chupadores, la dosis usada fue de 1 ml por 1 L de agua, aplicándose vía foliar.

### 3.10. Descripción de los tratamientos

**Cuadro 5.** Tratamientos evaluados en el cultivo de acelga (*Beta vulgaris* var. Fordhook Giant) bajo condiciones de invernadero

	Descripción
<b>Fertilización</b>	Solución Steiner
<b>Tratamientos</b>	
T	Testigo
1	<i>Enterobacter</i> sp 1
2	<i>Enterobacter</i> sp 2
3	<i>Achromobacter</i> sp
4	<i>Pseudomonas</i> sp 1
5	<i>Pseudomonas</i> sp 2
6	<i>Pseudomonas</i> sp 3
7	<i>Pseudomonas</i> sp 4
8	<i>Pseudomonas</i> sp 5
9	<i>Pseudomonas</i> sp 6
10	<i>Pseudomonas</i> sp 7
11	<i>Pseudomonas</i> sp 8
12	<i>Pseudomonas</i> sp 9

### 3.11. Diseño experimental y análisis estadístico

Se estableció un diseño experimental de bloques completos al azar. La unidad experimental consistió de 12 tratamientos con 3 repeticiones por tratamiento y 3 plantas por cada repetición, más el testigo, con un total de 117 plantas. Se realizó una ANOVA y una prueba de comparación de medias LSD de Fisher ( $p < 0.05$ ) usando el programa INFOSTAT 2020.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Cuadro 6.** Efecto de la inoculación de RPCV en la altura de la planta de acelga (*Beta vulgaris*) bajo condiciones de invernadero

Tratamiento	Altura de Planta (cm)					
	1	2	3	4	5	6
T	4.27 d	10.19 a	16.91 a	32.39 c	3.66 c	18.22 abc
<i>Enterobacter</i> sp 1	5.10 bc	10.19 a	18.67 a	36.94 a	4.29 bc	18.28 abc
<i>Enterobacter</i> sp 2	5.06 bcd	10.42 a	18.15 a	35.93 abc	4.52 ab	17.28 bc
<i>Achromobacter</i>	5.16 abc	10.95 a	19.44 a	35.78 abc	4.53 ab	18.72 abc
<i>Pseudomonas</i> sp 1	5.18 abc	10.00 a	18.78 a	36.34 ab	4.65 ab	16.44 c
<i>Pseudomonas</i> sp 2	5.97 a	10.63 a	18.77 a	35.43 abc	5.24 a	20.22 abc
<i>Pseudomonas</i> sp 3	5.37 abc	10.17 a	18.37 a	33.06 bc	4.81 ab	18.50 abc
<i>Pseudomonas</i> sp 4	5.12 bc	10.02 a	18.55 a	37.11 a	4.51 ab	21.50 abc
<i>Pseudomonas</i> sp 5	4.92 bcd	9.82 a	18.09 a	34.80 abc	4.33 bc	22.83 ab
<i>Pseudomonas</i> sp 6	5.41 abc	10.64 a	17.86 a	36.15 ab	4.75 ab	23.56 a
<i>Pseudomonas</i> sp 7	5.69 ab	10.59 a	19.26 a	36.21 ab	4.79 ab	19.44 abc
<i>Pseudomonas</i> sp 8	4.87 bcd	9.88 a	18.79 a	33.71 abc	4.25 bc	18.06 abc
<i>Pseudomonas</i> sp 9	4.74 cd	9.20 a	17.53 a	35.22 abc	4.11 bc	20.22 abc

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ; LSD Test).

En el Cuadro 6, se encuentra la variable Altura de planta, en el primer muestreo, se encontró que las plantas inoculadas con las bacterias *Pseudomonas* sp 2 incrementan dicha variable en 39.81% y en *Pseudomonas* sp 7 (33.25%). En el segundo y tercero no hay diferencias significativas. En el 4 las plantas que fueron inoculadas con *Enterobacter* sp 1 (14.05%), *Pseudomonas* sp 1 (12.19%), *Pseudomonas* sp 4 (14.57%), 6 (11.60%) y 7 (11.80). En el muestreo 5 *Enterobacter* sp 2 (23.50%), *Achromobacter* sp (23.78%), *Pseudomonas* sp 1 (27.05%), *Pseudomonas* sp 2 (43.16%), *Pseudomonas* sp 3 (31.16%), *Pseudomonas* sp 4 (23.22%), *Pseudomonas* sp 6 (29.78%) y *Pseudomonas* sp 7 (30.87%). En el muestreo 6 *Pseudomonas* sp 5 (25.30%) y 6 (29.30%) presentaron una altura mayor en comparación al testigo. Kumar *et al.* (2019) al utilizar una mezcla de RPCV en concentración de  $5.52 \times 10^7$  UFC g<sup>-1</sup> obtuvieron

una altura de planta de 40.1 cm, resultado que se acerca a los resultados obtenidos en esta investigación en el cuarto muestreo. El incremento en altura se debe a que las RPCV utilizadas tienen la capacidad de producir Acido Indol Acético, porque indujeron mayor crecimiento en plantas de acelga (Lucas, 2020).

**Cuadro 7.** Efecto de la inoculación de RPCV sobre el número de hojas de la planta de acelga (*Beta vulgaris*) bajo condiciones de invernadero

Tratamiento	Número de Hojas					
	1	2	3	4	5	6
T	6.22 abc	9.00 c	10.89 b	22.00 c	6.67 b	15.33 a
<i>Enterobacter</i> sp 1	7.11 abc	12.44 abc	16.22 ab	30.33 abc	8.00 ab	13.00 ab
<i>Enterobacter</i> sp 2	8.00 ab	13.56 ab	16.89 a	28.89 abc	7.00 ab	11.89 ab
<i>Achromobacter</i>	7.22 abc	11.11 bc	14.55 ab	30.56 abc	8.33 ab	11.56 ab
<i>Pseudomonas</i> sp 1	5.67 bc	10.33 bc	14.00 ab	26.78 abc	6.89 ab	10.56 b
<i>Pseudomonas</i> sp 2	7.44 abc	12.67 abc	17.78 a	34.00 ab	8.78 a	13.66 ab
<i>Pseudomonas</i> sp 3	5.33 c	10.00 bc	13.33 ab	32.78 ab	6.11 ab	11.78 ab
<i>Pseudomonas</i> sp 4	7.11 abc	11.11 bc	14.00 ab	24.78 bc	6.89 ab	14.33 ab
<i>Pseudomonas</i> sp 5	7.78 abc	12.00 abc	15.44 ab	26.56 abc	8.00 ab	13.56 ab
<i>Pseudomonas</i> sp 6	5.34 c	9.56 c	13.78 ab	32.00 ab	8.11 ab	14.22 ab
<i>Pseudomonas</i> sp 7	7.11 abc	11.78 abc	15.67 ab	28.00 abc	5.67 b	12.89 ab
<i>Pseudomonas</i> sp 8	7.11 abc	12.78 abc	17.22 a	35.00 a	7.33 ab	12.67 ab
<i>Pseudomonas</i> sp 9	8.44 a	15.33 a	18.78 a	32.78 ab	7.44 ab	11.67 ab

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ; LSD Test).

En el Cuadro 7, se encuentra el Número de Hojas, las plantas que fueron inoculadas con bacterias *Enterobacter* sp 2 (28.61%) y *Pseudomonas* sp 9 (35.70). En el 2, *Enterobacter* sp 2 (50.67%), *Pseudomonas* sp 9 (70.33%). En el

3, las plantas que fueron inoculadas con *Enterobacter* sp, *Achromobacter* sp, *Pseudomonas* sp influyeron en el incremento de número de hojas, siendo *Pseudomonas* sp 9 (72.45%) el mejor. En el 4, *Pseudomonas* sp 2 (54.54%), *Pseudomonas* sp 3 (49.00%), *Pseudomonas* sp 6 (45.45%), *Pseudomonas* sp 8 (59.10%), *Pseudomonas* sp 9 (49.00%). En el 5, todos los géneros presentaron diferencias significativas en comparación al testigo, excepto *Pseudomonas* sp 7 (85.00%) que no influyo en el número de hojas. En el muestreo 6, *Enterobacter* sp, *Achromobacter* sp, *Pseudomonas* sp influyeron un incremento en el número de hoja, en tanto, *Pseudomonas* sp 1 (68.89%) fue inferior a las plantas testigo. Las plantas que fueron inoculadas con *Pseudomonas* sp 9 en todos los muestreos mostraron diferencias significativas en el número de hojas. Espinosa-Palomeque *et al.*, (2019) menciona que al inocular *Pseudomona pili* + SN 100% obtuvieron un incremento en el número de hojas de 32.00, resultados similares del muestreo 4 en esta investigación. Cerezo Martínez (2021) afirma que las RPCV tienen la capacidad de producir Giberelinas ya que estimulan el crecimiento de las hojas. Los resultados obtenidos en esta investigación indican que una mayor altura trae consigo un incremento en el número de hojas.

**Cuadro 8.** Efectos de la inoculación de RPCV en peso fresco y seco total en la planta de acelga (*Beta vulgaris*) bajo condiciones de invernadero

Tratamiento	Peso fresco	Peso seco
T	585.50 b	32.33 ab
<i>Enterobacter</i> sp 1	767.83 a	31.67 ab
<i>Enterobacter</i> sp 2	832.00 a	28.50 ab
<i>Achromobacter</i> sp	743.50 a	27.00 ab
<i>Pseudomonas</i> sp 1	696.17 ab	28.83 ab
<i>Pseudomonas</i> sp 2	817.17 a	24.33 b
<i>Pseudomonas</i> sp 3	754.17 a	32.50 ab
<i>Pseudomonas</i> sp 4	761.50 a	35.00 a
<i>Pseudomonas</i> sp 5	749.33 a	25.33 b
<i>Pseudomonas</i> sp 6	765.50 a	26.50 ab
<i>Pseudomonas</i> sp 7	773.67 a	29.83 ab
<i>Pseudomonas</i> sp 8	744.50 a	28.50 ab
<i>Pseudomonas</i> sp 9	722.50 ab	26.33 ab

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ; LSD Test).

En el Cuadro 8, se encuentra Peso Fresco y Seco, para la variable peso fresco se encontró que las plantas inoculadas con los tres géneros *Enterobacter* sp, *Achromobacter* sp y *Pseudomonas* sp presentaron diferencias significativas, siendo *Enterobacter* sp 2 (42.10%) la mejor en comparación al testigo. En el estudio realizado Stoll *et al* (2018) en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) donde se inoculó cepas bacterianas, como resultado se incrementó significativamente en el peso fresco de la planta en comparación con el testigo no inoculado, pues se obtuvo un 30% más de peso fresco debido a su acción como RPCV. Mientras que en las investigaciones de Sánchez *et al.*, (2014) evaluaron consorcios de cepas bacterianas en plantas de lechuga (*L. sativa*), tratamiento que obtuvo un 102% de peso seco en comparación con el tratamiento químico, debido a una mejor nutrición que tienen las plántulas por el crecimiento de sus raíces.

**Cuadro 9.** Efectos de la inoculación de RPCV en largo y diámetro de raíz en la planta de acelga (*Beta vulgaris*) bajo condiciones de invernadero

Tratamiento	Largo de raíz	Diámetro de raíz
T	30.58 bcd	13.92 abc
<i>Enterobacter</i> sp 1	33.08 ab	13.75 bc
<i>Enterobacter</i> sp 2	32.83 abc	12.75 cde
<i>Achromobacter</i>	28.17 de	13.12 bcde
<i>Pseudomonas</i> sp 1	26.08 e	12.17 de
<i>Pseudomonas</i> sp 2	30.25 bcd	12.83 cde
<i>Pseudomonas</i> sp 3	35.50 a	14.50 ab
<i>Pseudomonas</i> sp 4	30.33 bcd	11.92 e
<i>Pseudomonas</i> sp 5	28.00 de	12.75 cde
<i>Pseudomonas</i> sp 6	30.25 bcd	13.42 bcd
<i>Pseudomonas</i> sp 7	29.92 cd	15.33 a
<i>Pseudomonas</i> sp 8	28.25 de	14.33 ab
<i>Pseudomonas</i> sp 9	28.83 de	13.92 abc

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ; LSD Test).

En el Cuadro 9, se encuentra, largo y diámetro de raíz. En largo de raíz se encontró que las plantas inoculadas con la bacteria *Enterobacter* sp 1 (08.17%) y *Pseudomonas* sp 3 (16.09%) fueron superiores a las plantas testigo. En

diámetro de raíz, únicamente las bacterias *Pseudomonas* sp 3 (04.67%), *Pseudomonas* sp 7 (10.12%) y *Pseudomonas* sp 8 (02.94%) las que influyeron en el diámetro en comparación al testigo. En contraste, las *Pseudomonas* sp 3 presentó diferencias significativas en largo y diámetro en comparación al testigo. En la investigación realizada por Maccarrone et al. (2016), evidenciaron un mayor incremento en el desarrollo radicular en las plantas tratadas mediante la inoculación de  $1 \times 10^7$  UFC/ml de la cepa de *Bacillus* en plántulas de lechuga en un ensayo de 55 días.

Esto se debe a que la inoculación de las bacterias mejoran el desarrollo radicular de las plantas ya que son capaces de absorber agua y nutrientes, mediante la producción de reguladores de crecimiento que se encuentran asociados a la interface de la raíz (Sánchez et al., 2014).

**Cuadro 10.** Número de colonias en la planta de acelga (*Beta vulgaris*) bajo condiciones de invernadero

Tratamiento	10 <sup>8</sup> UFC/ml
T	5083 bc
<i>Enterobacter</i> sp 1	8667 a
<i>Enterobacter</i> sp 2	3950 c
<i>Achromobacter</i> sp	7977 ab
<i>Pseudomonas</i> sp 1	4283 c
<i>Pseudomonas</i> sp 2	6658 abc
<i>Pseudomonas</i> sp 3	7967 ab
<i>Pseudomonas</i> sp 4	6292 abc
<i>Pseudomonas</i> sp 5	8917 a
<i>Pseudomonas</i> sp 6	7733 ab
<i>Pseudomonas</i> sp 7	9583 a
<i>Pseudomonas</i> sp 8	8550 a
<i>Pseudomonas</i> sp 9	4750 bc

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ; LSD Test).

En el Cuadro 10, se encuentran las Unidades Formadoras de Colonias (UFC), se encontró que *Enterobacter* sp 1 (70.50%), *Achromobacter* sp (56.93%), *Pseudomonas* sp 3 (56.73%), *Pseudomonas* sp 5 (75.42%), *Pseudomonas* sp 6

(52.13%), *Pseudomonas* sp 7 (88.53%) y *Pseudomonas* sp 8 (68.20%), tuvieron un mayor número de crecimiento de colonias, destacando *Pseudomonas* sp 7 la mejor en comparación al testigo. En la investigación realizada por (Bell-Mesa *et al.*, 2017) los porcentajes de colonización fueron diferentes; los valores fueron 46, 39 y 61,6% respectivamente. Esto depende del adecuado suministro de inoculación y nutrientes para las plantas, relacionado con todos los cambios morfológicos que presentan las mismas (Rivera *et al.*, 2011).

## V. CONCLUSIONES

Las plantas inoculadas con el género *Enterobacter* sp 1, y con el género *Pseudomonas* sp incrementaron la altura, mientras que para el número de hojas *Pseudomonas* sp 9. En Peso fresco todos los géneros presentaron un incremento en las plantas. *Pseudomonas* sp 3 incrementó el largo y diámetro de raíz, finalmente las *Pseudomonas* sp 7 la mayor concentración de UFC ml<sup>-1</sup> con mejor sinergia con bacterias del suelo.

El uso de estos tres géneros en todas las variables evaluadas en esta investigación, mostró incremento en altura, número de hoja, peso fresco, largo y diámetro de raíz, lo que da como resultado el buen desarrollo y crecimiento del cultivo de acelga.

## VI. LITERATURA CITADA

- Adrianzen Gil, V. M. (2017). Uso del agua de mar para el desarrollo de un cultivo de acelga (*Beta vulgaris* var. cicla) mediante el riego por capilaridad en un huerto escalonado, Ica 2017.
- Alarcón Camacho, J., Recharte Pineda, D. C., Yanqui Díaz, F., Moreno Lacza, S. M., & Buendía Molina, M. A. (2020). Fertilizar con microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología, biomasa y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 67-73.
- Alexandratos, N., y Bruinsma, J. (2012). World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision, 12(3). FAO, Rome: ESA Working paper.
- Álvarez, A. S., Pezzullo, D. S., Rovere, A. E., & Pérez, D. R. (2013). Presencia de *Pseudomonas fluorescens* (Pseudomonadaceae) en la rizosfera de *Senna arnottiana* (Fabaceae) viverizada para ensayos de restauración ecológica. *Rehabilitación en la Diagonal Árida de la Argentina*. Pérez D, AE Rovere y ME Rodriguez Araujo (Eds). Buenos Aires: Vázquez Mazzini. Pág, 121-129.
- Ángel, R., Nepel, M., Panhölzl, C., Schmidt, H., Herbold, C. W., Eichorst, S. A., & Woebken, D. (2018). Evaluation of primers targeting the diazotroph functional gene and development of NifMAP—a bioinformatics pipeline for analyzing nifH amplicon data. *Frontiers in microbiology*, 9, 703.
- Aponte, A., Castillo, O., Cabrera, G., Pernia, M., & Hernández, Y. (2017). Rhizobacteria *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum* sp. association enhances growth of *Lactuca sativa* L. under tropical conditions. *Journal of Central European Agriculture*.
- Barrios, E; Ramírez, B. 2019. Desarrollo Vegetal (en línea). Disponible en <https://idoc.pub/documents/desarrollo-vegetalpdf-6nge9138d2lv>.

- Bell-Mesa, T. D., Osoria-Galan, D., Montero-Limonta, G., & Molina-Lores, L. B. (2017). Efecto de hongos micorrícicos arbusculares sobre Pimiento (*Capsicum annum* L.) en la producción de plántulas en campo antena, Santiago de Cuba. *Ciencia en su PC*, (4), 53-67.
- 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.
- Cano, M.A (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma* spp., y *Pseudomonas* spp. Una Revisión. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 14(2), 15-31.
- Castagno, L. N., Estrella, M. J., Sannazzaro, A. I., Grassano, A. E., & Ruiz O.A. (2011). Phosphate-solubilization mechanism and in vitro plant growth promotion activity mediated by *Pantoea eucalypti* isolated from *Lotus tenuis* rhizosphere in the Salado River Basin (Argentina). *Journal of Applied Microbiology*, 110(5), 1151-1165. doi:10.1111/j.1365-2672.2011.04968.x
- Cerezo Martínez, J. 2021. Giberelinas Ingeniería agrónoma grado en hortofruticultura y jardinería (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://georgium.files.wordpress.com/2017/11/tema-10-giberelinas.pdf>.
- Chávez-Díaz, I. F., Zelaya Molina, L. X., Cruz Cárdenas, C. I., Rojas Anaya, E., Ruíz Ramírez, S., & Santos Villalobos, S. D. L. (2020). Consideraciones sobre el uso de biofertilizantes como alternativa agro-biotecnológica sostenible para la seguridad alimentaria en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(6), 1423-1436.
- Coila Bustinza, Miguel Ángel. *Producción de la acelga*. Puno- Perú ed., 2017. [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/10187/Coila\\_Bustinza\\_Miguel\\_Angel.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/10187/Coila_Bustinza_Miguel_Angel.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

- Coloma Aguilar, J. M. (2022). Efectos del uso de las principales fitohormonas aplicadas al cultivo de melón (*Cucumis melo*) en el Ecuador (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2022).
- Creus, C. M. (2017). Inoculantes microbianos: piezas de un rompecabezas que aún requiere ser ensamblado. *Revista Argentina de Microbiología*, 49(3), 207–209.
- Delgado Zambrano, J. A. (2016). Evaluación de tres variedades de acelga (*Beta vulgaris* L.) cultivadas en el sistema hidropónico (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil).
- Espinosa P., B., Moreno R., P. Cano R., Álvarez R., J. Sáenz M., H. Sánchez G., y G. González R. 2017. Inoculación de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. Afrodita en invernadero. *Terra Latinoamericana*. 35(2): 169-178.
- Espinosa-Palomeque, B., Cano-Ríos, P., Salas-Pérez, L., García-Hernández, J. L., PreciadoRangel, P., Sáenz-Mata, J., & Reyes-Carrillo, J. L. (2019). Bioinoculantes y concentración de la solución nutritiva sobre la producción y calidad de tomate. *Biotechnia*, 21(3), 100-107.
- Estrada-Ortiz, E., Trejo-Téllez, L. I., Gómez-Merino, F. C., Núñez-Escobar, R., & Sandoval-Villa, M. (2011). Respuestas bioquímicas en fresa al suministro de fósforo en forma de fosfito. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 17(3), 129-138.
- Etesami, H., & Maheshwari, D. K. (2018). Use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) with multiple plant growth promoting traits in stress agriculture: Action mechanisms and future prospects. *Ecotoxicology and environmental safety*, 156, 225-246.
- FAO. (2012). La agricultura urbana y su contribución a la seguridad alimentaria. Sistematización del Proyecto Piloto AUP en Honduras, 32. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/019/as174s/as174s.pdf>

- FAO. (2016). El estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación. Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i6132s.pdf>
- FAO. (2017). El estado mundial de la agricultura y alimentación. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. <http://doi.org/0251-1371>
- Faria, D.C., Dias, A.C., Melo, I. S. & de Carvalho-Costa, F.E. (2013). Endophytic bacteria isolated from orchid and their potential to promote plant growth. *World J Microbiol Biotechnol*, 29(2), 217-221. doi: 10.1007/s11274-012-1173-4.
- Flores Rondon, G. L. (2020). Producción de acelga (*Beta vulgaris* L. var. Fordhook Giant) con uso de dos fuentes de agua salina en hidroponía-sistema raíz flotante bajo condiciones de invernadero en Arequipa.
- Glick, B. R. (2012). Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. *Scientifica*, 2012.
- González R., G., B. Espinosa P., P. Cano R., A. Moreno R., L. Leos E., H., Sánchez G., y M. Sáenz J. 2018. Influencia de rizobacterias en la producción y calidad nutracéutica de tomate bajo condiciones de invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 9(2): 367-379.
- González, M. 2021. Hormonas Vegetales (en línea). S.I., s.e. Disponible en <https://biblioteca.org.ar/libros/5406.htm>.
- Gopal, R. (2011). *Bacillus cereus* and *Enterobacter cancerogenus* screened for their efficient plant growth promoting traits rhizobacteria (PGPR) and antagonistic traits among sixteen bacterial isolates from rhizospheric soils of pigeon pea. *African Journal of Microbiology Research*, 5(15), 2090-2094.
- Goswami, D., Thakker, J. N., Dhandhukia, P. C. & Tejada-Moral, M. (2016). Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A

review. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1).  
doi:10.1080/23311932.2015.1127500.

Gowtham, H. G., Murali, M., Singh, S. B., Lakshmeesha, T. R., Murthy, K. N., Amruthesh, K. N., & Niranjana, S. R. (2018). Plant growth promoting rhizobacteria-Bacillus amyloliquefaciens improves plant growth and induces resistance in chilli against anthracnose disease. *Biological control*, 126, 209-217.

Grageda-Cabrera, O. A., González-Figueroa, S. S., Vera-Nuñez, 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.

Hartman, K., van der Heijden, M. G., Wittwer, R. A., Banerjee, S., Walser, J. C., & Schlaeppli, K. (2018). Cropping practices manipulate abundance patterns of root and soil microbiome members paving the way to smart farming. *Microbiome*, 6(1), 1-14.

Héctor-Ardiana, E., Torres-García, A., Fosado-Téllez, O., Peñarrieta-Bravo, S., Solórzano-Bravo, J., Jarre-Mendoza, V.,... & Montoya-Bazán, J. (2020). Influencia de bioestimulantes sobre el crecimiento y el rendimiento de cultivos de ciclo corto en Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 41(4).

Hernández B., A., M. Rodríguez D., M. Barrios R., A.V. Rodríguez T., y L. Guerrero Z. 2011. Análisis de la diversidad microbiana de la rizosfera de tres especies vegetales de un suelo contaminado con hidrocarburos del petróleo y su potencial rizoremediador. *Rev Latinoam Biotecnol Amb Algal*. 2(1): 1-17.

Hernández, F., Velásquez, K., Carreño, C., Gonzales, H. L., Estela, C., & Altamirano, C. (2015). Efecto de enterobacterias en el desarrollo vegetativo de *Zea mays* en invernadero. *UCV Hacer*, 4(1), 10-19.

Infoagro. (2018). El cultivo de la acelga. Obtenido de <https://www.infoagro.com/hortalizas/acelga.htm>

- InfoAgro. 2017. Principales reguladores de crecimiento empleados en frutales (en línea). . Disponible en <https://mexico.infoagro.com/principalesreguladores-de-crecimiento-empleados-en-frutales/>.
- Jacoby, R., Peukert, M., Succurro, A., Koprivova, A., & Kopriva, S. (2017). The role of soil microorganisms in plant mineral nutrition—current knowledge and future directions. *Frontiers in plant science*, 8, 1617.
- Julisa, V. I. G. (2021). Efecto de la fertilización de biol en la producción de acelga bajo condiciones de campo abierto (doctoral dissertation, Universidad Agraria del Ecuador).
- Kong, Z., Hart, M., & Liu, H. (2018). Paving the way from the lab to the field: using synthetic microbial consortia to produce high-quality crops. *Frontiers in plant science*, 9, 1467.
- Kumar, V., Kumar, P., & Khan, A. (2019). Optimization of PGPR and silicon fertilization using response surface methodology for enhanced growth, yield and biochemical parameters of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under saline stress. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 101463. doi:10.1016/j.bcab.2019.101463
- 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.
- León González, Y., Hernández Martínez, J. M., Rodríguez López, N., & Martínez Viera, R. (2012). Aplicación de *Azotobacter chroococcum* en la producción de plántulas de tabaco negro. *Cultivos tropicales*, 33(2), 29-32.
- Li Y, Gu Y, Li J, Xu M, Wei Q and Wang Y. 2015. Biocontrol agent *Bacillus amyloliquefaciens* LJ02 induces systemic resistance against cucurbits powdery mildew. *Frontiers Microbiology*. 6:883. <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2015.00883>.

- Lindstrom, K., & Mousavi, S.A. (2019). Effectiveness of nitrogen fixation in rhizobia. *Microbial Biotechnology*, 13(5), 1314-1335. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13517>.
- Lucas Carrillo, EA. 2020. Auxinas (en línea). . Disponible en <https://www.monografias.com/trabajos10/auxinas/auxinas2.shtml>.
- Lucas Carrillo, EA. 2020. Auxinas (en línea). . Disponible en <https://www.monografias.com/trabajos10/auxinas/auxinas2.shtml>.
- Maccarrone, A. (2018). Aislamiento y selección de microorganismos del género bacillus con actividad antifúngica y/o promotora del crecimiento.
- Maccarrone, A., Benzzo, M., & Seluy, L. (2016). Aislamiento y selección de microorganismos de género Bacillus con actividad antifúngica y/o promotora del crecimiento. Encuentro de jóvenes investigadores, Universidad Nacional de Litoral. <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/2079/RCB12.pdf>
- Maheshwari, D. K. (Ed.). (2011). *Bacteria in agrobiolgy: plant growth responses*. Springer Science & Business Media.
- Marrero, M. A., Agaras, B., Wall, L. G., & Valverde, C. (2015). Enriquecimiento diferencial de *Pseudomonas* spp., en el rizoplano de distintas especies cultivadas. *Revista Argentina de Microbiología*, 47(2), 132-137
- Mohamed, H. I., & Gomaa, E. Z. (2012). Effect of plant growth promoting *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescens* on growth and pigment composition of radish plants (*Raphanus sativus*) under NaCl stress. *Photosynthetica*, 50(2), 263-272.
- Molina-Romero., D., M.R. Bustillos-Cristales., O. Rodríguez-Andrade., M.G. Elisabeth., Y. Santiago-Saenz., M. Castañeda-Lucio., y J. Muños-Rojas 2015. Mecanismos de fitoestimulación por rizobacterias, aislamientos en América y potencial biotecnológico. *Biológicas*. 17(2): 24-34.

- 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.
- Nehra, V., & Choudhary, M. (2015). A review on plant growth promoting rhizobacteria acting as bioinoculants and their biological approach towards the production of sustainable agriculture. *Journal of Applied and Natural Science*, 7(1), 540-556.
- 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. doi:10.5897/ajb2016.15397.
- 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 (Doctoral dissertation).
- Panduro Grattelli, G. (2021). Respuesta a la aplicación de dos abonos procesados con microorganismos eficaces en el cultivo de ají charapita (*Capsicum Frutescens. L*) en la zona de Pucallpa, Ucayali, Perú.
- Paredes, M. (2013). Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas. [Tesis de pregrado, Universidad Católica Argentina].
- Parray, J. A., Jan, S., Kamili, A. N., Qadri, R. A., Egamberdieva, D., & Ahmad, P. (2016). Current perspectives on plant growth-promoting rhizobacteria. *Journal of Plant growth regulation*, 35(3), 877-902.
- Pérez-Montaña, F., Alías-Villegas, C., Bellogín, R. A., Del Cerro, P., Espuny, M. R., Jiménez-Guerrero, I.,... & Cubo, T. (2014). Plant growth promotion in cereal and leguminous agricultural important plants: from microorganism capacities to crop production. *Microbiological research*, 169(5-6), 325-336.

- Ramírez Coello, E. L. (2018). Alternativas en el manejo del chinche del arroz (*Oebalus insularis*) con la utilización de una fuente de microorganismos eficientes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el cantón Mocache–Los Ríos-Ecuador (Bachelor's thesis, Quevedo-UTEQ).
- Reyes Ramírez, J. E. (2014) Efecto de la coinoculación de *Rhizobium etli* y *Azotobacter chroococcum* sobre el crecimiento de *Spinacia oleracea* “espinaca” en condiciones de laboratorio.
- Reyes, I. (2011). La micorriza arbuscular (MA) centro de la rizosfera: comunidad microbiológica dinámica del suelo, pag. 17-23.
- Rivera, R., Fernandez, F., Fernandez, K., Ruiz L., Sanchez C. & Riera, M. (2011) Advances in the management of effective arbuscular mycorrhizas symbiosis in tropical ecosystems. In Chantal Hamel and Christian Plenchette (eds.) *Mycorrhizas in Crop Production* (pp.151-196). Binghamton, NY: Haworth Press.
- Ruiz-Lozano, J. M., & Azcón, R. (2011). *Brevibacillus*, arbuscular mycorrhizae and remediation of metal toxicity in agricultural soils. In *Endospore-forming Soil Bacteria* (pp. 235-258). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Saharan, B. S., & Nehra, V. (2011). Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review. *Life Sci Med Res*, 21(1), 30.
- Sánchez López, D. B., & Pérez Pazos, J. V. (2018). Caracterización y evaluación de PGPRs sobre el crecimiento de plántulas de *Dioscorea rotundata* in vitro. *Agronomía Costarricense*, 42(2), 75-91.
- 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.
- Santos Villalobos, S. D. L., Parra Cota, F. I., Herrera Sepúlveda, A., Valenzuela Aragón, B., & Estrada Mora, J. C. (2018). Colección de microorganismos

edáficos y endófitos nativos para contribuir a la seguridad alimentaria nacional. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(1), 191-202.

Santoyo, G., Sánchez-Yáñez, J. M., & de los Santos-Villalobos, S. (2019). Methods for detecting biocontrol and plant growth-promoting traits in Rhizobacteria. In *Methods in rhizosphere biology research* (pp. 133-149). Springer, Singapore.

SIAP, (2020). Acelga, una hortaliza muy nutritiva. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 9.

Steiner AA (1984). The universal nutrient solution. In: Proceedings 6th International Congress on Soils Culture, pp. 633-650.

Stoll, A., Olalde, V., & Bravo, J. (2018). Efecto de bacterias promotoras del crecimiento vegetal andinas sobre el crecimiento de plántulas de lechuga bajo condiciones industriales. *Biotecnología y Sustentabilidad*, 1(1).

Tahir, M. & Aqeel, S.M. (2013). Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): A budding complement of synthetic fertilizers for improving crop production. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*, 11(1), 1-7.

Tanya Morocho, M., & Leiva-Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103.

Taringa. 2019. Auxinas y su importancia en las plantas: Informe exclusivo (en línea)... Disponible en [https://www.taringa.net/+cannabis/auxinas-y-suimportancia-en-las-plantas-informe-exclusivo\\_pg66v](https://www.taringa.net/+cannabis/auxinas-y-suimportancia-en-las-plantas-informe-exclusivo_pg66v).

Timmusk, S., Behers, L., Muthoni, J., Muraya, A., y Aronsson, A.C. (2017). Perspectives and Challenges of Microbial Application for Crop Improvement. *Frontiers in Plant Science*, 8(February), 1–10.

Trujillo-Roldan, M. A.; Valdez-Cruz, N. A.; Gonzalez-Monterrubio, C. F.; Acevedo-Sánchez, E. V.; Martínez-Salinas, C.; García-Cabrera, R. I.; Gamboa-Susnavart, R. A.; Marín-Palacio, L. D.; Villegas, J. and Blancas-Cabrera, A.

2013. Scale-up from shake flask to pilot-scale production of the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense* for preparing a liquid inoculant formulation. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*

Vaca Betancourt, F. D. (2022). Inclusión de lodos lácteos en la elaboración de compost y su efecto como sustrato en plántulas de acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla l.*), en la granja experimental “La Pradera”, Chaltura (Bachelor's thesis).

Valverde, Y., & Miranda, G. (2018). Evaluación de productos nitrogenados en el cultivo de acelga (*Beta vulgaris*). Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Guayaquil, Manabí. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1044>

Vargas, R., Mosquera, L. B. P., & Armando, W. (2019). Sistemas agroforestales: una alternativa sostenible para mejorar los ecosistemas del departamento del Tolima.

Vivanco-Calixto, R., Molina-Romero, D., Morales-García, Y. E., Quintero-Hernández, V., Munive-Hernández, A., Baez-Rogelio, A., & Muñoz-Rojas, J. (2016). Reto agrobiotecnológico: inoculantes bacterianos de segunda generación.

Willer, H., & Lernoud, J. (2017). The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2017 (pp. 1-336). Research Institute of Organic Agriculture FIBL and IFOAM-Organics International.