



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agronómica

Inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal y su efecto en el crecimiento del cultivo de tomate de riñón (*Solanum lycopersicum* L) bajo invernadero

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

AUTOR:

Cristian David Uchuari Cajamarca

DIRECTOR:

Ing. Klever Iván Granda Mora PhD.

Loja – Ecuador

2024

Educamos para **Transformar**



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

**Sistema de Información Académico
Administrativo y Financiero - SIAAF**

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN Y APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **Granda Mora Klever Ivan**, director del Trabajo de Integración Curricular denominado **Inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal y su efecto en el crecimiento del cultivo de tomate de riñón (*Solanum lycopersicum* L) bajo invernadero**, perteneciente al estudiante **Cristian David Uchuari Cajamarca**, con cédula de identidad N° **1105804510**. Certifico que luego de haber dirigido el **Trabajo de Integración Curricular** se encuentra concluido, aprobado y está en condiciones para ser presentado ante las instancias correspondientes.

Es lo que puedo certificar en honor a la verdad, a fin de que, de así considerarlo pertinente, el/la señor/a docente de la asignatura de **Integración Curricular**, proceda al registro del mismo en el Sistema de Gestión Académico como parte de los requisitos de acreditación de la Unidad de Integración Curricular del mencionado estudiante.

Loja, 24 de Agosto de 2023



KLEVER IVAN GRANDA
MORA

F) _____
DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



Certificado TIC/TT.: UNL-2023-000671

Autoría

Yo, **Cristian David Uchuari Cajamarca**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1105804510

Fecha: 13/08/2024

Correo electrónico: cristian.uchuari@unl.edu.ec

Teléfono: 0997466552

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **Cristian David Uchuari Cajamarca**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal y su efecto en el crecimiento del cultivo de tomate de riñón (*Solanum lycopersicum* L) bajo invernadero**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Agrónomo**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los trece días del mes de agosto del dos mil veinticuatro.

Firma:



Autor/a: Cristian David Uchuari Cajamarca

Cédula: 1105804510

Dirección: Loja – Loja - Sucre

Correo electrónico: cristian.uchuari@unl.edu.ec

Teléfono: 0997466552

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Integración Curricular.: Ing. Klever Iván Granda Mora, PhD.

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo primeramente a Dios por haberme dado la vida, mantenerme con salud, y ser quien guio mi camino en todo momento, por la inteligencia y sabiduría brinda lo cual me ha permitido cumplir con todas las actividades planteadas durante todo el proceso universitario. A mis padres Manuel Uchuari y Nancy Cajamarca por ser mi apoyo incondicional y siempre estar conmigo en los buenos y malos momentos, además de su gran amor, paciencia y sacrificio que han hecho para poder apoyarme en todo lo que va de mi vida universitaria ya que gracias a eso podre lograr una de mis grandes metas, de todo corazón gracias, por tanto.

A mis hermanas Jandry y Nathaly por ser quienes siempre estuvieron ahí en los momentos más difíciles, sacándome una sonrisa, dando ánimos para seguir siempre adelante y sobretodo por mantenernos siempre unidos a pesar las dificultades que se nos han presentado.

También quiero dedicar este trabajo a mi angelito que se que desde el cielo nos ha cuidado y nos protegerá siempre, se que no pudiste verme lograr mis sueños, cumplir mis metas, pero esto también va por ti hermanita que se que tu desde arriba nos has cuidado y has sido la razón de ser de mi vida por quien he luchado hasta el día de hoy. Además, quiero dedicarles este logro a mis abuelitos Alfredo Cajamarca y Laurina Albito quienes han sido un gran apoyo para mi madre y han estado con ella siempre ayudándonos en los que necesitamos.

Por último, pero no menos importante, quiero dedicar esta tesis a Eli Orellana ya que ha sido persona muy especial que llego de ultima hora y es quien ha estado ahí apoyándome en mis días ya sean buenos o malos logrando que de esta manera que pueda culminar mi tesis gracias a todo su apoyo.

Cristian David Uchuari Cajamarca

Agradecimiento

Gracias a la educación impartidas por mis padres y abuelitos aprendí siempre a dar las gracias por todo sean cosas malas y buenas. Es por ello que en el presente apartado agradeceré a las personas que sin su apoyo no hubiera sido posible la realización de mi trabajo de tesis. En primer lugar, a mi director de tesis Ing. Iván Granda por la dedicación, paciencia y apoyo que me ha brindado en este trabajo, ya que sin sus ideas y correcciones precisas no hubiese podido llegar a esta instancia tan anhelada. Sus ideas y consejos fueron útiles ya que me sirvieron para poder cada día ir mejorando mi trabajo de tesis. De igual forma agradezco a la Dra. Marina Mazon por la ayuda y guía brindada durante el desarrollo de este trabajo, ha sido una excelente persona, llena de mil virtudes en especial la paciencia, quiero agradecerle por todas esas palabras y apoyo que me brindó.

También quiero agradecer a la Universidad Nacional de Loja por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de investigación. Así mismo quiero agradecer a los docentes de la Carrera de Ingeniería Agronómica por transmitirme los conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí.

Por último, quiero agradecer a mis amigos y compañeros ya que hoy culmina esta maravillosa aventura, agradecerles por la ayuda brindada por las tardes que hemos compartido haciendo deberes y por todas las sonrisas. Hoy nos toca cerrar un capítulo maravilloso en esta historia de vida. Gracias por estar siempre allí.

Cristian David Uchuari Cajamarca

Índice de Contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	x
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tablas	xi
Índice de Anexos	xii
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract.....	3
3. Introducción	4
Objetivos	6
Objetivo general.....	6
4. Marco teórico	7
4.1. Origen del Cultivo de Tomate.....	7
4.2. Importancia Económica y Alimenticia a Nivel Mundial y Nacional	7
4.3. Producción a Nivel Mundial	7
4.4. Producción a Nivel Nacional.....	7
4.6. Morfología.....	8
4.7. Fenología.....	9
4.8. Requerimientos Edafoclimáticos.....	11

4.9. Requerimientos Nutricionales	11
4.10. Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (RPCV)	11
4.10.1. Importancia ambiental	12
4.11. Clasificación de las RPCV	12
4.11.1. <i>Pseudomonas</i>	12
4.11.2. <i>Azospirillum</i>	12
4.11.3. <i>Azotobacter</i>	13
4.12. Antecedentes de Estudios Referentes al Proyecto de Investigación	13
5. Metodología	15
5.1. Localización del Estudio	15
5.1.1. Condiciones climáticas	16
5.2. Metodología General	16
5.2.1. Registro de datos	16
5.2.2. Tipo y alcance de investigación	16
5.2.3. Diseño experimental	17
5.2.4. Esquema de disposición del ensayo en campo	18
5.2.5. Modelo matemático del diseño	18
5.2.6. Análisis estadístico	19
5.3. Metodología para el primer objetivo	19
5.3.1. Reactivación de las bacterias promotoras del crecimiento vegetal	19
5.3.2. Siembra en semillero	19
5.3.4. Variables evaluadas	19
5.4. Metodología para el segundo objetivo	20
6. Resultados	21
6.1. Resultados para el primer objetivo	21

6.1.1. Porcentaje de germinación	21
6.1.2. Altura de la planta	22
6.1.3. Número de hojas	23
6.1.4. Diámetro del tallo	24
6.1.5. Diámetro de la raíz	25
6.2. Resultado para el segundo objetivo:	26
6.2.1. Correlación entre los diferentes tratamientos y variables evaluadas	26
7. Discusión	28
8. Conclusiones	32
9. Recomendaciones	33
10. Bibliografía	34
11. Anexos	37

Índice de Figuras

Figura 1. Establecimiento del semillero y de la planta joven (López, 2016).	9
Figura 2. Crecimiento vegetativo del tomate (López, 2016).	9
Figura 3. Proceso de floración e inicio del cuaje de la fruta del tomate (Zurita, 2022).	10
Figura 4. Cuaje, desarrollo y crecimiento de la fruta del tomate (Fornaris, 2021).	10
Figura 5. Frutos en proceso de maduración y maduros (Jaramillo, 2018).	10
Figura 6. Ubicación de la investigación, cantón Loja, Quinta Experimental Docente “La Argelia”.	15
Figura 7. Diseño experimental implementado en campo con la aplicación de rizobacterias en el cultivo de tomate de riñón (<i>Solanum lycopersicum</i> L).	18
Figura 8. Efecto de la inoculación de la rizobacterias en el porcentaje de germinación de los diferentes tratamientos.	21
Figura 9. Efecto de la inoculación de las rizobacterias en la altura del tomate de riñón bajo invernadero. Las diferentes letras muestran la diferencia que se presenta entre los diferentes tratamientos.	22
Figura 10. Efecto de la inoculación de la rizobacterias en cuanto al número de hojas en el cultivo de tomate de riñón bajo invernadero. Las diferentes letras muestran la diferencia que se presenta entre los tratamientos.	23
Figura 11. Efecto de la inoculación de la rizobacterias en cuanto al diámetro del tallo en el cultivo de tomate de riñón bajo invernadero. Las diferentes letras muestran la diferencia que se presenta entre los tratamientos.	24
Figura 12. Efecto de la inoculación de la rizobacterias en cuanto al diámetro de la raíz en el cultivo de tomate de riñón bajo invernadero. Las diferentes letras muestran la diferencia que se presenta entre los diferentes tratamientos.	25

Índice de Tablas

Tabla 1. Características de la unidad experimental de la inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal y su efecto en el cultivo de tomate de riñón bajo invernadero.	17
Tabla 2. Descripción de los tratamientos utilizados en el experimento bajo invernadero.....	17
Tabla 3. Estimación del análisis económico del proyecto.	20
Tabla 4. Resultado del análisis de costos variables de los diferentes tratamientos.	26
Tabla 5. Análisis de correlación entre los diferentes tratamientos y variables evaluadas.	26

Índice de Anexos

Anexo 1. Descripción de los estados fenológicos del tomate de riñón.	37
Anexo 2. Diferencias significativas que han generado la inoculación de las diferentes bacterias en cuanto a la altura de las plantas de tomate de riñón.	37
Anexo 3. Prueba y gráfica de Tukey, en donde se establecieron los promedios por cada tratamiento y las diferencias que presentan.	38
Anexo 4. Diferencias significativas que han generado la inoculación de las diferentes bacterias en cuanto al número de hojas en las plantas de tomate de riñón.	38
Anexo 5. Prueba y grafica de Tukey, en donde se establecieron los promedios por cada tratamiento y las diferencias que presentan las plantas de tomate en cuanto al número de hojas.	39
Anexo 6. Diferencias significativas que han generado la inoculación de las diferentes bacterias en cuanto al diámetro del tallo en las plantas de tomate de riñón.	39
Anexo 7. Prueba y gráfica de Tukey, en donde se establecieron los promedios por cada tratamiento y las diferencias que presentan las plantas de tomate en cuanto al diámetro del tallo.	40
Anexo 8. Diferencias significativas que han generado la inoculación de las diferentes bacterias en cuanto al diámetro de la raíz en las plantas de tomate de riñón.	40
Anexo 9. Prueba y gráfica de Tukey, en donde se establecieron los promedios por cada tratamiento y las diferencias que presentan las plantas de tomate en cuanto al diámetro de la raíz.	41
Anexo 10. Toma de datos de los diferentes tratamientos.	41
Anexo 11. Preparación del semillero.	42
Anexo 12. Siembra e inoculación de las bacterias.	42
Anexo 13. Preparación y trazados de las parcelas en la cual se llevó a cabo en presente trabajo.	42
Anexo 14. Trasplante de las plántulas de tomate de riñón.	43
Anexo 15. Mantenimiento del cultivo de tomate de forma manual.	43
Anexo 16. Registro de datos de la variable altura de la planta.	44
Anexo 17. Registro de datos de la variable grosor del tallo de la planta.	44
Anexo 18. Certificación de la traducción del resumen.	45

1. Título

Inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal y su efecto en el crecimiento del cultivo de tomate de riñón (*Solanum lycopersicum* L.) bajo invernadero.

2. Resumen

Hoy en día la agricultura y sobre todo la producción de tomate de riñón bajo invernadero depende de la aplicación de fertilizantes químicos con el fin de lograr mayor rendimiento en los cultivos, pero la aplicación excesiva está generando preocupación en la población mundial debido al gran impacto que estos ocasionan al medio ambiente. Además, el alto costo de fertilizantes reduce la rentabilidad del cultivo y genera la necesidad de la búsqueda de alternativas ecológicas y económicas de biofertilización basadas en la aplicación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal. Para ello se realizó un experimento bajo condiciones de invernadero, en la cual se sembró plántulas de tomate de riñón (*Solanum lycopersicum* L) variedad pomodoro, al momento de ser trasplantadas fueron inoculadas con bacterias promotoras del crecimiento vegetal en una dosis de 5 ml, cuyas bacterias utilizadas fueron *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, químico (15-15-15) y un tratamiento testigo. Las variables evaluadas fueron de tipo morfológico como altura de planta, número de hojas, grosor del tallo, diámetro de la raíz y diámetro de hojas, así mismo se realizó un análisis económico con el fin de demostrar cuál fue el tratamiento más eficiente. El estudio mostró que a los 83 días de haber aplicado los diferentes tratamientos a base de bacterias promotoras del crecimiento vegetal el T3 (*Pseudomonas*), fue el que presentó diferencias significativas, en relación con los demás tratamientos tanto en altura, diámetro del tallo y diámetro de la raíz, mientras que para el número de hojas todos los tratamientos resultaron ser superiores al tratamiento testigo.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L, rizobacterias, inoculación, morfológico, rendimiento.

Abstract

Nowadays, agriculture and especially kidney tomato production under greenhouse depends on the application of chemical fertilizers in order to achieve higher crop yields, but excessive application is causing concern among the world's population due to the great impact they have on the environment. In addition, the high cost of fertilizers reduces the profitability of the crop and generates the need to search for ecological and economical biofertilization alternatives based on the application of plant growth promoting microorganisms. For this purpose, an experiment was conducted under greenhouse conditions, in which kidney tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L) pomodoro variety were planted and inoculated with plant growth promoting bacteria at a dose of 5 ml, whose bacteria used were *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, chemical (15-15-15) and a control treatment. The variables evaluated were morphological variables such as plant height, number of leaves, stem thickness, root diameter and leaf diameter, as well as an economic analysis to demonstrate which treatment was the most efficient. The study showed that 83 days after applying the different treatments based on plant growth promoting bacteria, T3 (*Pseudomonas*) was the one that presented significant differences in relation to the other treatments in terms of height, stem diameter and root diameter, while for the number of leaves all treatments were superior to the control treatment.

Key words: *Solanum lycopersicum* L, rhizobacteria, inoculation, morphological, yield.

3. Introducción

El tomate de riñón (*Solanum lycopersicum* L) es uno de los cultivos más significativos en invernadero, al ser una hortaliza de gran consumo, su popularidad crece debido a su alta producción y rentabilidad. Su cultivo está difundido en todos los continentes y presenta una producción estimada a nivel mundial de 186 821 216 t en una superficie cosechada de 5 051 983 ha, el rendimiento promedio es de 37 t ha⁻¹. El mayor productor es China con 25 000 000, seguido por EE. UU. con 12,2 millones de t, y otros productores con cifras superiores a los 5 000 000 t son Turquía, India, Italia y Egipto (Yara, 2020).

En Ecuador, la producción de hortalizas es considerada como una actividad de gran importancia, ya que la misma está generando éxito tanto a los mercados locales como a los grandes mercados internacionales, esto debido a su reconocida calidad, lo que ha permitido que cada vez más agricultores incursionen en este importante renglón productivo. El cultivo de tomate es un producto de la canasta básica familiar y de gran valor para la agricultura. En el país hay 3 000 ha de tomate con una producción estimada de 62 000 t al año, siendo por tal razón el tomate uno de los productos de mayor consumo y aceptación en el mercado (Machado, 2019).

Hoy en día la agricultura y sobre todo la producción de tomate de riñón bajo invernadero depende de la aplicación de fertilizantes químicos con el fin de lograr mayor rendimiento en los cultivos, pero la aplicación excesiva está generando preocupación en la población mundial debido al gran impacto que estos ocasionan al medio ambiente, como es el caso de la contaminación de aguas subterráneas, contaminación del aire, degradación del suelo y de los ecosistemas, desequilibrios biológicos y reducción de la biodiversidad, lo cual a largo tiempo generará daños irreparables y por ende la producción se verá afectada debido a la pérdida de suelos aptos para la producción (Ulibarry, 2019).

Además, el alto costo de los fertilizantes reduce la rentabilidad del cultivo y genera la necesidad de la búsqueda de alternativas ecológicas y económicas de biofertilización basadas en la aplicación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal, debido a que estos microorganismos permiten a las plantas tener una mejor absorción de nutrientes y por ende inducen un mejor crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo. De igual manera ayuda a reducir el uso de químicos que no solo afectan al medio ambiente sino también a la salud de las personas (ONU, 2022).

Es por ello, que ante el escaso conocimiento de los beneficios de los microorganismos promotores del crecimiento y sus efectos en los cultivos hortícolas en la región sur del Ecuador conllevó al estudio de la inoculación de tres bacterias (*Pseudomonas*, *Azospirillum*, y *Azotobacter*) en el cultivo de tomate de riñón bajo invernadero y a partir de lo cual se planteó la siguiente pregunta de investigación ¿Cuál es el efecto de la inoculación de bacterias promotoras de crecimiento en el cultivo de tomate de riñón bajo invernadero?

Cote, Reyes y Ramírez (2017), realizaron un estudio en Santiago Tepal-Catlalpan, Xochimilco, Ciudad de México, con la finalidad de evaluar el efecto de las bacterias *Azospirillum* spp y *Pseudomonas* spp en el crecimiento y producción de plantas de tomate, en el cual lograron establecer que la aplicación de bacterias promotoras del crecimiento influyó positivamente, ya que favorecieron el crecimiento de plántulas de tomate en la etapa de almácigo.

De esta manera la aplicación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, además de algunos hongos permiten el correcto crecimiento de las plantas, debido a que estas fijan nitrógeno atmosférico, favorecen la producción de hormonas, aumentan la toma de agua y minerales. Lo que nos permite afirmar que mediante la aplicación de las rizobacterias es mucho más probable que se logre el objetivo de una agricultura sostenible en todo el mundo mediante el uso generalizado de biofertilizantes (Martínez, Gurrola, Pérez y Díaz, 2018).

La presente propuesta tiene clara relación con el sistema de investigación normativa para la gestión de investigación científica de la Universidad Nacional de Loja, además se relaciona con la línea de investigación “Sistemas de Producción Agropecuaria para la Soberanía Alimentaria” y se vincula con el proyecto titulado “Bioproducto mixto con microorganismos benéficos para su aplicación en cultivos hortícolas. Finalmente se relaciona con los objetivos de Desarrollo Sostenible ODS 2020-2030; Fin de la pobreza, Hambre cero, Industria, innovación, e infraestructura, Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles, Acción por el clima, y Vida de ecosistemas terrestres. Asimismo, tiene estrecha relación con el Plan de Transversalización de los Ejes de Igualdad de la UNL y con el Estatuto Orgánico de la Universidad Nacional.

Objetivos

Objetivo general

- Determinar el efecto de la inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en el cultivo de tomate de riñón (*Solanum lycopersicum* L) hasta floración bajo invernadero.

Objetivos Específicos

- Evaluar variables morfológicas de tomate de riñón (*Solanum lycopersicum* L) hasta floración inoculadas con microorganismos promotores del crecimiento vegetal.
- Realizar un análisis económico para determinar el tratamiento más eficiente.

4. Marco teórico

4.1. Origen del Cultivo de Tomate

El origen del género *Lycopersicum* se localiza en la región andina y se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile, pero parece que fue en México donde se domesticó quizá porque crecería como mala hierba entre los huertos durante el siglo XVI, se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños incluso rojos y amarillos, pero por entonces ya había sido llevado a España e Italia y servían como alimento; en otros países Europeos solo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta el siglo XIX, los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente medio y África, y de allí a otros países Asiáticos, luego se difundió también a Estados Unidos y Canadá (Naula, 2019).

4.2. Importancia Económica y Alimenticia a Nivel Mundial y Nacional

El tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada. El tomate es uno de los cultivos más importantes, ya que posee fuente de vitaminas, minerales y antioxidantes. Los minerales que contiene son calcio, fósforo, potasio y sodio y las vitaminas que contiene son A, B1, B2, y C. En cuanto a nivel nacional el cultivo de tomate de mesa es también de suma importancia porque es un producto de la canasta básica familiar y de gran valor para la agricultura del país (Armas, 2015).

4.3. Producción a Nivel Mundial

La producción total en el mundo se ha incrementado en más del 35% los últimos diez años. El mayor productor es China con 25 millones de toneladas, seguido por EE. UU., con 12,2 millones de toneladas. Los otros productores, con cifras superiores a los 5 millones de toneladas, son Turquía, India, Italia y Egipto. La producción media actual en el mundo es de 27 toneladas por hectárea, pero la mayor producción por área se da en invernaderos europeos, donde la producción puede rebasar las 700 toneladas por hectárea en una temporada (Cando, 2020).

4.4. Producción a Nivel Nacional

En el país hay 3 000 hectáreas de tomate y su producción es de aproximadamente 62 000 toneladas al año. La mayoría de tomateras están ubicadas en la provincia de Santa Elena y en los valles de Azuay, Imbabura y Carchi. En la sierra ecuatoriana, el cultivo de tomate de mesa se

realiza bajo invernadero, puesto que es una especie que necesita una temperatura mínima de 18 °C para tener una producción y desarrollo adecuado (INIAP, 2020).

4.5. Taxonomía del Tomate (*Solanum lycopersicum* L)

Según Dascón (2018), indica que la taxonomía del tomate de riñón es:

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta (Angiospermae)
Clase	Magnoliósida (Dicotiledonea)
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Subfamilia	Solanoideae
Tribu	Solaneae
Genero	<i>Solanum</i>
Especie	(<i>Solanum lycopersicum</i> L)

4.6. Morfología

- **Raíz:** El tomate es una planta herbácea con un sistema radicular amplio que desarrolla entre los 50 y 60 cm de profundidad; el mismo que posee una raíz principal desde la que parten una gran cantidad de ramificaciones (García, Mendoza, & Mayek, 2012).
- **El tallo:** es anguloso y recubierto de una velloidad perfectamente visible. Muchos de estos pelos son de origen glandular y dotan a la planta de un olor característico. En un principio es de porte erguido, pero cuando alcanza un determinado desarrollo, y debido al peso, se vuelve rastrero (García, Mendoza, & Mayek, 2012).
- **Hojas:** son compuestas e imparipinnadas. Generalmente se constituyen por 7 o 9 folíolos lobulados que también están recubiertas de pequeñas velloidades (INIAP, 2020).
- **Floración:** se produce en forma de racimos dispuestos en diferentes pisos. En cada inflorescencia suele haber entre 3 y 10 flores. Son de polinización autógena (INIAP, 2020).
- **Fruto:** se trata de una baya globosa de color rojo en la maduración habitualmente. Estas bayas pueden ser lisas o acostilladas, según las variedades. En el interior de la baya se diferencian

claramente los lóculos carpelares que pueden variar de 2 a 30. El tamaño de los frutos también es variable, desde 3 cm de diámetro hasta 16 cm (INIAP, 2020).

- **Semillas** son grisáceas, con forma de disco y pequeñas. En un gramo puede haber hasta 350 semillas. La capacidad germinativa de estas semillas es de 4 o 5 años (INIAP, 2020).

4.7. Fenología

La fenología del tomate está constituida por las etapas de su ciclo de vida. Es un cultivo que presenta tres etapas principales de desarrollo y a dichas etapas se les conoce como fases de desarrollo o fases fenológicas. La duración aproximada de cada una de las etapas de desarrollo es la siguiente: fase inicial de 1 a 21 días; fase vegetativa de 22 a 80 días, que incluye el desarrollo vegetativo (22 a 49 días), el desarrollo floral (50 a 80 días); y la fase reproductiva de 81 a 100 días. A continuación, se presenta una pequeña descripción de cada una de las fases fenológicas del tomate (López, 2016).

- **Establecimiento de la planta joven**

Constituye el periodo de formación inicial de las partes aéreas de la planta, conocido como desarrollo del semillero (López, 2016).



Figura 1. Establecimiento del semillero y de la planta joven (López, 2016).

- **Crecimiento vegetativo**

Comprende los primeros cuarenta a cuarenta y cinco días desde la siembra de la semilla, después de los cuales las plantas comienzan su desarrollo continuo. A esta etapa le siguen cuatro semanas de crecimiento rápido (López, 2016).



Figura 2. Crecimiento vegetativo del tomate (López, 2016).

➤ **Floración e inicio del cuaje de la fruta**

Este periodo se extiende desde el inicio de la floración (de veinte a cuarenta días luego del trasplante) hasta la finalización del ciclo de crecimiento de la planta. El cuaje tiene lugar cuando la flor es fecundada y empieza el proceso de su transformación en fruto (Zurita, 2022).



Figura 3. Proceso de floración e inicio del cuaje de la fruta del tomate (Zurita, 2022).

➤ **Inicio del desarrollo de la fruta**

El cuaje de la fruta ocurre luego de la polinización, que tiene lugar por medio del viento y las abejas. En esta etapa, una vez iniciado su crecimiento, la fruta no suele caerse y no presenta rastros de la flor. El crecimiento de la fruta y la acumulación de materia seca presentan un ritmo relativamente estable, hasta llegar a dos o tres grados de maduración (Fornaris, 2021).



Figura 4. Cuaje, desarrollo y crecimiento de la fruta del tomate (Fornaris, 2021).

➤ **Maduración de la fruta**

Por lo general la maduración ocurre aproximadamente ochenta días después del trasplante, dependiendo del cultivar, la nutrición y las condiciones climáticas (figura 10). Luego, la cosecha continúa hasta llegar de los 180 a 210 días después del trasplante (Jaramillo, 2018).



Figura 5. Frutos en proceso de maduración y maduros (Jaramillo, 2018).

4.8. Requerimientos Edafoclimáticos

- **Luminosidad o Radiación:** El tomate es un cultivo que no lo afecta el fotoperíodo o largo del día, sus necesidades de luz oscilan entre las 8 y 16 horas luz al día (Winue, 2008).
- **Temperatura:** Los rangos para un desarrollo óptimo del cultivo oscilan entre los 28 a 30 ° C durante el día y 15 a 18 ° C durante la noche. Temperaturas de más de 35 ° C y menos de 10 ° C durante la floración provocan caída de flor y limitan el cuajado del fruto (Winue, 2008).
- **Humedad Relativa:** Oscila entre 65 y 70 %; dentro de este rango se favorece el desarrollo normal de la polinización, garantizando así una buena producción (Ocaña, 2018).
- **Suelos:** Los suelos aptos para cultivar tomate son los de media a mucha fertilidad, profundos y bien drenados, pudiendo ser franco arenoso, arcillo arenosos y orgánicos. El pH del suelo tiene que estar dentro de un rango de 5.9 a 6.5, para tener el mejor aprovechamiento de los fertilizantes que se apliquen (Ocaña, 2018).

4.9. Requerimientos Nutricionales

El cultivo de tomate necesita mayor consumo de fósforo en una fase temprana, el nitrógeno tiene su pico poco antes de la floración. El calcio se necesita desde la floración pasando por el desarrollo del fruto hasta la cosecha (Pazmiño & González, 2020).

Por lo que el nitrógeno es necesario en las fases tempranas de desarrollo para fomentar un crecimiento fuerte de las plántulas se necesita aproximadamente de 2,2 a 2,4 kg de N para asegurar un correcto crecimiento de la planta. El mayor consumo es poco antes de la floración (Pazmiño & González, 2020).

La principal necesidad de fósforo se requiere en fases tempranas del desarrollo de la planta para asegurar un buen desarrollo radicular y una buena floración con una cantidad estimada que varía entre 0,2 a 0,4 kg de dicho compuesto. Se necesita más potasio que nitrógeno. El calcio también se necesita en cantidades relativamente grandes. En muchas situaciones tiene la misma importancia que el nitrógeno. Más de un 60% del nitrógeno, fósforo y potasio absorbidos por la planta, será utilizado en el fruto (Pazmiño & González, 2020).

4.10. Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (RPCV)

Las RPCV son bacterias de vida libre en el suelo y a las que colonizan la rizosfera o el tejido de las plantas, estas bacterias al ser usadas como inoculante biológico tienen un efecto positivo y medible sobre las plantas. Este efecto puede ser directo, a través del incremento en la disponibilidad de nutrientes o a través de la síntesis de moléculas que influyen benéficamente

el desarrollo de la planta, o indirecto, mediante amensalismo o competencia con organismos potencialmente patógenos o mediante la prevención de estreses abióticos (Pardo, Mazo, & Rojas , 2022).

4.10.1. Importancia ambiental

Las bacterias beneficiosas del suelo juegan un papel muy importante, ya que al asociarse con las plantas aumentan su crecimiento y desarrollo, además proporcionan protección contra organismos patógenos del mismo. Las RPCV son capaces de producir hormonas promotoras del crecimiento, como auxinas, giberelinas, citoquininas y ácido abscísico. Este fenómeno estimula el crecimiento aéreo de las plantas y formación de raíces. Mediante la producción de antibióticos y metabolitos antifúngicos, las PGPR tienen la capacidad de controlar hongos y bacterias patógenas que afectan a las plantas, actuando como antagonistas. Además, tienen el potencial de producir enzimas líticas, cianuro o inducción de mecanismos de resistencia, lo que le permite inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos que afectan al desarrollo de las plantas (Dascón, 2018).

4.11. Clasificación de las RPCV

4.11.1. *Pseudomonas*

Es un género con capacidad biocontroladora, responsable de la supresión natural de algunos patógenos transmitidos por el suelo, estimulador del crecimiento de las plantas y solubilizador de minerales; además, presenta una alta tasa de crecimiento en condiciones in vitro, lo cual facilita su producción en masa. Las *Pseudomonas fluorescens* producen un amplio espectro de metabolitos bioactivos; es decir, antibióticos, sideróforos, volátiles y sustancias promotoras del crecimiento vegetal, permitiéndole una mejor adaptación al estrés ambiental (Posada, Mejía, Polanco y Cardona, 2021).

4.11.2. *Azospirillum*

Es conocido desde hace décadas como uno de los microorganismos más versátiles de las BPCV. Las especies de este género se pueden colonizar en las raíces de los cultivos de importancia agronómica, produciendo fitohormonas, facilitando la solubilización de nutrientes, incluida la fijación de nitrógeno y el secuestro de Fe, favoreciendo las asociaciones benéficas de micorrizas con plantas y minimizando los efectos negativos del estrés biótico y abiótico (Mangmang, 2015).

4.11.3. *Azotobacter*

Es conocido por sintetizar sustancias promotoras del crecimiento biológicamente activas como el ácido indolacético, giberelinas y vitaminas B en medios de cultivo; además de su capacidad para fijar N atmosférico (Rodríguez, Chambula y Arrobas, 2018).

4.12. Antecedentes de Estudios Referentes al Proyecto de Investigación

Olanrewaju, Glick, & Oluranti (2017), mencionan que la idea de eliminar el uso de fertilizantes que son ambientalmente inseguros va lentamente convirtiéndose en una realidad debido a la aparición de microorganismos que pueden servir para el mismo propósito o incluso hacerlo mejor. El agotamiento de los nutrientes del suelo a través de la lixiviación en las vías fluviales y la contaminación son algunos de los efectos negativos. Esto nos lleva a la idea de utilizar microorganismos que pueden desarrollarse para su uso como fertilizantes biológicos (biofertilizantes) y los mismos que son respetuosos con el medio ambiente. Logrando mediante este estudio comprobar que los microorganismos aumentan el rendimiento de los cultivos y la producción. Aparte de mejorar el rendimiento de los cultivos, algunos biofertilizantes también controlan diversos patógenos de plantas. Martínez, Gurrola, Pérez, & Díaz (2013), realizaron un estudio en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango del Instituto Politécnico Nacional, con el propósito de conocer el estado actual en materia de biofertilizantes utilizados en el cultivo de tomate. Entre los inoculantes empleados como biofertilizantes se encuentran los hongos micorrízicos, los cuales a través de las hifas favorecen el desarrollo de las plantas lo que mejora la absorción de minerales y las bacterias promotores del crecimiento, que solubilizan nitrógeno atmosférico, favorecen la producción de hormonas, e incrementan la toma de agua y minerales. Por lo tanto, en el presente estudio se empleó como metodología la aplicación de *Azospirillum*, con toma de muestras durante tres 4 meses con observaciones cada dos semanas, los datos tomados en cuanto a crecimiento de las plantas fueron analizados mediante el programa infostat para poder establecer las diferencias que presento con el tratamiento testigo. Finalmente, con resultados obtenidos se pudo establecer que las bacterias benéficas en cultivo de tomate son importantes, ya que el género más abundante en la rizosfera era *Azospirillum* el mismo que aumenta el tamaño y el estado nutricional de la planta; obteniendo un rendimiento de un 11% más comparado con el testigo sin inocular. Logrando de esta manera concluir que la inoculación de bacterias en el cultivo de tomate es de suma

importancia, del invertebra que ayuda a aumentar el rendimiento del cultivo al igual que reducir el uso de químicos que no solo afectan a medio ambiente sino también a la salud de las personas.

Mientras que Espinosa et al (2017), realizaron un estudio, en la Comarca Lagunera en un invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México; con la finalidad de evaluar el efecto de la inoculación de tres RPCV: *Bacillus* spp., *Aeromonas* spp., y *Pseudomonas lini Delorme*, utilizando dos sustratos, en la cual se empleó el tomate cv. Afrodita, el cual se sembró en bandejas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando Peat moss como sustrato. Las bandejas fueron colocadas en el interior del invernadero, estas se cubrieron con plástico negro durante 72 h, aplicando cada 24 horas riego. La inoculación de las RPCV se realizó a los 12 días después de la emergencia de las plántulas, empleando el método de inmersión, durante un periodo de 5 minutos, en una suspensión bacteriana de 4 L, a una concentración de 1×10^8 UFC mL⁻¹, los tratamientos testigos solo se trataron con agua destilada, luego de la toma de datos se efectuó un diseño experimental utilizando bloques completamente al azar con arreglo factorial (2 × 4), con ocho tratamientos y cinco repeticiones: el factor A correspondió a los sustratos, mientras que el factor B fueron las RPCV: *Bacillus* spp., *Aeromonas* spp. y *P. lini*. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza en donde se pudo establecer que los diámetros ecuatorial y polar de los frutos de los diferentes tratamientos, así como el contenido de sólidos solubles, presentaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), del mismo modo, se encontraron significancias estadísticas en espesor de pericarpio y firmeza de fruto ($P \leq 0.05$) por efecto de la interacción sustratos × RPCV. Logrando de esta manera establecer que la inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) y la utilización del sustrato a base de compost incrementaron el rendimiento y la calidad de los frutos de tomate producido bajo condiciones de invernadero.

5. Metodología

5.1. Localización del Estudio

El presente estudio se realizó en la Quinta Experimental Docente “La Argelia” (QEDA) de la Universidad Nacional de Loja, barrio La Argelia, parroquia Punzara, cantón Loja, provincia de Loja, ubicada a una latitud de $4^{\circ}02'19,2''S$, longitud de $79^{\circ}12'00,6''W$ y una altura de 2 150 msnm (Figura 6).

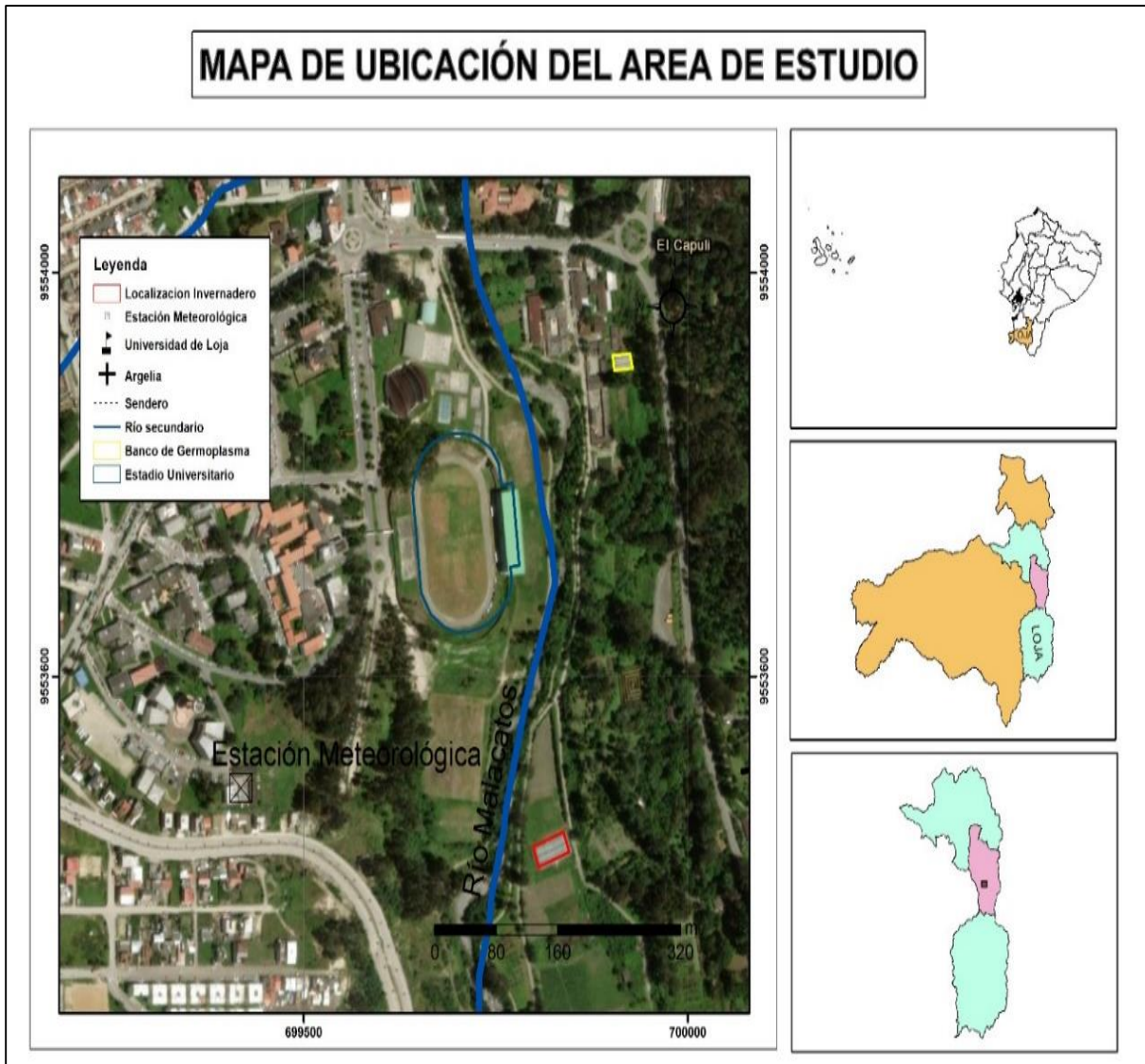


Figura 6. Ubicación de la investigación, cantón Loja, Quinta Experimental Docente “La Argelia”.

5.1.1. Condiciones climáticas

El plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Loja (2020), menciona que las condiciones meteorológicas que presenta el sitio de investigación son:

- Precipitación media anual de 900 mm.
- Temperatura media anual de 18 °C.
- Humedad media de 78%.

5.2. Metodología General

Primeramente, se realizó la preparación del sustrato en una proporción de 2.1.1, es decir tierra arena y turba, así mismo se realizó la esterilización del sustrato en una estufa a 150°C por 3 horas y luego tres ciclos sucesivos de esterilización. El sustrato fue depositado en bandejas de germinación para obtener el semillero correspondiente de tomate de riñón (*Solanum lycopersicum* L) variedad pomodoro, y al mismo tiempo se ejecutó la inoculación de las diferentes bacterias con una dosis de 0.5 ml por cada semilla, posterior a ello hasta que se dé la germinación y crecimiento de las plantas de tomate se realizó el trazado de las parcelas en una superficie total de 200 m². Luego se realizó el trasplante a los 25 días en camas previamente preparadas con una distancia entre hileras de 70 cm y entre plantas de 40 cm de acuerdo al diseño propuesto para la investigación, además se realizó una segunda inoculación de las bacterias con una dosis de 5 ml por planta. También se realizó controles de malezas de forma manual. Así mismo, se realizó un control fitosanitario, para el control de la mosca blanca fue a base del producto químico Oxitetraciclina con una dosificación de 1 ml en cinco litros de agua. El riego se efectuó en toda la etapa del cultivo según los requerimientos hídricos del mismo (Anexo 1).

5.2.1. Registro de datos

El registro de datos de cada una de las variables se tomó a los 43 días después de la siembra, esto con una frecuencia de cada 8 días, la toma de datos fue hasta la etapa de floración del cultivo (Anexo 10).

5.2.2. Tipo y alcance de investigación

La investigación fue de tipo experimental y explicativa, debido a que se utilizó un diseño con diferentes tratamientos, lo que permitió determinar el comportamiento de los diferentes microorganismos sobre el crecimiento del cultivo de tomate de riñón bajo invernadero, además se recopiló información cuantificable para ser utilizada en el análisis estadístico. El alcance de la investigación fue de tipo experimental, ya que se evaluaron diferentes variables que se generaron

mediante la inoculación de *Pseudomonas*; *Azospirillum* y *Azotobacter* promotores del crecimiento vegetal en el cultivo de tomate de riñón (*Solanum lycopersicum* L).

5.2.3. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) (Figura 7) y se trabajó con la semilla de tomate var. Pomodoro, aplicando 7 tratamientos: T1: *Pseudomonas* + *Azospirillum*, T2: *Azospirillum* + *Azotobacter*, T3: *Pseudomonas*, T4: *Azotobacter*, T5: *Azospirillum*, T6: Químico (10-30-10), T7: Testigo (Sin control) (Anexo 14 y 15). Y de cada tratamiento se realizó 3 repeticiones, dando un total de 21 unidades experimentales (UE). Cada unidad experimental presentó dimensiones de 2 m * 0,5 m, con un espaciamento entre cada unidad experimental de 0,6 m, las cuales presentaran las características mostradas en la Tabla 1 y 2.

Tabla 1. Características de la unidad experimental de la inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal y su efecto en el cultivo de tomate de riñón bajo invernadero.

Largo de la parcela	2 m
Ancho de la parcela	0,5 m
Superficie de la parcela total	2,5 m ²
Distancia entre hilera	0,7 m
Distancia entre planta	0,4 m
Distancia entre parcelas	0,6 m
Superficie total del ensayo	200 m ²
Unidades experimentales	21

Tabla 2. Descripción de los tratamientos utilizados en el experimento bajo invernadero.

Nº	Símbolo	Descripción	Dosis/planta
1	T1	<i>Pseudomonas</i> + <i>Azospirillum</i>	1 ml
2	T2	<i>Azospirillum</i> + <i>Azotobacter</i>	1 ml
3	T3	<i>Pseudomonas</i>	1 ml
4	T4	<i>Azotobacter</i>	1 ml

5	T5	<i>Azospirillum</i>	1 ml
6	T6	Químico (10-30-10)	50 g
7	T7	Testigo	Sin control

5.2.4. Esquema de disposición del ensayo en campo

En la figura 7 se muestran los siete tratamientos distribuidos bajo invernadero en tres repeticiones.

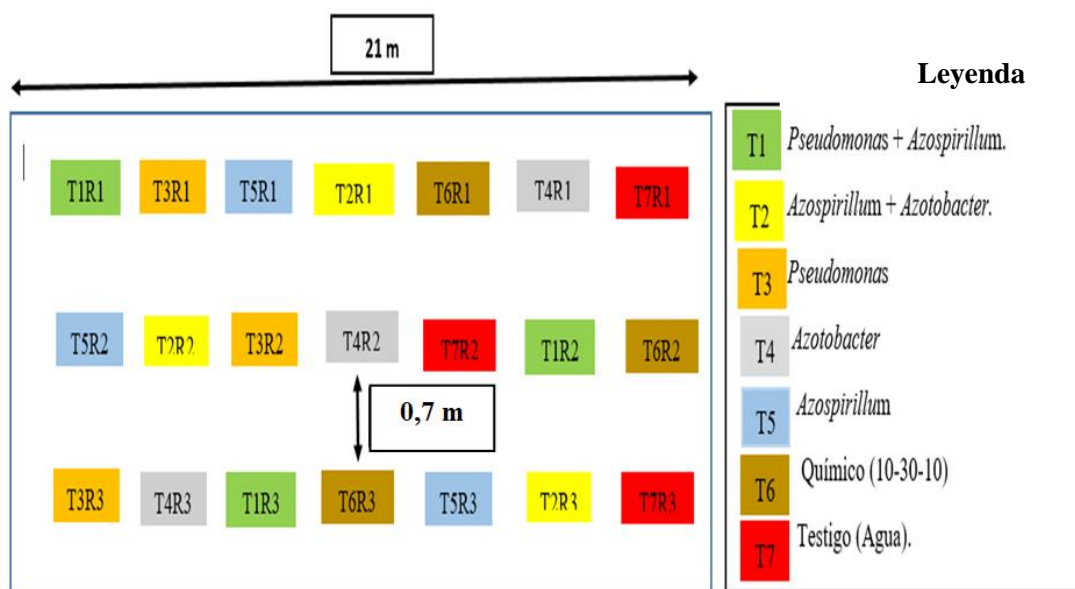


Figura 7. Diseño experimental implementado en campo con la aplicación de rizobacterias en el cultivo de tomate de riñón (*Solanum lycopersicum* L).

5.2.5. Modelo matemático del diseño

Al tratarse de un diseño completamente al Azar (DCA) se utilizó el siguiente modelo matemático.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

- Y_{ijk} = Respuesta de la k-ésima repetición en el i-ésimo nivel del factor A y j-ésimo nivel del factor B
- μ = Media general de las observaciones
- A_i = Efecto que produce el i-ésimo nivel del factor A
- B_j = Efecto que produce el j-ésimo nivel del factor B

5.2.6. Análisis estadístico

Se tabularon los datos recolectados en una base de datos de Microsoft Excel, luego se procedió a realizar el análisis estadístico haciendo uso del programa Infostat, los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) con arreglo bifactorial, con un nivel de significancia del 5% y de esta manera se determinó si existe o no diferencias significativas entre tratamientos empleados. Posterior a esto se realizó pruebas de comparación mediante el test de Tukey ($P \leq 0.05$), lo que permitió identificar cual fue el mejor tratamiento.

5.3. Metodología para el primer objetivo: Evaluar variables morfológicas de (*Solanum lycopersicum* L) hasta floración inoculadas con microorganismos promotores del crecimiento vegetal

5.3.1. Reactivación de las bacterias promotoras del crecimiento vegetal

Las cepas activadas fueron sembradas en cajas Petri con Agar nutritivo previamente esterilizado durante 18 min a 121 °C. Una vez inoculadas las cepas en las cajas de Petri se incubaron a 28 °C durante 72 horas. Luego, las cepas se propagaron en caldo nutritivo en incubadora con agitación rotatoria a 250 rpm durante 48 horas a 28 °C hasta obtener una concentración de 1×10^8 células ml^{-1} de acuerdo con la escala de McFerland (McFerland, 1970).

5.3.2. Siembra en semillero

El sustrato utilizado fue a base de tierra, arena y turba (2-1-1); las semillas de tomate de riñón se desinfectaron con alcohol al 70% y se lavaron con agua destilada estéril. Para evaluar la capacidad promotora de la germinación de las cepas bacterianas en semillas de tomate de riñón, ya obtenidas las bacterias y con ayuda de una micro pipeta se tomó 0.5 ml de la solución y se colocó en cada alveolo del semillero, teniendo en cuenta que la solución haga contacto con la semilla. En total se plantaron 10 semillas por cada tratamiento (Anexo 13). Luego a los 25 días una vez que se realizó el trasplante de las plántulas se efectuó una segunda inoculación con una cantidad de 5 ml por planta y por cada tratamiento donde se aplicó las bacterias.

5.3.4. Variables evaluadas

Para el cumplimiento de este punto se tomó un total de tres plantas de cada unidad experimental, y con una frecuencia de toma de datos de cada 8 días.

5.3.4.1. Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación de las semillas se determinó mediante la relación entre el número de semillas germinadas y el número de semillas totales, esto desde el inicio de la siembra en el semillero, y la misma fue evaluada mediante la siguiente ecuación (cita)

$$\% \text{ Germinación} = \left(\frac{\text{semillas germinadas}}{\text{semillas totales}} \right) * 100$$

5.3.4.2. Altura de plántula

Se ejecutaron mediciones periódicas durante el ensayo, iniciando en el día 43 después del trasplante hasta el final del ensayo, para ello se midió desde el nivel del suelo hasta el ápice con ayuda de una cinta métrica (Anexo 17).

5.3.4.3. Número de hojas

Para establecer esta variable se realizó el conteo de cada una de las hojas que fueron presentando las plantas hasta su floración.

5.3.4.4. Diámetro del tallo

Con las plantas tomadas completamente al azar por cada repetición y tratamiento con ayuda de un pie de rey se procedió a medir el grosor del tallo.

5.3.4.5. Longitud radicular

Se utilizaron las plantas que fueron evaluadas desde emergencia hasta floración, luego se procedió a sacarlas y con ayuda de una regla se midió el tamaño de la raíz de cada planta (Anexo 18).

5.4. Metodología para el segundo objetivo: Realizar un análisis económico para determinar el tratamiento más eficiente

Para cumplir con este objetivo se realizó un análisis de todos los costos fijos y costos variables, los mismos desde el desde el semillero hasta floración como se puede observar en la tabla 3.

Tabla 3. Estimación del análisis económico del proyecto.

TRATAMIENTOS	COSTOS		Subtotal CF + CV	Imprevistos 5 %	COSTO TOTAL
	Costos Fijos	Costos Variables			
T1 (<i>Pseudomonas</i> + <i>Azospirillum</i>)	\$	\$	\$	\$	\$

T2 (<i>Azospirillum</i> + <i>Azotobacter</i>)	\$	\$	\$	\$	\$
T3(<i>Pseudomonas</i>)	\$	\$	\$	\$	\$
T4 (<i>Azotobacter</i>)	\$	\$	\$	\$	\$
T5 (<i>Azospirillum</i>)	\$	\$	\$	\$	\$
T6 Químico	\$	\$	\$	\$	\$
T7 Testigo	\$	\$	\$	\$	\$

6. Resultados

6.1. Resultados para el primer objetivo: Evaluar variables morfológicas de (*Solanum lycopersicum* L) hasta floración inoculadas con microorganismos promotores del crecimiento vegetal.

6.1.1. Porcentaje de germinación

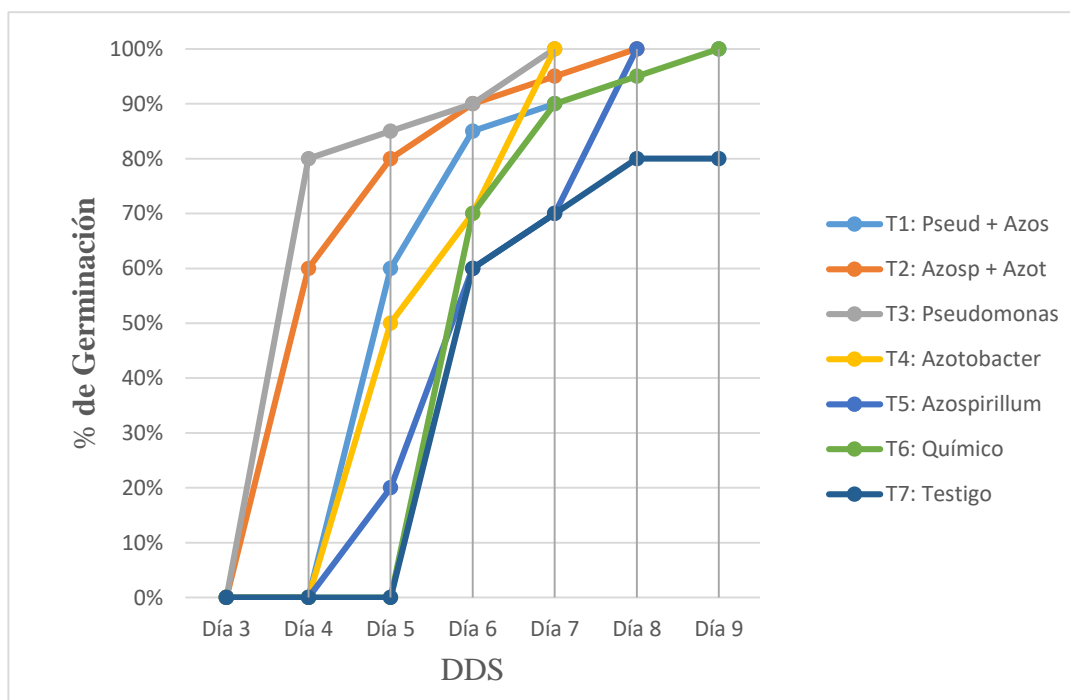


Figura 8. Efecto de la inoculación de la rizobacterias en el porcentaje de germinación de los diferentes tratamientos.

La efectividad de la bacteria (*Pseudomonas*) y (*Azotobacter*) se puso en manifiesto al promover el 100 % de germinación de las semillas de tomate de riñón (*Solanum lycopersicum* L) en un

tiempo de siete días. A diferencia del T1 (*Pseudomonas* + *Azospirillum*) que demoró hasta nueve días para completar la fase de emergencia. Anexo (13).

6.1.2. Altura de la planta

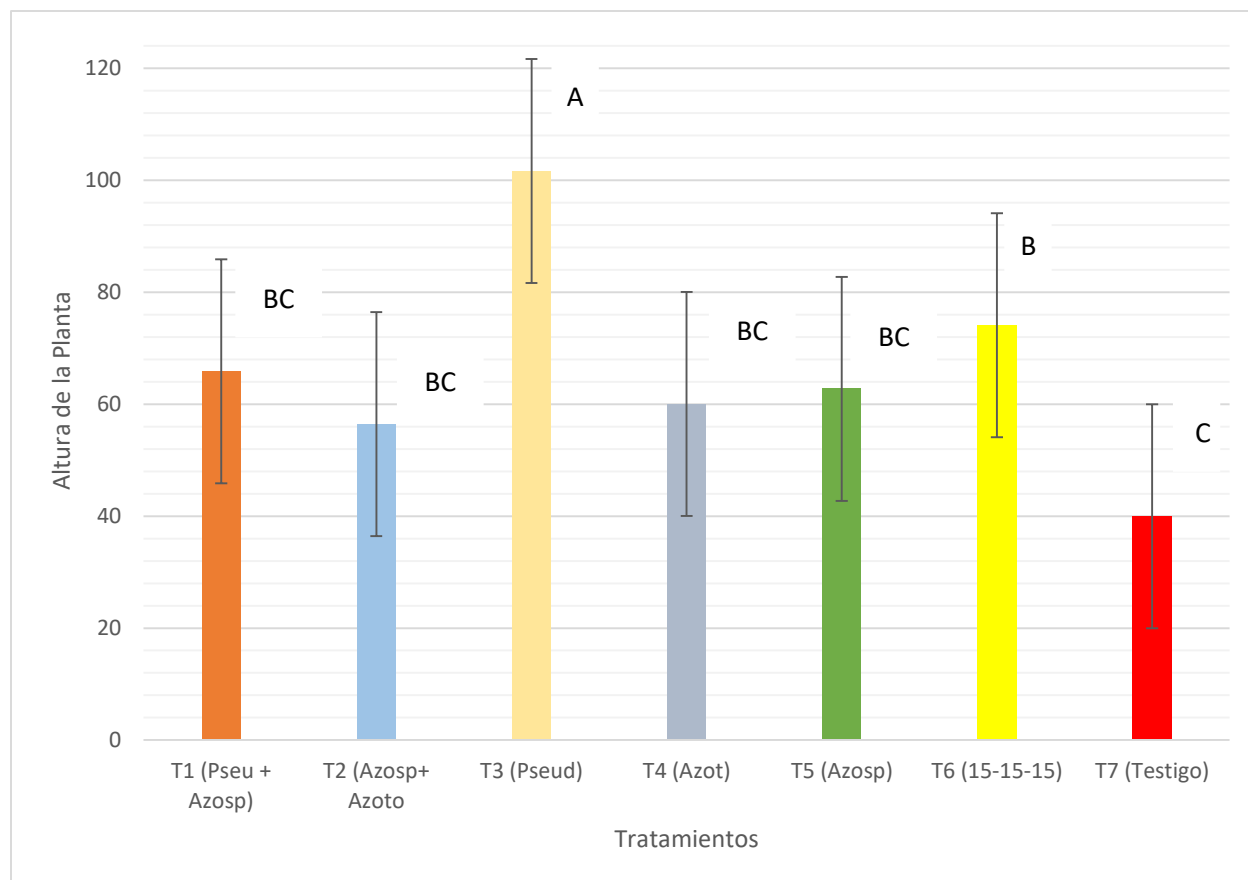


Figura 9. Efecto de la inoculación de las rizobacterias en la altura del tomate de riñón bajo invernadero. Las diferentes letras muestran la diferencia que se presenta entre los diferentes tratamientos.

De acuerdo a los resultados obtenidos en cuanto a la altura de las plantas, de los diferentes tratamientos, luego de hacer la inoculación de las bacterias y a los 83 días después del trasplante se pudo evidenciar diferencias significativas ($p < 0.05$) según el análisis de varianza (Anexo 2 y 3). Teniendo un p -valor < 0.0001 , por lo que se puede establecer de acuerdo a la gráfica obtenida que el tratamiento que hasta la fecha presentó mejor altura fue el T3 (*Pseudomonas*) con un promedio de 101.66 cm, seguido del T6 (Químico) con una altura promedio de 74.11 cm y los tratamientos que menor efectividad presentaron fueron el T2 (*Azospirillum* + *Azotobacter*) con una altura de 56.45 cm y el T7 testigo con una altura de 40 cm (Figura 9).

6.1.3. Número de hojas

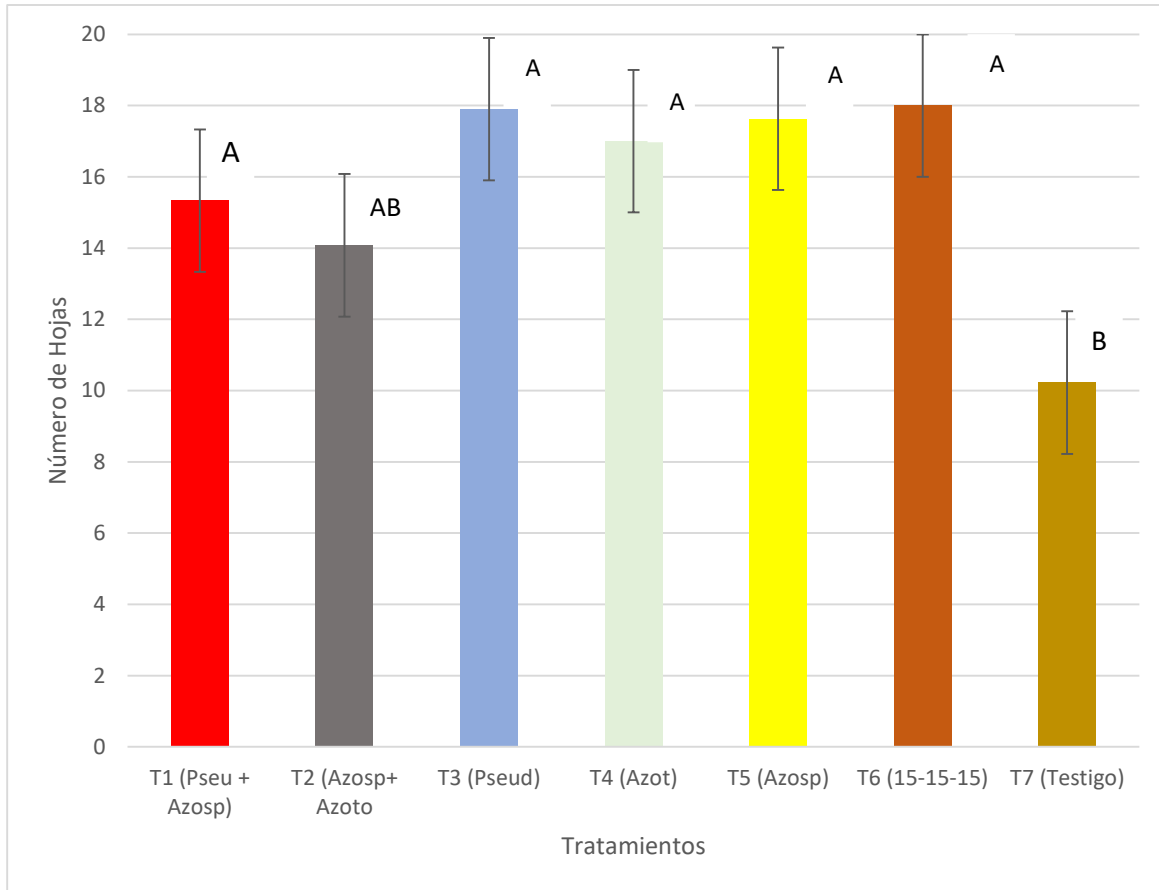


Figura 10. Efecto de la inoculación de la rizobacterias en cuanto al número de hojas en el cultivo de tomate de riñón bajo invernadero. Las diferentes letras muestran la diferencia que se presenta entre los tratamientos.

En el siguiente resultado se puede observar diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, el tratamiento que mejor eficiencia presentó fue el T6 (Químico) con un promedio de 18 hojas por planta, seguido del T3 (*Pseudomonas*) con 17 hojas y T5 (*Azospirillum*) con un promedio de 16 hojas por planta (Anexo 4 y 5). Mientras que los tratamientos que menor eficiencia presentaron fueron el T2 (*Azospirillum* + *Azotobacter*) con un promedio de 14 y el T7 (testigo) con un promedio de 10 hojas por cada planta (Figura 10).

6.1.4. Diámetro del tallo

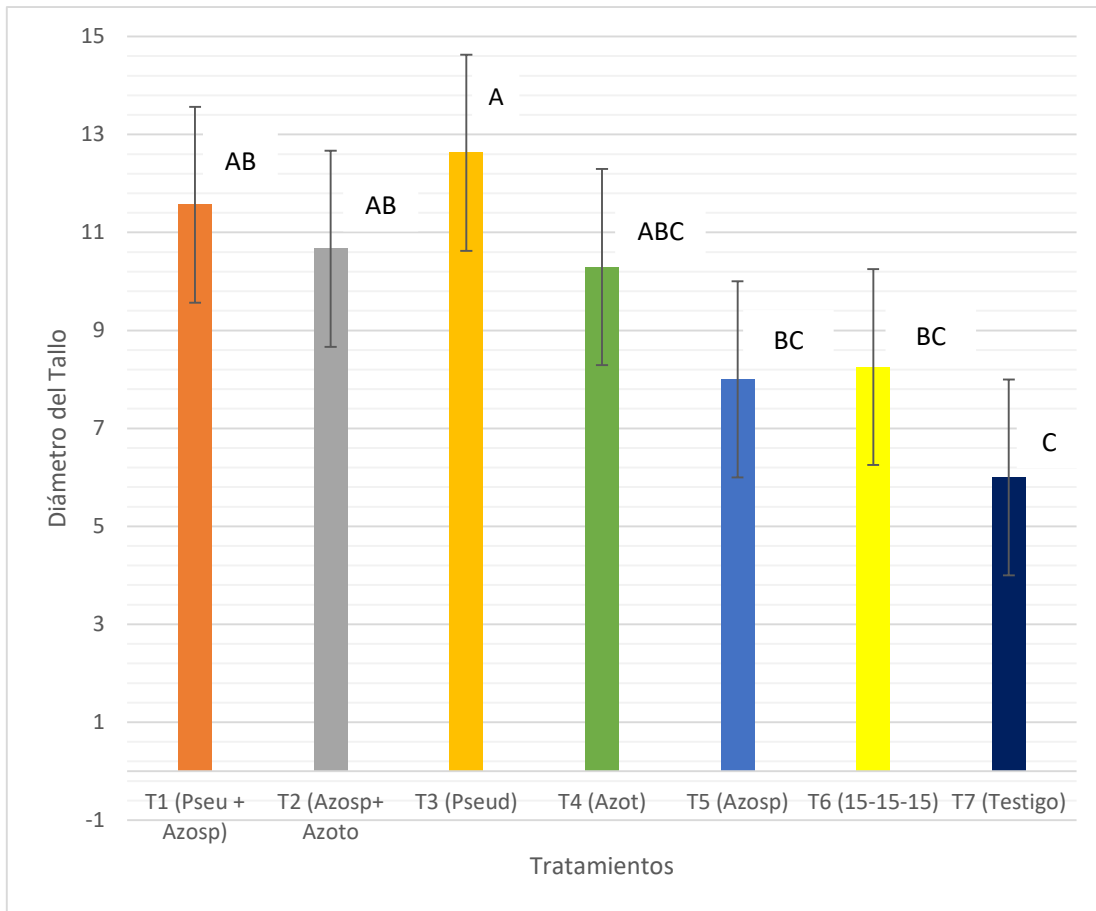


Figura 11. Efecto de la inoculación de la rizobacterias en cuanto al diámetro del tallo en el cultivo de tomate de riñón bajo invernadero. Las diferentes letras muestran la diferencia que se presenta entre los tratamientos.

Los resultados obtenidos en cuanto al diámetro del tallo de los diferentes tratamientos, luego de hacer la inoculación de las bacterias y a los 43 días después del trasplante se pudo determinar diferencias significativas ($p < 0.05$), según el análisis de varianza teniendo un p-valor < 0.0002 (Figura 11). Por lo que se puede establecer de acuerdo con la gráfica obtenida que el tratamiento que hasta la fecha presentó mejor eficiencia fue el T3 (*Pseudomonas*) con un promedio de 12.63 mm, seguido del T1 (*Pseudomonas + Azospirillum*) con un promedio de 11.56 mm, mientras que el tratamiento T4 (*Azotobacter*) presentó 10.29 mm; seguido del T6 (Químico 10-30-10) con un promedio de 8.25 mm, a diferencia del T7 (Testigo) que presentó el efecto más bajo con un promedio de 6 mm (Anexo 6 y 7).

6.1.5. Diámetro de la raíz

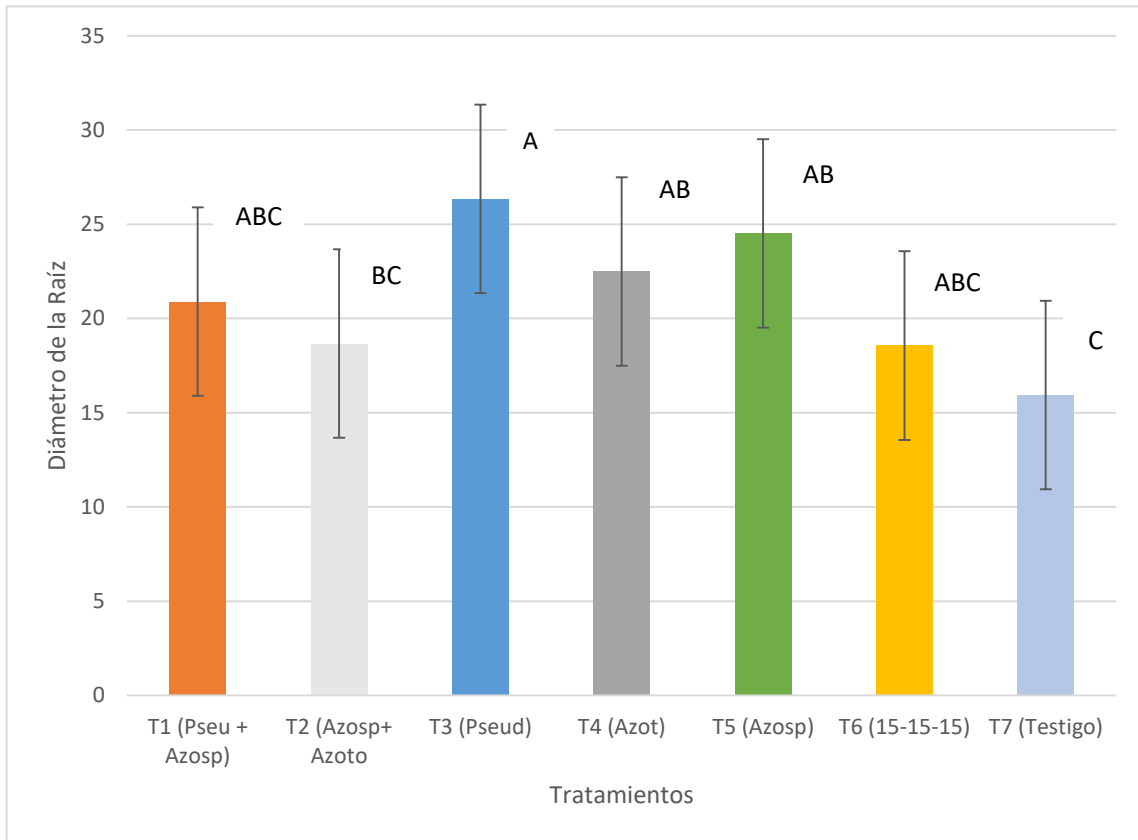


Figura 12. Efecto de la inoculación de la rizobacterias en cuanto al diámetro de la raíz en el cultivo de tomate de riñón bajo invernadero. Las diferentes letras muestran la diferencia que se presenta entre los diferentes tratamientos.

De acuerdo a los resultados obtenidos en cuanto al diámetro de la raíz de los diferentes tratamientos, luego de hacer la inoculación de las bacterias y a los 83 días después del trasplante se pudo determinar, que no se presentaron diferencias significativas según el análisis de varianza (Anexo 8 y 9). Teniendo un p -valor > 0.05 , sin embargo, de acuerdo a la gráfica obtenida se puede establecer que el tratamiento que hasta la fecha presentó mejor resultado fue el T3 (*Pseudomonas*), con un promedio de 26.34 cm, seguido del T5 (*Azospirillum*) con un diámetro promedio de 24.51 cm y los tratamientos que menor efectividad presentaron fueron el T2 (*Azospirillum* + *Azotobacter*) con un diámetro de 18.67 cm seguido del T7 (testigo) con 15.93 cm (Figura 12).

6.2. Resultado para el segundo objetivo: Realizar un análisis económico para determinar el tratamiento más eficiente.

Tabla 4. Resultado del análisis de costos variables de los diferentes tratamientos.

TRATAMIENTOS	COSTOS		Subtotal CF + CV	Imprevistos 5 %	COSTO TOTAL
	Costos Fijos	Costos Variables			
T1 (<i>Pseudomonas</i> + <i>Azospirillum</i>)	118.33 \$	731 \$	849.33 \$	42.45 \$	891.45 \$
T2 (<i>Azospirillum</i> + <i>Azotobacter</i>)	118.33 \$	746 \$	863.82 \$	43.19 \$	907.01 \$
T3(<i>Pseudomonas</i>)	65 \$	622.50 \$	667.5 \$	33.37 \$	700.87 \$
T4 (<i>Azotobacter</i>)	118.33 \$	735.50 \$	854.33 \$	42.71 \$	897.04 \$
T5 (<i>Azospirillum</i>)	118.33 \$	715.50 \$	833.83 \$	41.69 \$	875.52 \$
T6 Químico	118.33 \$	715.50 \$	833.83 \$	41.69 \$	875.52 \$
T7 Testigo	118.33 \$	939.50 \$	1038.33 \$	51.91 \$	1090.24 \$

En la tabla 4 se muestran los costos fijos y variables de cada uno de los tratamientos empleados en el presente ensayo, se pudo determinar que el tratamiento más eficiente con respecto a las variables evaluadas y a los costos generados fue el T3 (*Pseudomonas*).; seguido del T5 (*Azospirillum*) y T6 (Químico) con un costo estimado de 875. 52 \$. Mientras que el tratamiento que mayor costo implicó durante la investigación fue el T7 (Testigo) con un costo total de 1090.24 \$.

6.2.1. Correlación entre los diferentes tratamientos y variables evaluadas

En la tabla 5 se destacan las correlaciones más importantes con un coeficiente de Pearson ($r>0,7$) y un nivel de significancia ($p<0,05$).

Tabla 5. Análisis de correlación entre los diferentes tratamientos y variables evaluadas.

ANÁLISIS DE CORRELACIÓN					
Variables	Altura	# hojas	Grosor tallo	Diam. raíz	% Germinación
Altura	1				
# hojas	0.973	1			

Grosor tallo	0.691	0.474	1		
Diam. raíz	0.833	0.746	0.601	1	
% Germinación	0.532	0.657	0.544	0.548	1

Valores de 0.80-1.00 se considera correlación muy positiva; 0.60-0.80= correlación positiva; 0.40-0.60=correlación moderada; 0.20-0.40= correlación débil; 0.00-0.20= correlación muy débil.

Se encontró una asociación muy positiva entre las variables número de hojas con la altura de la planta ($r = 0,973$), con el diámetro de la raíz ($r = 0.883$). Mientras que el número de hojas tuvo una correlación positiva con la variable diámetro de la raíz ($r= 0.746$), también la variable grosor del tallo presentó una correlación positiva con la variable diámetro de la raíz ($r= 0.601$), además de la variable número de hojas con diámetro de la raíz ($r= 0.746$), porcentaje de germinación ($r=0.657$) y finalmente se observó (Tabla 5) que los datos restantes presentaron una correlación moderada con valores de ($r=0.40- 0.60$) respectivamente

7. Discusión

7.1. Discusión para el primer objetivo

- **Porcentaje de germinación**

Los tratamientos inoculados con bacterias rizosféricas evidenciaron porcentajes de germinación superiores al 90 %, mientras que el tratamiento testigo no sobrepasó dicho valor. Estos resultados son similares a lo obtenido por Marquina et al., (2018), quienes aplicaron bacterias como: *Azospirillum*, y *Bradyrhizobium* sp., en semillas de tomate de riñón logrando índices de germinación sobre el 95 % frente al 80 % del tratamiento testigo. Por otro lado, Lobato et al., (2021), al aplicar bacterias rizosféricas en semillas de tomate de riñón obtuvieron los mayores índices de germinación con *Pseudomonas* y *Celulosimicrobio* superando con más del 25 % al tratamiento testigo.

- **Altura de la planta**

En cuanto a este parámetro evaluado a los 83 días después del trasplante, se observó que la bacteria a base de *Pseudomonas* y sus interacciones tuvieron influencia positiva en las plantas de tomate de riñón inoculadas, es decir, hubo una interacción beneficiosa. Esto se explica debido a que las *Pseudomonas* son un género de bacterias con capacidad biocontroladora y estimuladora del crecimiento de las plantas, además que permite un mejor desarrollo radicular por lo cual las plantas tienen la capacidad de realizar una mejor absorción de nutrientes del suelo y por ende su crecimiento será más óptimo (Posada, Mejía, Polanco y Cardona, 2021); lo cual se diferencia de los resultados obtenidos por Contreras (2010), quien trabajó con *Pseudomonas*, pero esta no generó la mejor altura con relación a los demás tratamientos empleados. Según la autora, esto pudo deberse a varios factores: que no existiera gran reproducción de las rizobacterias empleadas; que requieran ser inoculadas a la semilla o bien que requieran dosis mayores de inoculación.

- **Número de hojas**

La interacción de las bacterias en las plantas de tomate de riñón presentó una influencia positiva, no se evidenció mayor variación en el número de hojas de los diferentes tratamientos, pero sí se pudo establecer que todos los demás tratamientos fueron superiores al tratamiento testigo. Orna (2009), afirma que en cuanto al número de hojas en el cultivo de tomate de riñón no encontró diferencias significativas entre los tratamientos a base de bacterias promotoras del crecimiento vegetal, pero todos fueron superiores al testigo. Estos resultados concuerdan con lo obtenido por Angulo et al., (2021), quienes mencionan que la inoculación con *Pseudomonas*

tolaasii fue mayor en comparación con el tratamiento testigo no inoculado. Así mismo Dashti *et al.*, (2012) reportaron que al inocular rizobacterias como *Pseudomonas aeruginosa* y *Stenotrophomonas rhizophilia* exhibieron incrementos significativos en el número de hojas en contraste con el tratamiento testigo bajo condiciones controladas.

Además, los tratamientos aplicados con bacterias tuvieron un efecto positivo en cuanto al número de hojas en comparación con el tratamiento testigo, siendo *Pseudomonas* sp., quien obtuvo valores superiores, debido a que las rizobacterias, especialmente *Pseudomonas* sp., produce fitohormonas que sintetizan auxinas, giberelinas y citoquininas que estimulan la división y expansión celular en los tejidos foliares, aumentando el área foliar. Estos resultados concuerdan con lo obtenido por Angulo *et al.*, (2021), quienes mencionan que la inoculación con *Pseudomonas tolaasii* fue mayor en comparación con el tratamiento testigo no inoculado. Así mismo Dashti *et al.*, (2012) reportaron que al inocular rizobacterias como *Pseudomonas aeruginosa* y *Stenotrophomonas rhizophilia* exhibieron incrementos significativos en el número de hojas en contraste con el tratamiento testigo bajo condiciones controladas.

- **Diámetro del tallo**

Los tratamientos aplicados con las bacterias promotoras del crecimiento vegetal incrementaron el diámetro del tallo en el cultivo de tomate de riñón en comparación al testigo sin inocular. Por su parte, Lobato *et al.*, (2021) reportaron aumentos en el diámetro del tallo de 1.50 % y 1.44% con *Azospirillum* y *Pseudomonas* respectivamente a los 12 días después de la siembra en comparación al tratamiento testigo. Así mismo Reyes *et al.*, (2017), obtuvieron un mayor diámetro del tallo en plantas de tomate de riñón con *Pseudomonas* spp frente al testigo, así como al tratamiento con *Azospirillum brasilense* a los 90 días después del trasplante.

Además, se encontraron efectos significativos en cuanto al diámetro del tallo mediante la aplicación de *Pseudomonas* con un diámetro promedio de 9.75 mm, estos valores son menores a los encontrados por Moreno (2010), quien evaluó la aplicación de rizobacterias en poblaciones de tomate de riñón en el Centro, Sur y Sureste de México encontrando un promedio de 16 mm de diámetro de tallo y por Zarate (2007), con 16.5 mm como valor menor y 22 mm como máximo. Respuesta similar obtuvieron Hernández y Chrailloux (2004), con la aplicación de rizobacterias. Esta variabilidad en el grosor del tallo, no solo se debe a las características genéticas del cultivo, también juegan un papel importante las rizobacterias que de forma diferente tienen la capacidad de producir metabolitos estimuladores de crecimiento vegetativo Abad (2015).

- **Diámetro de la raíz**

No se presentaron diferencias significativas en el diámetro de la raíz a los 83 días después de la toma de datos, siendo el que mejor eficiencia presentó fue el T3 *Pseudomonas* con un diámetro promedio de 23.34 cm, estos valores son menores a los encontrados por Salguero (2016), quien de acuerdo a estudios realizados en tomate de riñón (*Solanum lycopersicum* L) bajo invernadero, mediante la aplicación de RPCV, logró obtener que *Pseudomonas* fue el tratamiento que mejor respuesta presentó en cuanto al diámetro de la raíz con 28.5 cm, seguido de *Azotobacter* con 25,8; esto a los 90 días después de la aplicación de las diferentes bacterias empleadas en el presente trabajo.

Los tratamientos aplicados con las bacterias incrementaron la longitud de la raíz en comparación al testigo sin inocular. Islam et al., (2013) reportaron aumentos significativos en todos los tratamientos microbianos aplicados, siendo *Pseudomona* spp y *Novosphingobium* spp. las que alcanzaron los mayores valores de longitud radicular en tomate, con 4,2 y 6,2 cm respectivamente. Estos resultados concuerdan con el estudio de Lobato et al., (2021) donde *Celulosimicrobio* y *Pseudomonas* promovieron el crecimiento radical a los 12 días después de la siembra con 1,52 % y 1,64 % respectivamente siendo superiores al tratamiento testigo.

7.2. Discusión para el segundo objetivo

- **Análisis económico para determinar el tratamiento más eficiente**

El tratamiento T3 *Pseudomonas* influyó positivamente en cuanto a todas las variables evaluadas a los 83 días después del trasplante, fue el tratamiento que menor costo de implementación y mantenimiento presentó. A diferencia del T7 (Testigo) que fue el tratamiento con mayor costo. Estos datos son similares a los encontrados por Escobar (2020), quien al realizar el análisis económico mediante de la aplicación de *Pseudomonas*, *Bradyrhizobium* sp, *Azotobacter* y un tratamiento testigo en el cultivo de tomate de riñón logro establecer que el tratamiento a base de *Pseudomonas* resultó ser el más eficiente ya que implicó un menor costo de implementación y mantenimiento con un valor de 110 USD, debido que las plantas presentaron una mayor resistencia a plagas y enfermedades; seguido del tratamiento con *Bradyrhizobium* sp con un costo de 129.57 USD. Mientras que el de mayor costo fue *Azotobacter* con 176.63 seguido del testigo con un costo de 185 USD.

- **Correlación**

El análisis de correlación entre las variables evaluadas (porcentaje de germinación, altura de la planta, número de hojas, diámetro del tallo y diámetro de la raíz,) se muestran las más importantes con un coeficiente de correlación Pearson $>0,7$ y un nivel de significancia ($p < 0,05$).

El número de hojas evaluados a los 83 días presentó correlaciones positivas en el T3 *Pseudomonas*, así mismo en el porcentaje de germinación diámetro de la raíz, diámetro del tallo y altura de la planta. Estudios similares presentó González et al. (2017) el cual mencionó que el crecimiento del cultivo de tomate de riñón fue influenciado principalmente por el diámetro de la raíz, el mismo que permite a la planta una mejor absorción de nutrientes y como consecuencia de ello una planta más vigorosa en cuanto a altura y diámetro del tallo.

La correlación realizada entre variables resultó similar a lo expuesto por Gonza et al (2018), quienes encontraron una asociación muy positiva entre número de hojas con la altura de la planta ($r = 0,91$ **) esto en el cultivo de tomate de riñón bajo condiciones controladas. Además, datos similares fueron encontrados por Ramírez (2020), quienes lograron establecer una correlación positiva entre la variable grosor del tallo con el diámetro de la raíz ($r = 0.601$), esto debido a que mientras la planta presenta un mayor vigor de su raíz logrará tener un mejor soporte al suelo y por ende una mejor absorción de nutrientes.

8. Conclusiones

- ❑ El tratamiento a base de *Pseudomonas* fue el que mejor efecto presentó en cuanto a altura de la planta con un promedio de 68.35 cm y un diámetro de 9.75 mm con respecto a los demás tratamientos.

- ❑ El análisis económico a través de la estimación de costos fijos y variables mostró que el tratamiento inoculado a base de *Pseudomonas* presentó un menor costo en cuanto a implementación y mantenimiento, debido a que registró menores costos variables y una mejor adaptación de la bacteria en el cultivo.

9. Recomendaciones

- ❑ Realizar investigaciones más a fondo sobre el efecto e interacción de las diferentes bacterias promotoras del crecimiento vegetal en el cultivo de tomate de riñón bajo invernadero.
- ❑ Se recomienda tener un tiempo más prolongado para la toma de datos de las diferentes variables, ya que de esta manera se podrá obtener una mayor variabilidad y por ende una mayor diferencia en cuanto a los efectos de las bacterias en el cultivo.
- ❑ Se recomienda investigar sobre las fases fenológicas del cultivo de tomate de riñón, y si este necesita de una tercera dosis de aplicación de bacterias y en especial en que etapa.

10. Bibliografía

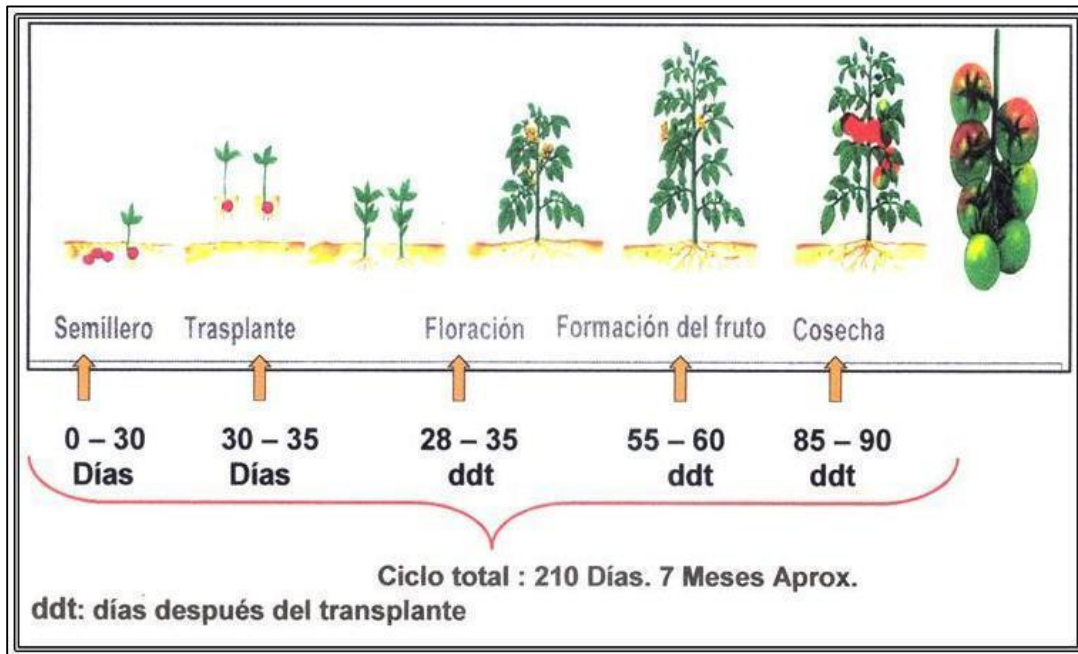
- Armas, M. (2015). *Universidad católica de Santiago de Guayaquil*. Obtenido de “Evaluación de tres híbridos de tomate determinado (*Lycopersicon esculentum*) a campo abierto, en la Finca Integral Limoncito, Provincia de Santa Elena.”: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/6071/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-87.pdf>
- Axayacatl, O. (2020). *FAOSTAT*. Obtenido de Estadísticas mundiales de producción de tomate: <https://blogagricultura.com/estadisticas-tomate-produccion/>
- Cruz, M., & Altamirano, S. (2018). *Fertilización*. Obtenido de Resumen nutricional del tomate: <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/tomate/resumen-nutricional-del-tomate/#:~:text=Se%20necesita%20m%C3%A1s%20potasio%20que,ser%20utilizado%20en%20el%20fruto.>
- Dascón, A. (2018). *Universidad del Azuay*. Obtenido de Evaluación de cinco variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) obtenidas usando germoplasma nativo ecuatoriano frente a dos tratamientos de control de plagas, en la provincia de Loja.: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7671/1/13500.pdf>
- Espinosa, B., Moreno, A., Cano, P., Álvarez, P., & Sánchez, O. (2017). *Terra Latinoamericana*. Obtenido de Inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. afroditita en invernadero: file:///C:/Users/HP/Downloads/Inoculacion_de_rizobacterias_promotoras.pdf
- Fornaris, G. (2021). *Conjunto Tecnológico para la Producción de Tomate*. Obtenido de Universidad de Puerto Rico: <https://www.upr.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/03/TOMATE-Character%C3%ADsticas-de-la-Planta-v2007.pdf>
- García, Mendoza, & Mayek. (2012). *Scielo* . Obtenido de efecto de *Azospirillum brasilense* EN el rendimiento del maíz en el norte de tamaulipas, México: <https://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v28n1/v28n1a8.pdf>
- INIAP. (2020). *Agro Bayer Ecuador*. Obtenido de Solución para tomate: <https://www.agro.bayer.ec/es-ec/cultivos/tomate.html#:~:text=En%20el%20pa%C3%ADs%20hay%203,de%20Azuay%20Imbabura%20y%20Carchi.>

- Jaramillo, F. (2018). *Evaluación agronómica del cultivo de tomate (Solanum lycopersicum) bajo tres diferentes coberturas plásticas*. Obtenido de Universidad San Francisco de Quito usfq: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/5339/1/122917.pdf>
- López, m. (2016). *Inta* . Obtenido de manual técnico del cultivo de tomate *Solanum lycopersicum*: <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf>
- Machado, L. (2015). *dspace*. Obtenido de La producción de hortalizas en el Ecuador : <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/277/T-UTB-FACIAG-AGR-000066.02.pdf?sequence=8&isAllowed=y#:~:text=La%20provincia%20que%20tiene%20la,una%20producci%C3%B3n%20de%20548%20Tm.>
- MAGAP. (2008). *Chemonics International*. Obtenido de Programa de diversificación hortícola Proyecto de Desarrollo de la Cadena de Valor y Conglomerado Agrícola: <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01CH517t.pdf>
- Martínez, O., Gurrola , N., Pérez , G., & Díaz , J. (2013). *Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango del Instituto Politécnico Nacional*. Obtenido de BIOFERTILIZANTES en el cultivo de tomate (Solanum lycopersicum L.): <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/16956/1/BIOFERTILIZANTES%20EN%20EL%20CULTIVO%20DE%20TOMATE%20%28Solanum%20lycopersicum%20L.%29.pdf>
- Naula, P. (2006). *Universidad Nacional de Loja*. Obtenido de respuesta del tomate riñón (lycopersicum esculentum) bajo invernadero al mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo mediante la aplicación de abonos orgánicos y carbón vegetal, barrio masaca - cantón loja: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5722/1/Naula%20Arteaga%20Pablo.pdf>
- Ocaña, M. (2018). *Tomate de riñon* . Obtenido de Principios agronómicos en tomate: https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1366&context=abya_yala
- ONU. (2022). *ONU*. Obtenido de Efectos de plaguicidas y fertilizantes sobre el medio ambiente y la salud y formas de reducirlos: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34463/JSUNEP_PP_Sp.pdf

- Pardo, S., Mazo, C., & Rojas, D. (2022). *Agrosavia*. Obtenido de Bacterias promotoras del crecimiento vegetal: filogenia, microbioma,: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/36978/Ver_Documento_36978.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Pazmiño, J., & González, E. (2020). *Universidad Central del Ecuador*. Obtenido de Evaluación bajo invernadero de fuentes de fertilización orgánica y química en tomate riñón (*Solanum lycopersicum* Mill.), en Pichincha: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20691>
- Ulibarry, o. G. (2019). *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*. Obtenido de Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes: https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf
- Winue. (2008). *Chemonics International*. Obtenido de Programa de diversificación hortícola Proyecto de Desarrollo de la Cadena de Valor y Conglomerado Agrícola: <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01CH517t.pdf>
- Yara. (2018). *Yara*. Obtenido de Resumen nutricional del tomate: <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/tomate/resumen-nutricional-del-tomate/#:~:text=Se%20necesita%20m%C3%A1s%20potasio%20que,ser%C3%A1%20utilizado%20en%20el%20fruto.>
- Yara. (2020). *Yara*. Obtenido de Producción mundial de tomates: <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/tomate/produccion-mundial-de-tomates/#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20media%20actual%20en,t%2Fha%20en%20una%20temporada.>
- Zurita, H. (2022). “*evaluación de dos bioestimulantes en el desarrollo vegetativo de tomate riñón (Lycopersicon esculentum) en la parroquia eloy alfaro, cantón latacunga*”. obtenido de universidad técnica de ambATO: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37027/1/Tesis-342%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-%20Vega%20Pallo%20Karla%20Ver%C3%B3nica.pdf>

11. Anexos

Anexo 1. Descripción de los estados fenológicos del tomate de riñón.



Anexo 2. Diferencias significativas que han generado la inoculación de las diferentes bacterias en cuanto a la altura de las plantas de tomate de riñón.

Resultados

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura de la Planta	126	0.28	0.24	32.13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11380.17	6	1896.69	7.69	<0.0001
Tratamientos	11380.17	6	1896.69	7.69	<0.0001
Error	29345.15	119	246.60		
Total	40725.32	125			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=15.70029
Error: 246.5979 gl: 119

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T3 (Pseudomonas)	68.35	18	3.70	A
T6 (Químico 15-15-15)	49.98	18	3.70	B
T5 (Azospirillum)	49.37	18	3.70	B C
T4 (Azotobacter)	48.92	18	3.70	B C
T1 (Pseudomonas + Azospiri..)	47.35	18	3.70	B C
T2 (Azospirillum + Azotoba..)	44.46	18	3.70	B C
T7 (Testigo)	33.72	18	3.70	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Las diferentes letras muestran la diferencia que se presenta entre los diferentes tratamientos y su efectividad.

Anexo 3. Prueba y gráfica de Tukey, en donde se establecieron los promedios por cada tratamiento y las diferencias que presentan.

Resultados

Nueva tabla : 7/8/2023 - 15:30:38 - [Versión : 30/4/2020]

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Altura de la Planta	126	48.88	18.05	0.92	<0.0001

El p valor ($p < 0.05$) muestra que si se presentan una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos empleados.

Anexo 4. Diferencias significativas que han generado la inoculación de las diferentes bacterias en cuanto al número de hojas en las plantas de tomate de riñón.

Resultados

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de hojas	126	0.23	0.20	32.29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	465.15	6	77.52	6.07	<0.0001
Tratamientos	465.15	6	77.52	6.07	<0.0001
Error	1520.44	119	12.78		
Total	1985.58	125			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.57374

Error: 12.7768 gl: 119

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T6 (Químico 15-15-15)	12.78	18	0.84	A
T4 (Azotobacter)	12.37	18	0.84	A
T5 (Azospirillum)	12.05	18	0.84	A
T3 (Pseudomonas)	12.02	18	0.84	A
T1 (Pseudomonas + Azospiri..	11.36	18	0.84	A
T2 (Azospirillum + Azotoba..	10.14	18	0.84	A B
T7 (Testigo)	6.78	18	0.84	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Las diferentes letras muestran la diferencia que se presenta entre los diferentes tratamientos y su efectividad.

Anexo 5. Prueba y grafica de Tukey, en donde se establecieron los promedios por cada tratamiento y las diferencias que presentan las plantas de tomate en cuanto al número de hojas.

Nueva tabla_1 : 7/8/2023 - 15:42:21 - [Versión : 30/4/2020]

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Numero de hojas	126	11.07	3.99	0.95	<0.0001

El p valor ($p < 0.05$) muestra que si se presentan una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos empleados

Anexo 6. Diferencias significativas que han generado la inoculación de las diferentes bacterias en cuanto al diámetro del tallo en las plantas de tomate de riñón.

Resultados

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro del tallo	126	0.19	0.15	20.98

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	87.16	6	14.53	4.76	0.0002
Tratamientos	87.16	6	14.53	4.76	0.0002
Error	363.29	119	3.05		
Total	450.45	125			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.74689

Error: 3.0529 gl: 119

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T3 (Pseudomonas)	9.75	18	0.41	A
T1 (Pseudomonas + Azospiri..	8.80	18	0.41	A B
T2 (Azospirillum + Azotoba..	8.78	18	0.41	A B
T4 (Azotobacter)	8.38	18	0.41	A B C
T5 (Azospirillum)	7.88	18	0.41	B C
T6 (Químico 15-15-15)	7.75	18	0.41	B C
T7 (Testigo)	6.96	18	0.41	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Las diferentes letras muestran la diferencia que se presenta entre los diferentes tratamientos y su efectividad.

Anexo 7. Prueba y gráfica de Tukey, en donde se establecieron los promedios por cada tratamiento y las diferencias que presentan las plantas de tomate en cuanto al diámetro del tallo.

Nueva tabla_2 : 7/8/2023 - 15:48:47 - [Versión : 30/4/2020]

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Diámetro del tallo	126	8.33	1.90	0.96	0.0030

El p valor ($p < 0.05$) muestra que si se presentan una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos empleados.

Anexo 8. Diferencias significativas que han generado la inoculación de las diferentes bacterias en cuanto al diámetro de la raíz en las plantas de tomate de riñón.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro de la raíz	21	0.76	0.66	10.38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	218.82	6	36.47	7.37	0.0010
Tratamientos	218.82	6	36.47	7.37	0.0010
Error	69.32	14	4.95		
Total	288.14	20			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=6.20376
Error: 4.9514 gl: 14

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T3 (Pseudomonas)	26.34	3	1.28	A
T5 (Azospirillum)	24.51	3	1.28	A B
T4 (Azotobacter)	22.49	3	1.28	A B
T6 (Químico 15-15-15)	21.19	3	1.28	A B C
T1 (Pseudomonas + Azospiri..)	20.89	3	1.28	A B C
T2 (Azospirillum + Azotoba..)	18.67	3	1.28	B C
T7 (Testigo)	15.93	3	1.28	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Las diferentes letras muestran la diferencia que se presenta entre los diferentes tratamientos y su efectividad.

Anexo 9. Prueba y gráfica de Tukey, en donde se establecieron los promedios por cada tratamiento y las diferencias que presentan las plantas de tomate en cuanto al diámetro de la raíz.

Resultados

Nueva tabla_4 : 7/8/2023 - 15:59:59 - [Versión : 30/4/2020]

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Diámetro de la raíz	21	21.43	3.80	0.95	0.6270

El p valor ($p < 0.05$) muestra que si se presentan una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos empleados.

Anexo 10. Toma de datos de los diferentes tratamientos.

DDS	Tratamientos	Repetición	Diámetro de la raíz
83	T1 (<i>Pseudomonas</i> + <i>Azospirillum</i>)	1	21
83	T1 (<i>Pseudomonas</i> + <i>Azospirillum</i>)	2	19.98
83	T1 (<i>Pseudomonas</i> + <i>Azospirillum</i>)	3	21.7
83	T2 (<i>Azospirillum</i> + <i>Azotobacter</i>)	1	20
83	T2 (<i>Azospirillum</i> + <i>Azotobacter</i>)	2	18
83	T2 (<i>Azospirillum</i> + <i>Azotobacter</i>)	3	18
83	T3 (<i>Pseudomonas</i>)	1	30
83	T3 (<i>Pseudomonas</i>)	2	28.9
83	T3 (<i>Pseudomonas</i>)	3	20.12
83	T4 (<i>Azotobacter</i>)	1	23
83	T4 (<i>Azotobacter</i>)	2	21.98
83	T4 (<i>Azotobacter</i>)	3	22.5
83	T5 (<i>Azospirillum</i>)	1	25.2
83	T5 (<i>Azospirillum</i>)	2	24.78
83	T5 (<i>Azospirillum</i>)	3	23.56
83	T6 (Químico 15-15-15)	1	21.34
83	T6 (Químico 15-15-15)	2	20
83	T6 (Químico 15-15-15)	3	22.23
83	T7 (Testigo)	1	15
83	T7 (Testigo)	2	15.8
83	T7 (Testigo)	3	17

Anexo 11. Preparación del semillero.



Anexo 12. Siembra e inoculación de las bacterias.



Anexo 13. Preparación y trazados de las parcelas en la cual se llevó a cabo en presente trabajo.



Anexo 14. Trasplante de las plántulas de tomate de riñón.



Anexo 15. Mantenimiento del cultivo de tomate de forma manual.



Anexo 16. Registro de datos de la variable altura de la planta.



Anexo 17. Registro de datos de la variable grosor del tallo de la planta.



Anexo 18. Certificación de traducción del resumen.

Lic. Andrea Sthefanía Carrión Mgs

0984079037

andrea.s.carrion@unl.edu.ec

Loja-Ecuador

Loja, 12 de agosto del 2024

La suscrita, Andrea Sthefanía Carrión Fernández, Mgs, **DOCENTE EDUCACIÓN SUPERIOR** (registro de la SENESCYT número: 1008-12-1124463), **ÁREA DE INGLÉS-UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**, a petición de la parte interesada y en forma legal.

CERTIFICA:

Que la traducción del resumen del documento adjunto, solicitado por el señor: **Cristian David Uchuari Cajamarca** con cédula de ciudadanía **No. 1105804510**, cuyo tema de investigación se titula: **“Inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal y su efecto en el crecimiento del cultivo de tomate de riñón (*Solanum lycopersicum* L) bajo invernadero.”** ha sido realizado y aprobado por mi persona, Andrea Sthefanía Carrión Fernández, Mgs. en Pedagogía.

El apartado del Abstract es una traducción textual del Resumen aprobado en español.

Particular que comunico en honor a la verdad para los fines académicos pertinentes, facultando al portador del presente documento, hacer el uso legal pertinente.

**ANDREA
STHEFANIA
CARRION
FERNANDEZ**

Firmado digitalmente
por ANDREA STHEFANIA
CARRION FERNANDEZ
Fecha: 2024.08.12
09:59:35 -06'00'

Andrea Sthefanía Carrión Fernández. Mgs.

English Professor