



1859



Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Agronomía

**Aplicación de rizobacterias en el desarrollo vegetativo del cultivo de tomate de riñón (*Solanum lycopersicum* L.) y sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo bajo condiciones de invernadero en la Quinta Experimental La Argelia.**

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

**AUTOR:**

Sayro Geovanny Ramón Pineda

**DIRECTOR:**

Ing. Klever Iván Granda Mora PhD

Loja – Ecuador

2024

## Certificación

Loja, 09 de diciembre de 2023

Ing. Klever Iván Granda Mora. PhD.

### DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

#### CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Aplicación de rizobacterias en el desarrollo vegetativo del cultivo de tomate de riñón (*Solanum lycopersicum* L.) y sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo bajo condiciones de invernadero en la Quinta experimental La Argelia** previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrónomo**, de autoría del estudiante **Sayro Geovanny Ramón Pineda**, con **cédula de identidad Nro.1150830196**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:  
**KLEVER IVAN GRANDA  
MORA**

Ing. Klever Iván Granda Mora. PhD.

### DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

## **Autoría**

Yo, **Sayro Geovanny Ramón Pineda**, 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:** 1150830196

**Fecha:** 15 de febrero del 2024

**Correo electrónico:** sayro.ramon@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0969705833

**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, **Sayro Geovanny Ramón Pineda**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Aplicación de rizobacterias en el desarrollo vegetativo del cultivo de tomate de riñón (*Solanum lycopersicum* L.) y sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo bajo condiciones de invernadero en la Quinta experimental La Argelia**, 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, suscribo, en la ciudad de Loja, a los quince días del mes de febrero del dos mil veinticuatro.

**Firma:**



**Autor:** Sayro Geovanny Ramón Pineda

**Cédula:** 1150830196

**Dirección:** Las Pitás

**Correo electrónico:** sayro.ramon@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0969705833

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

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

## **Dedicatoria**

*Toda meta cumplida puede ser un final o un nuevo comienzo ¡No pares! – Dr. Camilo Cruz*

Este presente trabajo se lo dedico con todo mi corazón a Dios, por guiar mis pasos y darme sabiduría y fortaleza en este viaje, al despertarme cada día con salud y vida, ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera, a mi hermosa Mamá: Teresa Estherfilia Pineda, que siempre estuvo presente brindándome su apoyo incondicionalmente, por ese amor real que me impulsó a ser mejor persona día tras día, siendo mi mayor inspiración para seguir adelante y cumplir esos sueños tan anhelados por ella y por mí. a mi Papá: Segundo Baudillo Ramón, a mis hermanos/as que me brindaron su ayuda, motivación e inspiración y ser parte de este proceso de formación profesional.

*Sayro Geovanny Ramón Pineda*

## **Agradecimiento**

Expreso mis más sinceros agradecimientos a quienes, de una u otra forma han sido partícipes de este gran sueño. A mi Familia y Amigos por brindarme su apoyo incondicional, así mismo a la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, en especial a la Carrera de Agronomía por brindarme el espacio para mi proceso de formación profesional, permitiéndome alcanzar mi meta.

Gracias por la ayuda y confianza en mi depositada. Muy especialmente a mi tutor y director de tesis. Ing. Iván Granda PhD. Por su acertada orientación, el soporte y dedicación que me permitió un buen aprovechamiento en el trabajo realizado.

Mi mayor gratitud por su tiempo, paciencia y dedicación a la Dra. Marina Mazón, que gracias a sus conocimientos, aportaciones y sugerencias han hecho de esto un mejor trabajo.

Agradezco a los técnicos encargados tanto de la Quinta Experimental la Argelia como también a los de laboratorio, por el espacio brindado para el desarrollo del trabajo de investigación que han sido de mucha importancia. Así mismo a todo el cuerpo docente de esta prestigiosa carrera, por compartir conmigo sus conocimientos y experiencias.

A todos mis compañeros y amigos por su apoyo y motivación incondicional que me han brindado, por lo compartido y lo vivido en el transcurso de mi formación, gracias por siempre poder contar con esa mano amiga.

*Sayro Geovanny Ramón Pineda*

## Índice de contenidos

<b>Portada .....</b>	<b>ii</b>
<b>Certificación.....</b>	<b>ii</b>
<b>Autoría.....</b>	<b>iii</b>
<b>Carta de autorización.....</b>	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>v</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>vi</b>
<b>Índice de contenidos .....</b>	<b>vii</b>
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras .....	xi
Índice de anexos .....	xii
<b>1. Título.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Resumen.....</b>	<b>2</b>
Asbtract .....	3
<b>3. Introducción.....</b>	<b>4</b>
Objetivo general .....	6
Objetivos específicos .....	6
<b>4. Marco teórico.....</b>	<b>7</b>
4.1. Cultivo de tomate de riñón.....	7
4.1.1. Origen y distribución.....	7
4.1.2. Importancia económica y alimenticia .....	7
4.1.3. Clasificación taxonómica .....	7
4.1.4. Características morfológicas .....	8
4.1.5. Fenología del cultivo .....	8
4.1.6. Requerimientos edafoclimáticos .....	9
4.1.7. Requerimientos nutricionales .....	10
4.2. Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal .....	11

4.2.1. <i>Pseudomonas</i> spp .....	11
4.2.2. <i>Azospirillum</i> spp .....	12
4.2.3. <i>Azotobacter</i> spp .....	13
4.3. Importancia de los microorganismos en la agricultura .....	13
4.4. Propiedades físicas, químicas, microbiológicas del suelo y su importancia.....	14
4.4.1. Propiedades físicas .....	14
4.4.2. Propiedades químicas .....	14
4.4.3. Propiedades microbiológicas.....	17
4.5. Antecedentes .....	18
<b>5. Metodología .....</b>	<b>19</b>
5.1. Localización del área de estudio .....	19
5.2. Metodología general.....	19
5.2.1. Tipo de investigación .....	20
5.2.2. Diseño experimental.....	20
5.2.3. Características de la unidad experimental .....	20
5.2.4. Modelo matemático.....	21
5.2.5. Manejo de la investigación.....	21
5.3. Metodología para el primer objetivo específico.....	24
5.3.1. Altura de la planta .....	24
5.3.2. Diámetro del tallo.....	24
5.3.3. Días a la floración .....	24
5.3.4. Longitud de la raíz.....	24
5.3.5. Biomasa total seca.....	24
5.4. Análisis estadístico.....	25
5.5. Metodología para el segundo objetivo específico .....	25
<b>6. Resultados .....</b>	<b>27</b>
6.1. Resultados para el primer objetivo.....	27

6.1.1. Altura de la planta y diámetro del tallo .....	27
6.1.2. Días a la floración .....	29
6.1.3. Longitud de la raíz.....	30
6.1.4. Biomasa seca total .....	31
6.2. Resultados para el segundo objetivo .....	31
6.2.1. Propiedades físicas y químicas.....	31
6.2.2. Propiedades microbiológicas.....	34
<b>7. Discusión .....</b>	<b>35</b>
7.1. Discusiones para el primer objetivo .....	35
7.2. Discusiones para el segundo objetivo .....	38
<b>8. Conclusiones .....</b>	<b>41</b>
<b>9. Recomendaciones .....</b>	<b>42</b>
<b>10. Bibliografía.....</b>	<b>43</b>
<b>11. Anexos.....</b>	<b>50</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b>	Clasificación taxonómica del tomate .....	7
<b>Tabla 2.</b>	Fertilizante recomendado para el cultivo de tomate riñón ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) .....	10
<b>Tabla 3.</b>	Cantidad de nutrientes absorbidos por un cultivo de tomate. ....	10
<b>Tabla 4.</b>	Niveles de Capacidad de intercambio catiónico .....	15
<b>Tabla 5.</b>	Porcentajes sobre saturación de bases.....	16
<b>Tabla 6.</b>	Relaciones catiónicas y su interpretación en los análisis de suelos .....	17
<b>Tabla 7.</b>	Datos de los promedios generales del peso seco del suelo tanto inicial como final .....	32
<b>Tabla 8.</b>	Resultados de los análisis de las propiedades físicas del suelo antes y después de la aplicación de las rizobacterias.....	32
<b>Tabla 9.</b>	Resultados de los análisis sobre las propiedades químicas del suelo antes y después de la aplicación de las rizobacterias .....	33
<b>Tabla 10.</b>	Análisis de la clase textural al final del estudio.....	33
<b>Tabla 11.</b>	Análisis de suma de bases, saturación y capacidad de intercambio catiónico después de la aplicación de las rizobacterias .....	33
<b>Tabla 12.</b>	Unidades formadoras de colonias (hongos).....	34
<b>Tabla 13.</b>	Análisis sobre las propiedades microbiológicas del suelo antes y después de la aplicación de las rizobacterias.....	34

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Mapa de ubicación geográfica del área de estudio .....	19
<b>Figura 2.</b> Diseño experimental en campo para evaluar la adición de microorganismos en el crecimiento vegetativo de tomate de riñón. ....	21
<b>Figura 3.</b> Dinámica de crecimiento de las plantas de tomate de riñón con la aplicación de las rizobacterias, NPK y testigo desde los 45 hasta los 90 días después de la siembra .....	27
<b>Figura 4.</b> Efecto de los tratamientos a base de rizobacterias, NPK y testigo en el crecimiento de las plantas de tomate a los 90 días después de la siembra. ...	28
<b>Figura 5.</b> Engrosamiento del diámetro del tallo en las plantas de tomate de riñón con la aplicación de las rizobacterias, NPK y testigo de los 45 hasta los 90 días después de la siembra. ....	28
<b>Figura 6.</b> Evaluación del diámetro del tallo a los 90 días después de la siembra con la aplicación de las rizobacterias, NPK y testigo. ....	29
<b>Figura 7.</b> Evaluación de los días a la floración con la aplicación de rizobacterias, NPK y testigo .....	29
<b>Figura 8.</b> Efecto de los tratamientos a base de rizobacterias, NPK y testigo en la longitud de raíz en las plantas a los 90 días después de la siembra. ....	30
<b>Figura 9.</b> Acumulación de biomasa por secado a 70 °C por 72 horas .....	31

## Índice de anexos

<b>Anexo 1.</b>	Eliminación de especies arvenses (A) y delimitación de camas e instalación del sistema de riego por goteo (B). .....	50
<b>Anexo 2.</b>	Mezcla del sustrato turba- suelo (A) y siembra en fundas de vivero (B).....	50
<b>Anexo 3.</b>	Aplicación de las rizobacterias en semillero (A) y en campo (B). .....	50
<b>Anexo 4.</b>	Delimitación y adecuación de camas .....	51
<b>Anexo 5.</b>	Colocación de la lámina de polietileno (acolchado) .....	51
<b>Anexo 6.</b>	Trasplante de las plántulas de tomate de semillero a campo .....	51
<b>Anexo 7.</b>	Elaboración y colocación de trampas amarillas.....	52
<b>Anexo 8.</b>	Colocación de piolas plásticas conductoras del tallo (tutoreo) .....	52
<b>Anexo 9.</b>	Eliminación de brotes axilares del tallo principal (poda de formación) .....	52
<b>Anexo 10.</b>	Medición de las variables agronómicas en el desarrollo vegetativo.....	53
<b>Anexo 11.</b>	Toma de muestras para densidad aparente y porosidad .....	53
<b>Anexo 12.</b>	Datos de promedios generales de cada tratamiento para el cálculo de densidad aparente y porosidad .....	54
<b>Anexo 13.</b>	Datos estadísticos sobre altura de la planta con sus tratamientos y evaluaciones, de los 45 hasta los 90 días después de la siembra (DDS) .....	54
<b>Anexo 14.</b>	Datos estadísticos sobre diámetro del tallo con sus tratamientos y evaluaciones, de los 45 hasta los 90 días después de la siembra (DDS) .....	54
<b>Anexo 15.</b>	Datos estadísticos sobre los días promedio a la floración, al final del experimento.....	54
<b>Anexo 16.</b>	Datos estadísticos sobre la longitud de raíz, al finalizar el experimento. ....	55
<b>Anexo 17.</b>	Datos estadísticos sobre biomasa seca .....	55
<b>Anexo 18.</b>	Análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo. ....	55
<b>Anexo 19.</b>	Unidades formadoras de colonias (hongos) .....	56
<b>Anexo 20.</b>	Unidades formadoras de colonias (bacterias) .....	56
<b>Anexo 21.</b>	Certificación de traducción del resumen.....	57

## **1. Título**

Aplicación de rizobacterias en el desarrollo vegetativo del cultivo de tomate de riñón (*Solanum lycopersicum* L.) y sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo bajo condiciones de invernadero en la Quinta Experimental La Argelia.

## 2. Resumen

En la presente investigación se evaluó el desarrollo vegetativo del cultivo de tomate de riñón en respuesta a la aplicación de rizobacterias y se determinaron las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo antes y después de la aplicación de las mismas, bajo condiciones de invernadero en la Quinta Experimental La Argelia de la Universidad Nacional de Loja. El ensayo se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables agronómicas evaluadas fueron altura de la planta, diámetro del tallo, longitud de la raíz, días a la floración, biomasa seca y las propiedades, físicas, químicas y microbiológicas del suelo. El efecto de los tratamientos sobre las variables dependientes se evaluó mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) complementado con las Pruebas de Comparación Múltiple (Tukey al 0,05 %). Los resultados obtenidos, mediante la inoculación de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) demostró los efectos positivos en el cultivo de tomate de riñón, donde se incrementaron significativamente todos los parámetros medidos sobre el desarrollo vegetativo como son: altura de la planta en 29,26 cm diámetro en 1,41 mm, longitud de la raíz en 7 cm y biomasa seca en 18,05 g en comparación al testigo absoluto, mientras que los días a la floración se redujeron en 3,75 comparado con el testigo absoluto bajo condiciones controladas. En cuanto a la inoculación de las rizobacterias sobre las propiedades del suelo, se determinó que las propiedades químicas se vieron incrementadas en los niveles de macro y micronutrientes (N en 9,94 %, P en 30,33 %, K en 0,03 %, B en 0,46 %, Fe en 8,4 % y Mg en 0,65 %, como también mejoró el pH del suelo en 0,08 %, la M.O en 0,29 % y CIC en 3,7 meq/100g), así mismo las propiedades microbiológicas (bacterias) aumentaron en 173 UFC/ml y las propiedades físicas disminuyeron los valores de densidad aparente en un 0,27 g/cm<sup>3</sup> y el porcentaje de porosidad aumentó en un 10 % con respecto a la situación inicial del experimento.

**Palabras clave:** Solanaceae, etapa vegetativa, PGPR, suelo, nutrición, condiciones controladas, macro y micronutrientes.

## **Asbtract**

In the present research, the vegetative development of the kidney tomato crop was evaluated in response to the application of rhizobacteria and the physical, chemical and microbiological properties of the soil were determined before and after their application, under greenhouse conditions at La Argelia Experimental Farm of the National University of Loja. The trial was developed under a Completely Randomized Design (CRD) with five treatments and four replications. The agronomic variables evaluated were plant height, stem diameter, root length, days to flowering, dry biomass and soil physical, chemical and microbiological properties. The effect of the treatments on the dependent variables was evaluated by means of an Analysis of Variance (ANOVA) complemented with Multiple Comparison Tests (Tukey at 0.05 %). The results obtained through the inoculation of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) showed positive effects on the kidney tomato crop, where all the parameters measured on vegetative development were significantly increased, such as: plant height by 29.26 cm, diameter by 1.41 mm, root length by 7 cm and dry biomass by 18.05 g compared to the absolute control, while days to flowering were reduced by 3.75 compared to the absolute control under controlled conditions. Regarding the inoculation of rhizobacteria on soil properties, it was determined that the chemical properties were increased in the levels of macro and micronutrients (N by 9.94%, P by 30.33%, K by 0.03%, B by 0.46%, Fe by 8.4% and Mg by 0.65%, as well as improving the soil pH by 0.08%, M. O by 0.29 % and CEC by 3.7 meq/100g), as well as the microbiological properties (bacteria) increased by 173 CFU/ml and the physical properties decreased the bulk density values by 0.27 g/cm<sup>3</sup> and the percentage of porosity increased by 10 % with respect to the initial situation of the experiment.

**Key words:** Solanaceae, vegetative stage, PGPR, soil, nutrition, controlled conditions, macro and micronutrients.

### 3. Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas que más se cultiva en el mundo, debido a la alta demanda que tiene su fruto para consumo en fresco o procesado (Calero et al., 2019), siendo fuente de antioxidantes, vitaminas A, C y E, carotenoides, flavonoides, licopeno y compuestos fenólicos (González-Rodríguez et al., 2018). Estas cualidades le confieren un alto valor económico al representar más del 30 % de la producción hortícola a nivel mundial (Costa et al., 2018; Chiquito-Contreras et al., 2019) con una producción total de 243 635,433 t. En 2019 el principal productor fue China, con 125 739,004 t producidas (Cervantes-Vázquez et al., 2021).

Actualmente, en Ecuador se cultiva en una superficie de 1 691 ha, lo que representa el 0,2 % de la superficie sembrada bajo cultivos transitorios; esto da como resultado una producción de más de 55 000 t. a escala nacional, donde Chimborazo figura como la primera provincia con mayor potencial, representando el 40 %. La producción se caracteriza por conformar Unidades de Producción Agropecuaria menores a 1 ha, las mismas que en número representan el 96 % del total nacional, concentradas principalmente en las provincias de Chimborazo, Pichincha, Tungurahua, Azuay e Imbabura (MAG, 2021).

Como la mayoría de cultivos, el tomate expresa su potencial genético ante una adecuada nutrición mineral, mientras que una inadecuada nutrición influye negativamente en el rendimiento y sobre la calidad de la cosecha, y en algunos casos retrasa el ciclo productivo. La baja fertilidad del suelo es un factor limitante que influye en la productividad y en la rentabilidad del cultivo, siendo necesario la fertilización del cultivo para asegurar un rendimiento adecuado (Alarcon-Camacho et al., 2020).

El consumo de alimentos de la población mundial es alto, y esta situación conduce a un aumento de la superficie de cultivos agrícolas y al uso de fertilizantes sintéticos, que son costosos y contaminan el medio ambiente, lo que se manifiesta principalmente en la pérdida de productividad de los suelos, alteración de la calidad de los productos agrícolas y problemas de salud en la población (Chiquito-Contreras et al., 2019).

Una alternativa a los fertilizantes químicos es la utilización de rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas (PGPR), que se encuentra dentro de la biotecnología de la agricultura sostenible (García, 2019; Alarcon-Camacho et al., 2020), producidos a base de microorganismos que de por sí viven en el suelo pero en poblaciones pequeñas. Sin embargo, el aumento de la población de estos microorganismos a través de la inoculación artificial puede

proporcionar a las plantas una parte importante de los nutrientes que necesitan para su desarrollo sin afectar el equilibrio biológico del suelo (Planes-Leyva et al., 2004; Alarcon-Camacho et al., 2020). Los microorganismos restauran el equilibrio microbiológico del suelo, mejoran su condición fisicoquímica, aumentan la protección del suelo, la producción de cultivos, y también conservan los recursos naturales, asegurando una agricultura sostenible (Luna & Mesa, 2017; Alarcon-Camacho et al., 2020). Otros beneficios del uso de microorganismos incluyen la fijación de nitrógeno atmosférico, la descomposición de los desechos orgánicos, la desintoxicación con plaguicidas, la supresión de enfermedades de las plantas, la adición de nutrientes al suelo y la producción de compuestos bioactivos como vitaminas y hormonas que estimulan el crecimiento de las plantas. La eficacia del uso de microorganismos se logra cuando se proporcionan las condiciones óptimas para el metabolismo del sustrato, como la disponibilidad de agua, oxígeno (dependiendo de si son aerobios obligados o anaerobios facultativos), pH, temperatura, y fuentes de energía (Diaz, 2013).

Actualmente, los estudios de aplicación de estos productos elaborados a partir de microorganismos en tomate de riñón se han centrado en la parte productiva, sin considerar los efectos en fase vegetativa de la planta y el aporte de cada grupo de microorganismos, y en cualquier caso las investigaciones en esta línea son muy limitadas debido en gran medida a los altos costos de los análisis de obtención de las cepas, aún a sabiendo de los grandes beneficios que estos microorganismos pueden proporcionar al cultivo de tomate, sobre todo si se tiene en cuenta el enfoque agroecológico y sostenible de su empleo (Héctor-Ardisana et al., 2020).

La presente propuesta de investigación se justifica en razón de que la Universidad Nacional de Loja, está directamente vinculada a la línea de investigación denominada “Sistemas agropecuarios sostenibles para la soberanía alimentaria” e inmersa en el proyecto de investigación “Bioproducto mixto con microorganismos benéficos para su aplicación en cultivos hortícolas” financiado por la UNL a través de la Dirección de Investigación.

También esta investigación tiene relación directa con el Doceavo Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS 12) denominado “Producción y Consumo Responsables” de las Naciones Unidas, pues incrementar la producción orgánica de tomate juega un papel importante en la producción y consumo responsables.

### **Objetivo general**

- Evaluar la aplicación de rizobacterias en el desarrollo vegetativo del cultivo de tomate de riñón (*Solanum lycopersicum* L.) y sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo bajo condiciones de invernadero en la Quinta Experimental La Argelia.

### **Objetivos específicos**

- Analizar el desarrollo vegetativo del cultivo de tomate de riñón en respuesta a la aplicación de rizobacterias bajo condiciones de invernadero en la Quinta Experimental La Argelia.
- Determinar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo antes y después de la aplicación de las rizobacterias.

### **Hipótesis**

Mediante la aplicación de rizobacterias se mejorarán los parámetros de crecimiento y desarrollo del cultivo de tomate de riñón, así como las propiedades, físicas, químicas y biológicas del suelo.

## 4. Marco teórico

### 4.1. Cultivo de tomate de riñón

#### 4.1.1. Origen y distribución

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es nativo de Los Andes, y se extiende por Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile. Se cree que fue domesticado en México y Centroamérica, pero aún existen muchas incógnitas sobre su origen y domesticación. La amplia distribución del tomate criollo permite que las poblaciones tengan características agronómicas resistentes a factores ambientales adversos (Esquinas y Nuez, 2001; Hernández-Valladares et al., 2021).

#### 4.1.2. Importancia económica y alimenticia

El tomate se ha convertido en un cultivo de gran importancia económica y alimenticia. Este cultivo se ha vuelto particularmente popular en los últimos años debido al descubrimiento de las propiedades antioxidantes y anticancerígenas del licopeno. Por lo tanto, su producción y consumo están en constante aumento y es el séptimo cultivo de importancia mundial (Rodríguez-Valdés et al., 2017).

El tomate es una hortaliza importante en la dieta de los ecuatorianos y por ende en la economía del país; aportando con el 0,6 % al valor Agregado Bruto Agropecuario (MAG, 2021).

#### 4.1.3. Clasificación taxonómica

Según López (2017), menciona que el tomate es una planta dicotiledónea, herbácea y perenne que pertenece a la familia botánica *Solanaceae*, como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica del tomate

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Asteridae
<b>Orden</b>	Solanales
<b>Familia</b>	Solanaceae
<b>Género</b>	<i>Solanum</i>
<b>Especie</b>	<i>S. lycopersicum</i> L.

#### **4.1.4. Características morfológicas**

##### **4.1.4.1. Tallo**

Es grueso, pubescente, anguloso y de color verde. Mide entre 2-4 cm de ancho y se estrecha hacia la punta. Sobre el tallo principal se forman tallos secundarios, nuevas hojas e inflorescencias, y en la parte distal se ubica el tejido meristemático apical, de donde surgen nuevos primordios florales y hojas (López, 2017).

##### **4.1.4.2. Hojas**

Tiene hojas pinnadas compuestas, con 7-9 folíolos pedunculados que miden de 4-60 mm x 3-40 mm, dentados, alternos u opuestos, generalmente de color verde con pelos glandulares en la parte superior, y la parte inferior es gris y están dispuestos alternativamente en el tallo (López, 2017).

##### **4.1.4.3. Flor**

Es perfecta y regular. Los sépalos, pétalos y estambres se insertan en la base del ovario. El cáliz y la corola constan de 5 o 6 sépalos y 5 pétalos amarillos dispuestos en espiral. Tienen 5 o 6 estambres, que se alternan con los pétalos y forman los órganos reproductores. El ovario consta de dos o más partes (López, 2017).

##### **4.1.4.4. Fruto**

Es una baya bilocular o plurilocular, globoso u ovalado, con un peso que oscila entre 500- 600 g. Consta de pericarpio, tejido placentario y semillas. Es verde cuando es inmaduro, rojo cuando está maduro. Vienen en variedades amarillas, rosadas, moradas, anaranjadas y verdes (López, 2017).

##### **4.1.4.5. Sistema radicular**

Se compone de una raíz pivotante y de raíces secundarias y adventicias; estas últimas son numerosas y fuertes, con una profundidad de no más de 30 cm (López, 2017).

#### **4.1.5. Fenología del cultivo**

El tiempo aproximado de cada etapa de desarrollo del tomate es el siguiente: La primera etapa es de 1 a 21 días, etapa vegetativa de 22 a 80 días, incluyendo desarrollo vegetativo de 22 a 49 días y desarrollo floral de 50 a 80 días. El período reproductivo dura de 81 a 100 días. Estos son solo valores orientativos que pueden ser modificados por las condiciones climáticas y la gestión cultural (Pérez, 2013).

#### ***4.1.5.1. Fase inicial***

La etapa temprana comienza con la germinación de las semillas y se caracteriza por un rápido aumento de materia seca a medida que las plántulas invierten toda su energía en desarrollar nuevos tejidos absorbentes y fotosintéticos (Pérez, 2013).

#### ***4.1.5.2. Fase vegetativa***

En esta, la materia seca aumenta más lentamente. Durante esta etapa, las plantas requieren más nutrientes para satisfacer las necesidades de hojas y ramas en crecimiento. Esta etapa termina con la floración (Pérez, 2013).

#### ***4.1.5.3. Fase reproductiva***

Comienza con el cuajado, cuya característica principal es que el fruto comienza a desarrollarse y el crecimiento vegetativo se detiene a medida que la planta absorbe la mayor parte de los nutrientes que recibe (para cultivares con hábitos distintos) (Pérez, 2013).

En tomate, la escala BBCH descrita por Cordoba-Novoa et al. (2018) determina las etapas fenológicas: 0. germinación, 1. desarrollo foliar (tallo principal), 2. formación de yemas laterales, 5. emergencia de órganos florales, 6. floración, 7. formación de frutos, 8. maduración de frutos, 9. senescencia.

### **4.1.6. Requerimientos edafoclimáticos**

#### ***4.1.6.1. Suelo***

La rusticidad de la planta de tomate permite que sea menos exigente a las condiciones de la superficie, pero debe ser bien drenado y tener un alto contenido de materia orgánica y un pH óptimo entre 6 y 6,5 (Allende, 2017).

#### ***4.1.6.2. Temperatura***

Allende (2017) afirma que la temperatura óptima para el desarrollo de las plantas es de 20 °C a 30 °C durante el día y de 10 °C a 17 °C durante la noche. Las temperaturas superiores a 30 °C afectan el desarrollo de la fruta y reducen el crecimiento y la biomasa de la planta. Los tomates crecen mejor entre 18 °C y 24 °C (Díaz, 2016).

#### 4.1.6.3. Humedad

Presenta requerimientos entre 60 y 80 %, por lo tanto, en condiciones de alta humedad relativa la planta es altamente susceptible a brotes de enfermedades transmitidas por el aire y al agrandamiento de frutos debido a la compactación del polen (Sepúlveda, 2017).

#### 4.1.6.4. Luminosidad

La baja intensidad de luz puede afectar negativamente los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de las plantas de tomate (Sepúlveda, 2017).

#### 4.1.7. Requerimientos nutricionales

El tomate riñón es un tipo de planta que requiere gran cantidad de nutrimentos debido a su alta productividad (Siavichay, 2011). Entre estos, se pueden mencionar los macroelementos como: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y microelementos tales como: boro, manganeso y hierro, siendo de gran importancia en la nutrición del tomate. La tabla 2 muestra los requerimientos nutricionales del tomate riñón cultivado bajo condiciones de invernadero, que dependerá del contenido inicial determinado por el análisis del suelo.

**Tabla 2.** Fertilizante recomendado para el cultivo de tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.).

Contenido en el suelo	Cantidad (kg/ha)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Bajo	400-600	150-200	400-750
Medio	250-400	80-150	200-400
Alto	100-250	40-80	60-200

Fuente: (Siavichay, 2011).

Canessa (1992) publicó la absorción de nutrientes en cultivos de tomate (Tabla 3).

**Tabla 3.** Cantidad de nutrientes absorbidos por un cultivo de tomate.

Elemento (kg/ha)	N	P	K	Ca	Mg	S
	150	34	360	70	42	66

Fuente: (Canessa, 1992).

## **4.2. Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal**

Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal o PGPR por sus siglas en inglés, Plant Growth Promoting Rhizobacteria, son bacterias vivas aisladas principalmente de la rizósfera que promueven el crecimiento de las plantas mediante una amplia variedad de mecanismos. Su impacto ambiental negativo, los bajos costos de producción y el uso reducido de recursos no renovables las convierten en una de las alternativas más eficientes para mejorar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas en muchas partes del mundo. Este es uno de los métodos más comunes utilizados en el cultivo de tomates riñón (López-Padrón et al., 2021).

### **4.2.1. *Pseudomonas* spp**

#### **4.2.1.1. Definición y clasificación**

Son bacterias aeróbicas, gramnegativas, quimioheterótrofas, móviles que incluye alrededor de 191 especies diferentes. Dentro del género *Pseudomonas* se encuentran clasificadas *P. fluorescens*, *P. protegens*, *P. chlororaphis* y *P. brassicacearum* (Sánchez-Carrillo et al., 2022).

#### **4.2.1.2. Importancia y uso en la agricultura**

Actualmente, este género es ampliamente utilizado en el campo agrícola debido a los efectos de estas bacterias en el control de patógenos de plantas a través de diferentes mecanismos de acción con énfasis en la promoción del crecimiento vegetal, a través de la secreción de fitohormonas y vitaminas, o por el incremento de la absorción de minerales por la planta. La resistencia sistémica inducida (RSI) y la producción de diversos compuestos antimicrobianos, entre ellos el 2,4-diacetilfluoroglucinol (Sánchez-Carrillo et al., 2022).

#### **4.2.1.3. Modo de vida**

Esta bacteria compete por la supervivencia en el medio ambiente, se adapta a diferentes condiciones ambientales, tiene un tiempo de reproducción corto, es fácil de cultivar y producir en masa grandes cantidades de metabolitos bioactivos (Mercado-Blanco, 2014; Chaudhari et al., 2017; Moruzzi et al., 2017).

#### **4.2.1.4. Mecanismos de acción**

Utiliza dos mecanismos, directo e indirecto, para estimular el crecimiento de las plantas. La primera se refiere al resultado de la acción directa sobre las plantas, mientras que la acción indirecta consiste en inhibir la función de los patógenos vegetales (Moruzzi et al., 2017).

## **4.2.2. *Azospirillum* spp**

### **4.2.2.1. *Definición y clasificación***

Son bacterias gramnegativas, de vida libre. Cuando se asocian a raíces de plantas, ayudan en la productividad de los cultivos, al aumentar la parte aérea. Hasta la fecha se tienen identificadas 15 especies de *Azospirillum*: *A. lipoferum*, *A. brasilense*, *A. amazonense*, *A. halopraeferens*, *A. irakense*, *A. largimobile*, *A. doebereinerae*, *A. oryzae*, *A. melinis*, *A. canadiense*, *A. zae*, *A. rugosum*, *A. palatum*, *A. picis* y *A. thiophilum*. Sin embargo, las especies más estudiadas son *A. lipoferum* y *A. brasilense* (Domínguez-Duarte et al., 2020).

### **4.2.2.2. *Importancia y uso en la agricultura***

Es una de las PGPR más comúnmente utilizadas a escala comercial, aumentando significativamente la producción en una variedad de cultivos económicamente importantes. Estimulan la producción de hormonas del crecimiento como auxinas, citoquinas y giberelinas, y mejoran la absorción de otros nutrientes, como el fósforo, aumento en la absorción de agua y nutrientes, mayor tolerancia a la sequía y productividad, capaces de establecer relaciones de simbiosis y mutualismo con las plantas y otros microorganismos, influyendo en el incremento del volumen de la raíz (Veresoglou & Menexes, 2010).

### **4.2.2.3. *Modo de vida***

Esa bacteria se desarrolla bien en temperatura óptima entre 28 y 41 °C y es altamente competitiva mientras que coloniza la rizósfera, haciendo el uso de diferentes fuentes de nitrógeno como amoníaco, nitrito, nitrato, nitrógeno molecular y aminoácidos, y fuentes de carbono como ácidos orgánicos (malato, piruvato, succinato y fructosa), para el mantenimiento de su metabolismo (Domínguez-Duarte et al., 2020).

### **4.2.2.4. *Mecanismos de acción***

Actúa a través de varios mecanismos: fijación de nitrógeno atmosférico que contribuye al contenido de nitrógeno de la planta, efectos hormonales que alteran el crecimiento, el metabolismo y un mayor desarrollo de todo el sistema radicular (Domínguez-Duarte et al., 2020).

### **4.2.3. *Azotobacter* spp**

#### **4.2.3.1. *Definición y clasificación***

Es una bacteria asociativa que promueve el crecimiento. Entre sus funciones se encuentra la producción de fitohormonas. Dentro del género *Azotobacter* se incluyen al menos siete especies: *Azotobacter chroococcum*, *Azotobacter armeniacus*, *Azotobacter beijerinckii*, *Azotobacter nigricans*, *Azotobacter paspali*, *Azotobacter salinestris* y *Azotobacter vinelandii* (Kennedy et al., 2015).

#### **4.2.3.2. *Importancia y uso en la agricultura***

Son ampliamente utilizadas en la producción agrícola mundial, porque aportan hasta el 50 % del nitrógeno requerido por las plantas, transportado desde la atmósfera, suministrando sustancias activas estimuladoras del desarrollo vegetal (León-González et al., 2012).

#### **4.2.3.3. *Modo de vida***

Pueden crecer incluso en bajas concentraciones de oxígeno. Pueden fijar nitrógeno hasta en condiciones microaerobias (2 % de oxígeno). La fijación de este depende de la presencia de enzimas nitrogenasas que contengan Fe (Gallegos & Quispe, 2009).

#### **4.2.3.4. *Mecanismos de acción***

Tienen efectos beneficiosos sobre las plantas a través de la absorción y movilización de nutrientes esenciales para su crecimiento y desarrollo. Esto incluye la solubilización de nutrientes y la producción de sustancias bioactivas (Rodríguez-Sánchez et al., 2016).

### **4.3. Importancia de los microorganismos en la agricultura**

Las comunidades microbianas en los suelos controlan entre el 80 y el 90 % de los procesos biológicos que se desarrollan en el suelo (Bajsa et al., 2013; Cruz-Cárdenas et al., 2021). Por lo tanto, los microorganismos benéficos del suelo útiles para aplicaciones agrícolas se clasifican como: 1) estimulantes de plantas que promueven la germinación de las semillas, la formación de raíces y el crecimiento de las plantas a través de la producción de reguladores de crecimiento, vitaminas y otras sustancias; 2) mejoradores que favorecen la estructura del suelo y sus propiedades fisicoquímicas, debido a la formación de agregados, lo cual aumenta su fertilidad; 3) biorremediadores especialmente relevantes para la eliminación de productos agrícolas sintéticos refractarios, como pesticidas, herbicidas, etc., que son extremadamente dañinos para el medio ambiente y la salud humana; y 4) biofertilizantes que pueden proporcionar nutrientes

biodisponibles y moléculas bioactivas para promover el crecimiento y desarrollo de las plantas, incluido el control de patógenos (Joshi et al., 2019; Cruz-Cárdenas et al., 2021).

#### **4.4. Propiedades físicas, químicas, microbiológicas del suelo y su importancia**

Los análisis iniciales de las propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo son un paso indispensable para proceder a un manejo agrícola sostenible, tomando en consideración sus factores limitantes y propiciar un manejo que conserve, mejore e incremente, tanto las propiedades del suelo como las producciones agrícolas sin afectar al medio ambiente (Álvarez-González et al., 2021).

##### **4.4.1. Propiedades físicas**

Entre ellas se encuentran propiedades como: textura, densidad aparente, porosidad, estabilidad de agregados, infiltración, profundidad conductividad hidráulica y capacidad de almacenamiento. La textura del suelo se refiere a la proporción de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaños como arena, limo y arcilla. siendo una de las propiedades más importantes ya que influye como factor de fertilidad, habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica, conducción térmica, crecimiento radicular, resistencia a la erosión y otras propiedades (FAO, 2023).

##### **4.4.2. Propiedades químicas**

Se relacionan con la calidad y disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas, entre ellas, cabe resaltar: pH, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, saturación de bases, suma de bases, macro y micronutrientes (Orozco-Corral et al., 2016).

###### **4.4.2.1. pH**

El pH (potencial de hidrógeno) determina el grado de adsorción de iones ( $H^+$ ) por las partículas del suelo e indica si un suelo está ácido o alcalino. Es el indicador principal en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influyendo en la solubilidad, movilidad, disponibilidad y de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo. El valor del pH en el suelo oscila entre 3,5 (muy ácido) a 9,5 (muy alcalino). Los suelos muy ácidos (<5,5) tienden presentar cantidades elevadas y tóxicas de aluminio y manganeso. Los suelos muy alcalinos (>8,5) tienden a dispersarse. La actividad de los organismos del suelo es inhibida en suelos muy ácidos y para los cultivos agrícolas el valor del pH ideal se encuentra en 6,5 (FAO, 2023).

#### 4.4.2.2. *Materia orgánica*

Tiene efecto sobre las propiedades físicas del suelo, formando agregados y dando estabilidad estructural, uniéndose a las arcillas, favoreciendo la penetración del agua y su retención, disminuyendo la erosión y favoreciendo el intercambio gaseoso. Cuando se refiere al efecto sobre las propiedades químicas del suelo, es que aumenta la capacidad de cambio del suelo, la reserva de nutrientes para la vida vegetal, favorece la acción de los abonos minerales y facilita su absorción a través de la membrana celular de las raíces. Y en cuanto a su efecto sobre las propiedades biológicas, favorece los procesos de mineralización, el desarrollo de la cubierta vegetal, sirve de alimento a una multitud de microorganismos y estimula el crecimiento de la planta en un sistema ecológico equilibrado (Julca-Otiniano et al., 2006).

#### 4.4.2.3. *Capacidad de intercambio catiónico*

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) y representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ , etc.). Estos serán intercambiados por otros cationes o iones de hidrogeno presentes en la solución del suelo y liberados por las raíces. El nivel de CIC indica la habilidad de suelos a retener cationes, disponibilidad y cantidad de nutrientes a la planta, su pH potencial entre otras. Un suelo con bajo CIC indica baja habilidad de retener nutrientes, arenoso o pobre en materia orgánica Tabla 4. La unidad de medición de CIC es en centimoles de carga por kg de suelo  $\text{cmol/kg}$  o  $\text{meq/100g}$  de suelo (FAO, 2023).

**Tabla 4.** Niveles de Capacidad de intercambio catiónico

<b>CIC total</b>	<b>Nivel</b>	<b>Valoración</b>
$\text{meq/100g}$		
0 - 10	Muy bajo	Suelo muy pobre
10 - 20	Bajo	Suelo pobre
20 - 35	Medio	Suelo medio
35 - 45	Medio- alto	Suelo rico
> de 45	Alto	Suelo muy rico

#### 4.4.2.4. Saturación de bases

En el suelo se encuentran los cationes ácidos (hidrógeno y aluminio) y los cationes básicos (calcio, magnesio, potasio y sodio). La fracción de los cationes básicos que ocupan posiciones en los coloides del suelo de refiere al porcentaje de saturación de bases. Cuando el pH del suelo indica 7 (estado neutral) su saturación de bases llega a un 100% y significa que no se encuentran iones de hidrógeno en los coloides (Tabla 5). La saturación de bases se relaciona con el pH del suelo. Se utiliza únicamente para calcular la cantidad de limo requerida en un suelo ácido para neutralizarlo (FAO, 2023).

**Tabla 5.** Porcentajes sobre saturación de bases.

<b>% saturación de bases</b>	<b>Valoración</b>
<50 %	Suelo muy ácido. Aconsejable una enmienda caliza.
50 % - 90 %	Suelo medio. Su riqueza dependerá de la CIC total.
> 90	Suelo saturado de bases. pH neutro o básico.

#### 4.4.2.5. Suma de bases

La saturación de bases es la suma de los cationes básicos ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ , y  $\text{Na}^+$ ) presentes en los sitios de intercambio del suelo dividido por el total de CIC y expresado en porcentaje. Si el suelo presenta una suma de bases inferior a 5  $\text{cmol}(+)/\text{l}$  se considera que es de baja fertilidad, de 5-12  $\text{cmol}(+)/\text{l}$  es de fertilidad media, y más de 12  $\text{cmol}(+)/\text{l}$  es alta fertilidad (FAO, 2023).

A continuación, se dan los valores óptimos generales de las relaciones de los cationes obtenidos en los análisis de suelos. Hay que tener en cuenta, que, dependiendo del cultivo, clima, y otros factores, los valores pueden ser distintos (Tabla 6).

**Tabla 6.** Relaciones catiónicas y su interpretación en los análisis de suelos

<b>Relación Ca/Mg</b>	<b>Valoración</b>
< 1	Deficiencia de calcio
Entre 1 y 2	Bajo nivel de calcio respecto al magnesio
Entre 2y 5	Ideal
> 5	Deficiencia de magnesio
<b>Relación Mg/K</b>	<b>Valoración</b>
< 1	Deficiencia de magnesio
Entre 1 y 3	Aceptable
3	Ideal
Entre 3 y 8	Aceptable
> 18	Deficiencia de potasio
<b>Relación Ca + Mg/K</b>	<b>Valoración</b>
< 40	Adecuado para el potasio
> 40	Deficiencia de potasio

#### **4.4.2.6. Macro y micronutrientes**

La cantidad de nutrientes presente en el suelo determina su potencial para alimentar organismos vivos. Los 16 nutrientes esenciales para el desarrollo y crecimiento de las plantas se suelen clasificar entre macro y micro nutrientes dependiendo de su requerimiento para el desarrollo de las plantas. Los macronutrientes se requieren en grandes cantidades e incluyen Carbono (C), Hidrógeno (H), Nitrógeno(N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre(S). Los micronutrientes por otro lado se requieren en pequeñas cantidades, su insuficiencia puede dar lugar a carencia y su exceso a toxicidad, se refieren a Hierro (Fe), Zinc (Zn), Manganeso (Mn), Boro (B), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl) (FAO, 2023).

#### **4.4.3. Propiedades microbiológicas**

Los suelos contienen una amplia variedad de formas biológicas, con tamaños muy diferentes, como los virus, bacterias, hongos, algas, colémbolos, ácaros, lombrices, nemátodos, hormigas y, por supuesto, las raíces vivas de las plantas superiores. La importancia relativa de cada uno de ellos depende de las propiedades del suelo (Julca-Otiniano et al., 2006).

Los microorganismos presentes en el suelo son factores clave en los ciclos de la mayoría de los nutrientes, especialmente en el ciclo del carbono, nitrógeno, azufre y fósforo. En el caso del ciclo del carbono, son responsables de la descomposición de residuos orgánicos y de la degradación de compuestos orgánicos contaminantes presentes en el suelo, siendo muy frecuente la utilización de biofertilizantes como enmiendas orgánicas para su activación o repoblación (Álvarez-González et al., 2021).

#### **4.5. Antecedentes**

Díaz (2013) estudiaron bacterias benéficas en el cultivo de tomate y encontraron que el género más abundante en la rizósfera es *Azospirillum* spp. evidenciando que la inoculación artificial tiene efecto positivo en el tamaño de la planta y en el estado nutricional, obteniendo un rendimiento del 11 % más, comparado con el testigo sin inocular.

Shafi et al. (2019) realizaron experimentos en campo para evaluar los efectos de diferentes inoculantes microbianos en los parámetros de crecimiento y rendimiento del tomate. Encontraron que entre todos los inoculantes microbianos, *Azotobacter* spp. seguido de *Azospirillum* spp. fue superior al resto de los inoculantes en términos de mejorar varios atributos de crecimiento, calidad y rendimiento.

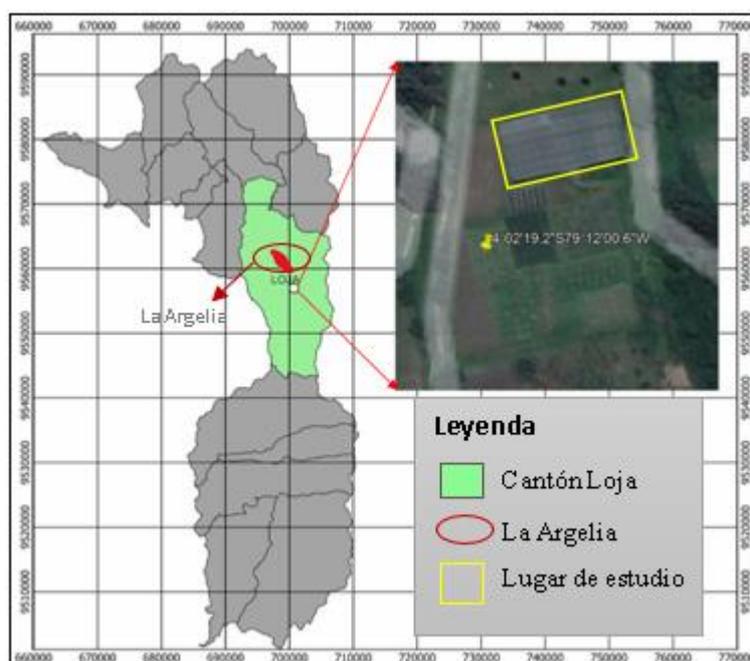
Quishpe et al. (2021) realizaron un ensayo para evaluar la eficiencia agronómica de microorganismos aislados de diferentes suelos, con cultivos nativos andinos, en la germinación y el crecimiento de plántulas de tomate y lechuga bajo invernadero, donde observaron un adelanto significativo en el tiempo de germinación de 3-4 días. En cuanto a la altura de la planta y número de hojas, tanto de tomate como de lechuga, estas variables aumentaron significativamente en comparación con el tratamiento sin inocular.

Díaz (2013) evaluó tres tipos de cepas de *Pseudomonas* sp. como inoculantes en diferentes cultivos bajo condiciones de invernadero, en tomate. También encontró diferencias significativas en el uso de cada una de las cepas, con relación al crecimiento y desarrollo, comparado con el testigo sin inocular.

## 5. Metodología

### 5.1. Localización del área de estudio

La presente investigación se desarrolló en el invernadero central de La Quinta Experimental Docente la Argelia (QEDA) de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en el barrio La Argelia del cantón y provincia de Loja, localizada geográficamente a  $4^{\circ}02'19,2''S$  y  $79^{\circ}12'00,6''W$  (Figura 1), a una altitud de 2 150 m.s.n.m. El área de estudio tiene una temperatura promedio de  $16,4^{\circ}C$ , precipitación media anual de 1058 mm. Los suelos generalmente son ácidos ya que poseen un pH de 4,5 a 6,0 y su clase textural es de tipo franco limoso.



**Figura 1.** Mapa de ubicación geográfica del área de estudio

### 5.2. Metodología general

Para la preparación del terreno se desarrollaron actividades como movimiento del suelo y eliminación de especies arvenses a través de herramientas agrícolas. Seguidamente, se delimitaron las camas y se instaló el sistema de riego por goteo (anexo 1). Se utilizaron semillas de tomate de riñón variedad Sheila, las cuales fueron sometidas a una prueba de germinación; al obtenerse una viabilidad superior al 80 %, se consideraron aptas y se procedió a su siembra en bandejas, luego se pasó al invernadero. Por último, se aplicaron de las rizobacterias tanto en semillero como en cama.

### 5.2.1. Tipo de investigación

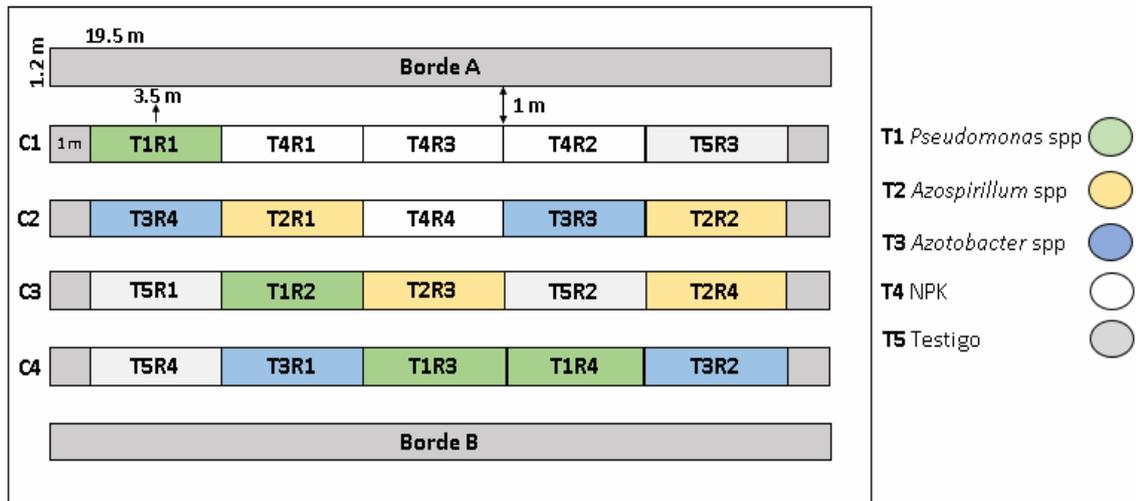
Se realizó una investigación de tipo experimental y cuantitativa, donde se estableció un diseño experimental unifactorial con variables numéricas y tratamientos a medir. La investigación tiene un alcance descriptivo y comparativo, puesto que se especificaron la características y propiedades de las variables de estudio.

### 5.2.2. Diseño experimental

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar (DCA), con un total de 4 camas con 40 plantas cada una, en las mismas se dejó 1 m al inicio y al final para eliminar el efecto borde (aquí en esta área se cultivó, pero no se evaluaron esas plantas), con 5 tratamientos que estuvieron dispuestos en 4 repeticiones cada uno, con un total de 20 unidades experimentales de 3,5 m de largo por 1,2 m de ancho, con un arreglo espacial (camino) de 1m entre camas (Figura 2), las parcelas (UE) estuvieron conformadas por 8 plantas, con un marco de plantación entre planta de 40 cm, entre hileras 1,2 m, dando un total de 40 plantas por cama, y un total de 160 plantas en toda la superficie plantada. El área total donde se estableció el ensayo fue de 237,9 m<sup>2</sup>, con 3 tratamientos constituidos por rizobacterias (*Pseudomonas* spp, *Azospirillum* spp y *Azotobacter* spp), más 1 tratamiento con fertilizante químico sintético (NPK 10-30-10) y 1 tratamiento sin fertilización (agua).

### 5.2.3. Características de la unidad experimental

- **Número de tratamientos:** 5
- **Número de camas experimentales:** 4
- **Área de la unidad experimental:** (3,5 m x 1,2 m) 4,2 m<sup>2</sup>
- **Área total de cama experimental:** (19,5 m x 1,2 m) 23,4 m<sup>2</sup>
- **Número de unidades experimentales:** 20
- **Efecto borde:** 1 m al inicio y al final de la cama y a los bordes laterales A y B
- **Área total del experimento:** 237,9 m<sup>2</sup>
- **Repeticiones:** Se implementaron 4 repeticiones, cada una conformada por una cama de 19,5 m de largo por 1,2 m de ancho.



**Figura 2.** Diseño experimental en campo para evaluar la adición de microorganismos en el crecimiento vegetativo de tomate de riñón.

#### 5.2.4. Modelo matemático

Al tratarse de un diseño completamente al azar (DCA), se utilizó el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Valor de la variable respuesta i-esimo efecto de las observaciones

$\mu$  = Valor de la media general

$T_i$  = Efecto de los tratamientos en estudio (dosis)

$E_{ij}$  = Error experimental o efecto aleatorio (Mousa et al., 2022)

#### 5.2.5. Manejo de la investigación

##### 5.2.5.1. Elaboración del semillero y siembra

El semillero para la producción de plántulas de tomate se lo instaló en un invernadero, perteneciente a la Quinta experimental La Argelia en la ciudad de Loja. La siembra se realizó en sustrato 1-1 (turba-suelo) en fundas de vivero (anexo 2), los primeros días se cubrieron los semilleros con una funda negra para guardar humedad y calor para su desarrollo.

#### ***5.2.5.2. Aplicación de las rizobacterias y fertilizante químico en dos momentos (semillero y campo)***

Esta actividad se realizó en dos momentos: En semillero al día uno y en campo a los 30 días después de la siembra, en ambos tiempos con la ayuda de una pipeta se aplicaron 1 ml por planta con una concentración de  $1 \times 10^8$  en rizobacterias (anexo 3), y en el químico (NPK 10-30-10) con la ayuda de una jeringa se aplicó 1 ml al día uno y a los 30 días se utilizó un fertilizante inorgánico completo soluble con su nombre comercial (fuerza verde) que contenía macro (NPK 9-24-27) y micronutrientes (B:0,03-Cu:0,01-Mn:0,04-Mo:0,05- Zn:0,05-Fe:0,04), con una dosis de 30 g/bomba de 20 litros.

#### ***5.2.5.3. Elaboración de camas***

Este trabajo se realizó 8 días antes del trasplante utilizando piolas y estacas. Se delimitaron las camas a una distancia de 1,20 m entre hileras de plantas y 19,5 m de largo, y se dejó 1 m de ancho para caminos entre camas (anexo 4).

#### ***5.2.5.4. Acolchado***

Para realizar el acolchado se utilizó lámina de polietileno de color negro de 1, 20 m de ancho y calibre 3, esta lámina se colocó manualmente después de formar las camas de cultivo e instalar el sistema de riego (anexo 5).

#### ***5.2.5.5. Trasplante***

Para realizar el trasplante previamente se proporcionó un riego de forma manual para dejar el suelo a capacidad de campo, posteriormente se realizó la siembra a una distancia de 40 cm entre planta (anexo 6). Por último, se regó para asegurar un mayor porcentaje de prendimiento. En el momento del trasplante, las plántulas presentaron una altura de 10 a 12 cm y de 6 a 8 hojas verdaderas ya formadas.

#### ***5.2.5.6. Riego***

El sistema de riego que se utilizó para esta investigación fue por goteo, el mismo que constó de dos hileras de cinta de riego de 10 mm con un caudal de gotero de 1 L/h, con una frecuencia diaria y un tiempo de 15 minutos.

#### **5.2.5.7. Elaboración de trampas amarillas**

Para realizar un control etológico de plagas, se utilizaron placas de plástico rígido y resistente, y adhesivas por ambas caras, de color amarillo, se realizaron 6 trampas con un tamaño de 1 m de ancho por 0,50 m de largo para toda la superficie sembrada, se aplicó aceite vegetal en ambas caras para que permitan atrapar a insectos dañinos que son atraídos por este color (anexo 7).

#### **5.2.5.8. Tutoreo**

La práctica de tutoreo que conduce a un solo tallo se realizó a partir de los 30 días después del trasplante con piola plástica, las mismas funcionaron como conductoras del tallo, sujeta a la base de la planta y a un alambre galvanizado (anexo 8), teniendo en cuenta que no se puede dañar las hojas y flores, por ende, esta labor se realizó cada semana en dependencia del crecimiento continuo que presentaron las plantas.

#### **5.2.5.9. Poda de formación**

Esta poda se realizó al mes en un tallo y se eliminaron todos los brotes axilares del tallo principal, y sólo se dejó el crecimiento indefinido de la guía principal (anexo 9).

#### **5.2.5.10. Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE)**

Se realizó un control para mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), minador o polilla del tomate (*Tuta absoluta*), pulgón (*Myzus persicae*) y trips (*Thysanoptera*) en el cual se utilizó un insecticida-nematicida natural de origen botánico, con un efecto translaminar para el control de estos. Su nombre comercial es: Neem-X con su ingrediente activo: *Azadirachtina*, que actúa como un potente regulador de crecimiento de insectos, larvas, ninfas o pupas las mismas que no pasan a sus estados adultos y mueren. Su frecuencia de aplicación en la etapa de crecimiento se la hizo cada 8 días, después de la floración cada 15 días y una última aplicación antes de la cosecha, con una dosis de 60 ml/bomba de 20 litros.

También se utilizó un insecticida-acaricida como el jabón potásico con sus ingredientes activos: agua, lípidos, aceite de oliva, de girasol, así como también hidróxido de potasio, que combate eficazmente al pulgón y araña roja (*Tetranychus urticae*) entre otros insectos reblandeciendo la cutícula protectora de los parásitos, que emplean para respirar, la frecuencia de aplicación fue cada 15 días con una dosis de 200 ml/bomba de 20 litros. Así mismo, se utilizó trampas amarillas para mantener una alternativa ecológica a los agroquímicos convencionales y reducir poblaciones de algunas plagas que son atraídas por éstas.

### **5.3. Metodología para el primer objetivo específico: Analizar el desarrollo vegetativo del cultivo de tomate de riñón mediante la aplicación de rizobacterias bajo condiciones de invernadero en la Quinta Experimental La Argelia.**

Para dar cumplimiento a este objetivo se procedió a medir y tomar los respectivos datos de cada variable (anexo 10). Para ello, de las 8 plantas de cada UE, se desecharon las plantas de los bordes y de las 6 restantes se seleccionaron al azar 4, las cuales se marcaron para evaluar en ellas las variables altura de la planta y diámetro del tallo con frecuencia quincenal desde el trasplante. Para el resto de variables se especifica en cada caso.

#### **5.3.1. Altura de la planta**

Esta variable se midió con una cinta métrica a las plantas tomadas como muestra en cada unidad experimental, desde el cuello de la planta hasta el ápice del tallo, a los 45, 60, 75 y 90 días después de la siembra, los datos se registraron en cm.

#### **5.3.2. Diámetro del tallo**

A una altura de 5 cm sobre el suelo y utilizando un pie de rey se midió el diámetro del tallo a las plantas tomadas como muestra en cada unidad experimental, a los 45, 60, 75 y 90 días después de la siembra, los valores se expresaron en mm.

#### **5.3.3. Días a la floración**

Se contabilizaron los días desde la fecha de siembra hasta la antesis del primer racimo de las 4 plantas tomadas como muestra en cada unidad experimental.

#### **5.3.4. Longitud de la raíz**

Se midió al terminar el experimento con una cinta métrica desde el cuello de la raíz, hasta la raíz más larga, sus valores se los expresó en cm.

#### **5.3.5. Biomasa total seca**

Se midió al final del experimento, por secado a 70 °C por 72 horas a cada una de las 2 plantas marcadas en cada unidad experimental y se pesó en una balanza granataria.

#### **5.4. Análisis estadístico**

Los datos recopilados durante el ensayo se tabularon en el software de Microsoft Excel (Base de datos), previamente se evaluaron los supuestos para el análisis estadístico respectivo en la versión libre del programa *INFOSTAT* mediante el análisis de varianza (ANOVA) complementado con pruebas de comparación múltiple mediante Tukey al 0,05 % en el que se determinó el mejor tratamiento sobre el desarrollo vegetativo en el cultivo de tomate de riñón. (Pedroza et al., 2007).

#### **5.5. Metodología para el segundo objetivo específico: Determinar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo antes y después de la aplicación de las rizobacterias.**

Se tomaron muestras de suelo de 1 kg antes y al terminar el ensayo, siguiendo la metodología propuesta por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 1993). Al inicio del ensayo como el terreno fue homogéneo se utilizó un patrón de muestreo en zig-zag en 6 puntos con una misma distancia. Se abrió un hoyo de 20x20 cm y 20 cm de profundidad en cada uno de ellos. Se tomó las sub-muestras y se mezclaron para obtener una muestra compuesta de aproximadamente 1 kg. Del mismo modo al terminar el ensayo se tomaron sub-muestras en los tratamientos donde se aplicaron las rizobacterias, siguiendo la misma metodología antes mencionada.

Las muestras de suelo se llevaron al laboratorio de análisis de suelos plantas y aguas (LASPA) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) para el análisis correspondiente de las propiedades químicas como: (macronutrientes N, P, K, S, Ca, Mg y micronutrientes B, Zn, Cu, Fe, Mn) materia orgánica, pH, capacidad de intercambio catiónico y unido a esto también se analizó una propiedad física como es: textura del suelo en el área de experimentación.

En cuanto al análisis correspondiente de las propiedades físicas como: densidad aparente y porosidad, se tomó cuatro muestras fijas de volumen de suelo al azar antes de iniciar con el ensayo. Así mismo al final del ensayo se tomó una muestra fija de volumen de suelo de cada repetición (cuatro muestras) en los tratamientos que se realizó la aplicación de las rizobacterias con la ayuda de un cilindro metálico de 100 cm<sup>3</sup> (anexo 11). Las muestras se llevaron al laboratorio de suelos, aguas y bromatología de la Universidad Nacional de Loja. Estas fueron secadas en horno a 105 °C. por 24 horas, se pesó cada muestra y se sacó un promedio de las

muestras de cada tratamiento (anexo 12). Para los cálculos correspondientes se utilizó las siguientes formulas propuestas por CIAT (1993):

$$Da = \frac{\text{Peso del suelo seco a } 105^{\circ}\text{C}}{\text{Volumen del cilindro}}$$

$$P(\%) = \left(1 - \frac{Da}{2.65}\right) * 100$$

Para el análisis microbiológico las muestras se llevaron al laboratorio de Fitopatología de la Universidad Nacional de Loja y se realizaron diluciones seriadas desde  $10^{-1}$  hasta  $10^{-7}$  en condiciones estériles (cámara de flujo laminar). Para cada muestra se utilizaron tubos de ensayo estériles que contenían 9 ml de agua destilada en cada uno. Para hongos se sembraron en medio de Agar Papa Dextrosa (PDA) de la dilución  $10^{-4}$  y  $10^{-5}$ , Bacterias en medio Agar nutriente  $10^{-7}$ . El volumen inoculado fue de 100  $\mu$ l/placa o 0,1 ml. Estas fueron incubadas durante un periodo de 7 días (hongos) a 28 °C. y 2 días (bacterias) entre 35 – 37 °C. La cuantificación de las colonias se realizó tanto para bacterias y hongos mediante la siguiente fórmula propuesta por Sánchez et al. (2017):

UFC/ml: Unidades Formadoras de Colonias por mililitro

$$UFC/ml = \frac{N^{\circ} CpC * FD}{V}$$

Donde:

***N° CpC \* FD***: Número de colonias por cada caja Petri

***FD***: Factor de dilución

***V***: Volumen inoculado en la caja Petri

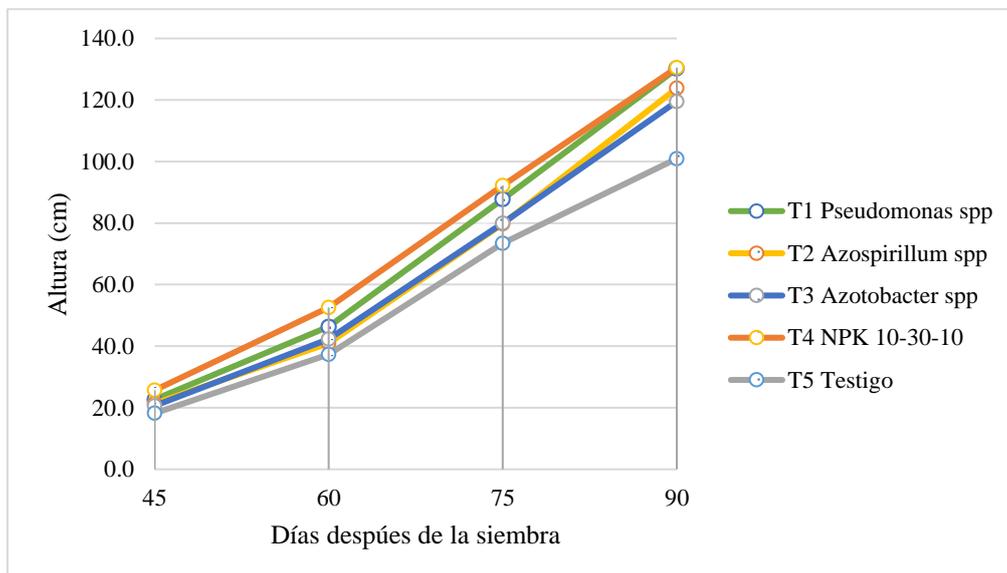
## 6. Resultados

### 6.1. Resultados para el primer objetivo

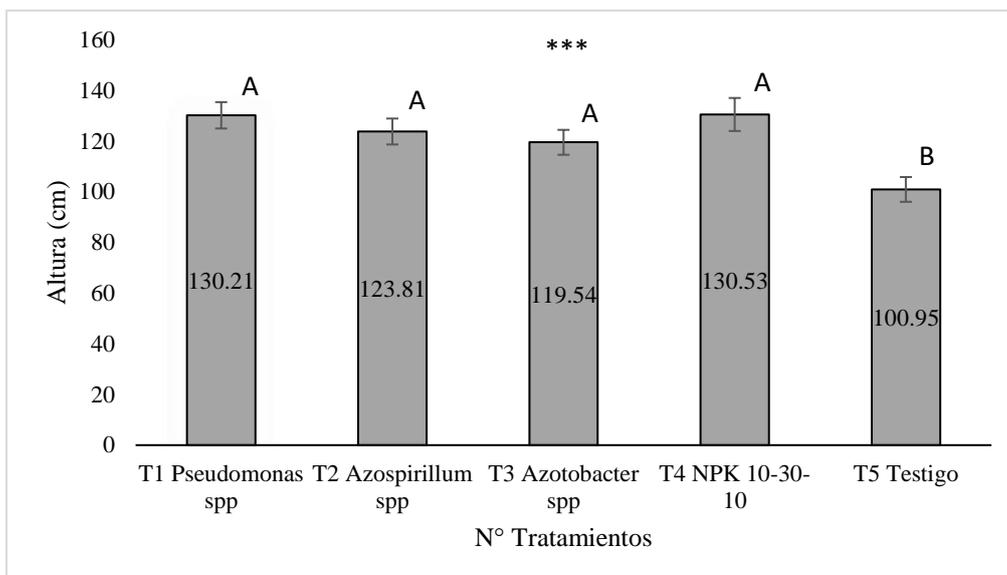
Analizar el desarrollo vegetativo del cultivo de tomate de riñón mediante la aplicación de rizobacterias.

#### 6.1.1. Altura de la planta y diámetro del tallo

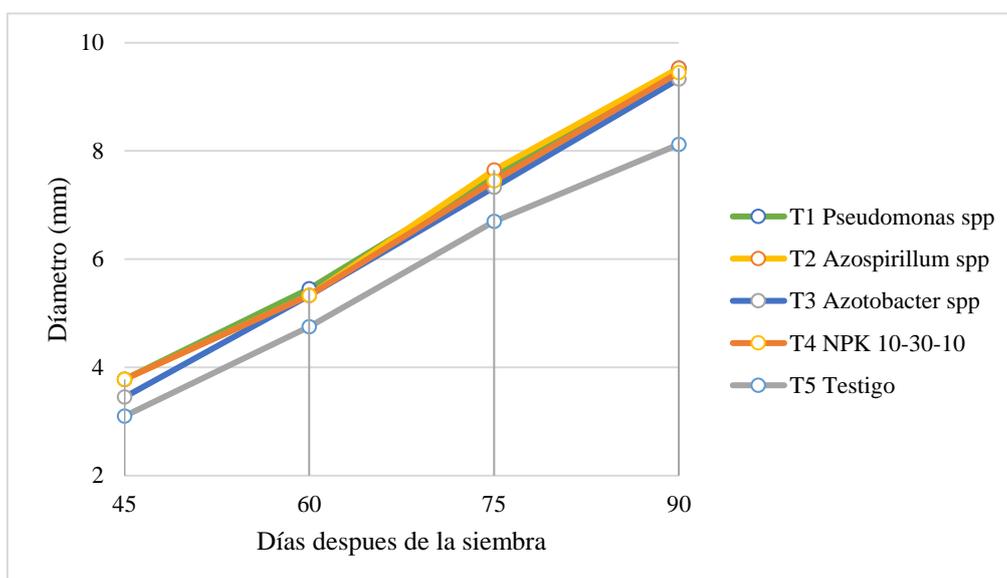
Como se muestra en las figuras 3 y 4, todos los tratamientos presentaron alturas significativamente mayores al testigo (anexo 13), obteniendo valores entre 119 y 130 cm. Así mismo al evaluar el diámetro del tallo en las (figuras 5 y 6), muestran que todos los tratamientos presentaron diámetros significativamente mayores al testigo (anexo 14), con valores de entre 9,3 a 9,5 mm a los 90 días después de la siembra.



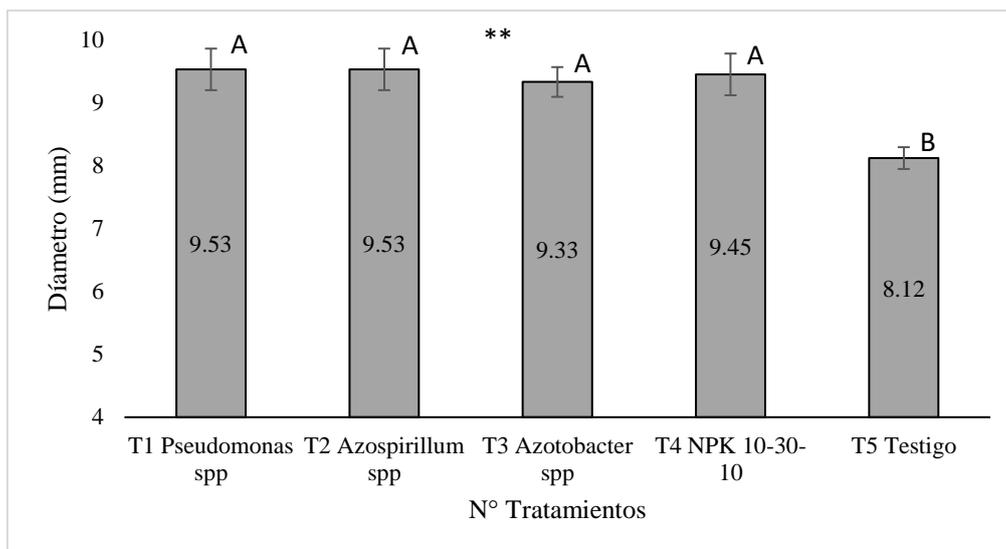
**Figura 3.** Dinámica de crecimiento de las plantas de tomate de riñón con la aplicación de las rizobacterias, NPK y testigo desde los 45 hasta los 90 días después de la siembra



**Figura 4.** Efecto de los tratamientos a base de rizobacterias, NPK y testigo en el crecimiento de las plantas de tomate a los 90 días después de la siembra. Medias con una letra común no son significativamente diferentes mediante la prueba de tukey ( $p > 0,05$ ). Los valores son medias de cuatro repeticiones: **ns** efecto no significativo; \* efecto significativo  $p < 0,05$ ; \*\* efecto muy significativo  $p < 0,01$ ; \*\*\* efecto altamente significativo  $p < 0,001$ .



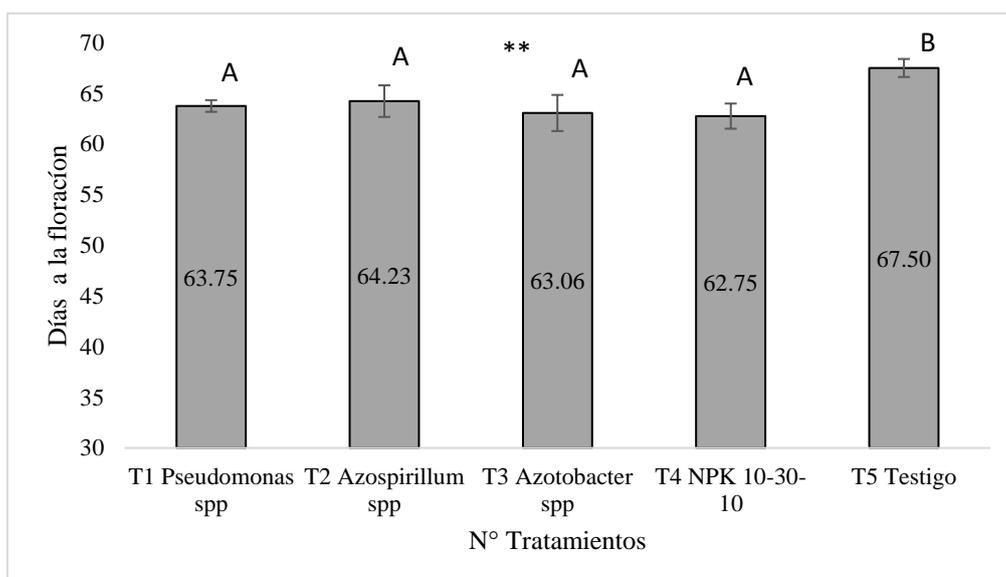
**Figura 5.** Engrosamiento del diámetro del tallo en las plantas de tomate de riñón con la aplicación de las rizobacterias, NPK y testigo de los 45 hasta los 90 días después de la siembra.



**Figura 6.** Evaluación del diámetro del tallo a los 90 días después de la simbra con la aplicación de las rizobacterias, NPK y testigo. Medias con una letra común no son significativamente diferentes mediante la prueba de tukey ( $p > 0,05$ ). Los valores son medias de cuatro repeticiones: **ns** efecto no significativo; \* efecto significativo  $p < 0,05$ ; \*\* efecto muy significativo  $p < 0,01$ ; \*\*\* efecto altamente significativo  $p < 0,001$ .

### 6.1.2. Días a la floración

De acuerdo con los resultados obtenidos (figura 7), se evidencia que los tratamientos donde se aplicaron las rizobacterias y en el tratamiento químico los tiempos fueron significativamente inferiores al testigo, reduciéndose en 4,75 días el tiempo a la floración (anexo 15).

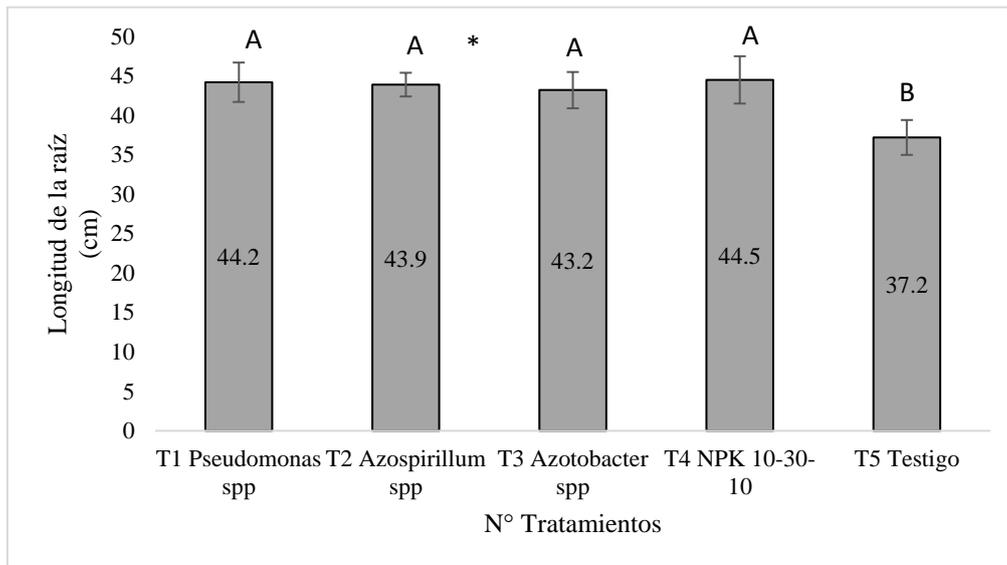


**Figura 7.** Evaluación de los días a la floración con la aplicación de rizobacterias, NPK y testigo. Medias con una letra común no son significativamente diferentes mediante la prueba de tukey ( $p > 0,05$ ). Los valores son medias de cuatro repeticiones: **ns** efecto

no significativo; \* efecto significativo  $p < 0,05$ ; \*\* efecto muy significativo  $p < 0,01$ ; \*\*\* efecto altamente significativo  $p < 0,001$ .

### 6.1.3. Longitud de la raíz

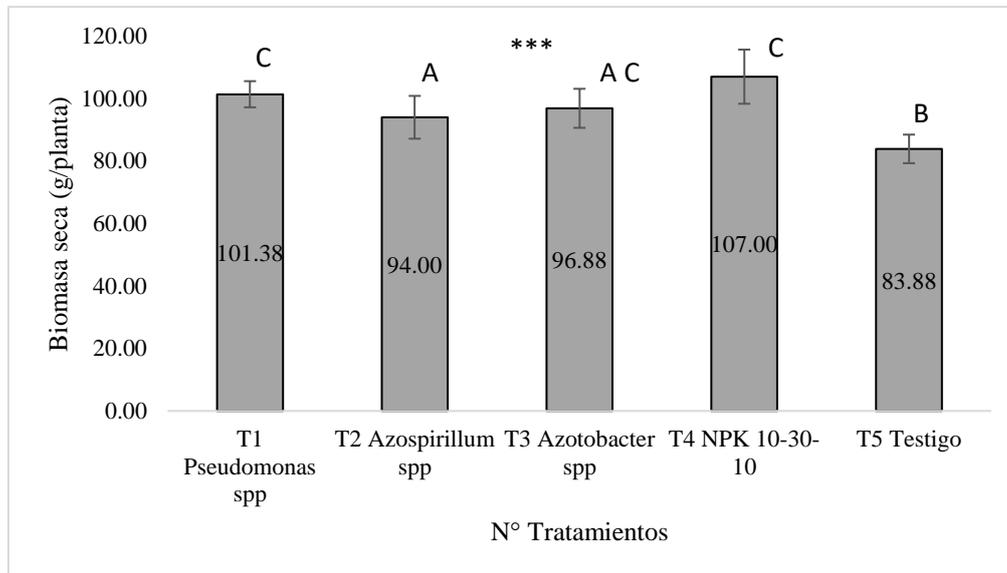
La figura 8 muestra los tratamientos que presentaron diferencias significativas donde se aplicó las rizobacterias y el tratamiento químico, con valores de entre 43,2 y 44,5 cm respectivamente. Mientras que el tratamiento testigo alcanzó una longitud de raíz de 37,2 cm. (anexo 16).



**Figura 8.** Efecto de los tratamientos a base de rizobacterias, NPK y testigo en la longitud de raíz en las plantas a los 90 días después de la siembra. Medias con una letra común no son significativamente diferentes mediante la prueba de tukey ( $p > 0,05$ ). Los valores son medias de cuatro repeticiones: **ns** efecto no significativo; \* efecto significativo  $p < 0,05$ ; \*\* efecto muy significativo  $p < 0,01$ ; \*\*\* efecto altamente significativo  $p < 0,001$ .

#### 6.1.4. Biomasa seca total

Como se muestra en la figura 9 existieron diferencias altamente significativas (anexo 17) en los tratamientos donde todos tuvieron valores significativamente superiores al testigo, alcanzando valores de entre 94,00 g a 107,00 g con respecto al testigo que alcanzó un valor de 83,88 g en peso seco.



**Figura 9.** Acumulación de biomasa por secado a 70 °C por 72 horas. Medias con una letra común no son significativamente diferentes mediante la prueba de tukey ( $p > 0,05$ ). Los valores son medias de cuatro repeticiones: **ns** efecto no significativo; \* efecto significativo  $p < 0,05$ ; \*\* efecto muy significativo  $p < 0,01$ ; \*\*\* efecto altamente significativo  $p < 0,001$ .

## 6.2. Resultados para el segundo objetivo

Determinar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo antes y después de la aplicación de las rizobacterias.

### 6.2.1. Propiedades físicas y químicas

En la tabla 7 se muestra que el peso del suelo seco inicial es superior al peso del suelo seco final, con una diferencia de 26,32 g. Por lo tanto, en la tabla 8 se visualiza que la densidad aparente del suelo inicial es superior a la del suelo final con una diferencia de 0,27 g/cm<sup>3</sup>. Tal así que el porcentaje de poros del suelo inicial es inferior al del suelo final, mostrando una diferencia de 10,19%.

Como se muestra en la Tabla 9 en cuanto al pH vemos que hay un aumento mínimo al aplicar las rizobacterias, siendo ligeramente ácido, el mismo que es óptimo para el cultivo de tomate de riñón. En base al análisis de las propiedades químicas se puede observar que hay un

incremento, pasando de bajo a medio y alto en cuanto a macronutrientes (N, P, S, K, Ca, Mg) y micronutrientes (B, Zn, Cu, Fe, Mn) como también materia orgánica.

En relación con el Mg/K y Ca+Mg/K después de la aplicación de las rizobacterias incrementaron sus valores, correspondiendo a aceptables y adecuados, a excepción de la relación con el Ca/Mg que disminuyó su valor, correspondiendo a ideal.

La Tabla 10 muestra la clase textural al final del estudio, pasando a ser de clase textural franco limoso, según el análisis correspondiente. Del mismo modo en cuanto a la Tabla 11 se puede observar la saturación de bases antes y después de la aplicación de las rizobacterias que es la suma de los cationes básicos (Ca, Mg, k y Na) presentes en los sitios de intercambio del suelo, incrementando su CIC en 3,95 (anexo 18).

**Tabla 7.** Datos de los promedios generales del peso seco del suelo tanto inicial como final

<b>Peso del suelo seco</b>	
Suelo Inicial (S.I)	149,05 g
Suelo Final (S.F)	122,73 g

**Tabla 8.** Resultados de los análisis de las propiedades físicas del suelo antes y después de la aplicación de las rizobacterias.

<b>Cód. laboratorio</b>	<b>Cód. Campo</b>	<b>Parámetro analizado</b>	<b>Método</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
4372	S. F	Densidad aparente	Anillo volumétrico	g/cm <sup>3</sup>	1,22
4373	S. I				1,49
4372	S. F	Porcentaje de poros	Cálculo	%	53,96
4373	S. I				43,77

**Tabla 9.** Resultados de los análisis sobre las propiedades químicas del suelo antes y después de la aplicación de las rizobacterias

Análisis	N	P	S	B	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Ca/Mg	Mg/K	Ca+M g/k	Σ Bases	Mo	IDENT.	
Unidad	ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	meq/100g	meq/100g	ppm	ppm	ppm	ppm				meq/100g	%		
23-1401	6,20 L Ac	25,99 B	170,34 A	47,60 A	0,49 B	0,34 M	9,73 A	2,07 A	6,3 M	6,5 A	305 A	7,2 M	4,70	6,10	34,74	12,15	1,93 M	Muestra S. I
23-1402	6,28 L Ac	35,94 M	200,67 A	122,9 5 A	0,95 B	0,37 M	11,64 A	2,72 A	7,5 A	8,7 A	313 A	8,8 M	4,28	7,25	38,29	14,73	2,22 A	Muestra S. F
<b>Incremento</b>	<b>0,08</b>	<b>9,94</b>	<b>30,33</b>	<b>75,35</b>	<b>0,46</b>	<b>0,03</b>	<b>1,91</b>	<b>0,65</b>	<b>1,2</b>	<b>2,2</b>	<b>8,0</b>	<b>1,6</b>	<b>0,42</b>	<b>1,15</b>	<b>3,55</b>	<b>2,58</b>	<b>0,29</b>	

**Interpretación.** LAc= Liger. Acido, B= Bajo, M= Medio, A= Alto, ppm= Partes por millón y Mo= Materia orgánica

**Tabla 10.** Análisis de la clase textural al final del estudio

Textura (%)			
Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
35	43	22	Franco

**Tabla 11.** Análisis de suma de bases, saturación y capacidad de intercambio catiónico antes y después de la aplicación de las rizobacterias

N°	K	Ca	Mg	Na	Suma de bases	Saturación de bases	CIC	Identificación
muestra	meq/100g	meq/100g	meq/100g	meq/100g	meq/100g	(%)	meq/100g	
23-1432	0,30	7,48	1,79	0,27	9,8	87,1	11,3	Muestra S. I
23-1433	0,40	7,55	1,85	0,29	10,09	67,2	15,0	Muestra S. F

**Nota.** meq/100g= Miliequivalentes por cada 100 g de suelo.

## 6.2.2. Propiedades microbiológicas

### 6.2.2.1. Hongos

Con respecto a este caso, después de observar la formación de las unidades de colonias obtenidas en cada caja Petri Tabla 12, estas no pueden ser utilizadas debido a que no cumplen con la cantidad permitida por las diferentes normas NOM-092-SSA1-1994. En algunos trabajos (Sutton, 2011 ; Pavone, 2022) se ha reportado poca exactitud en conteos por debajo de 25 colonias por placa, ya que al disminuir el número de colonias el error aumenta exponencialmente. De tal manera se ha encontrado de 1 a 2 colonias, el cual no fue posible evaluar y aplicar dicha formula (anexo 19).

**Tabla 12.** Unidades formadoras de colonias (hongos)

Hongos	Dilución	T0 Antes	T1 <i>Pseudomonas</i> spp	T2 <i>Azospirillum</i> spp	T3 <i>Azotobacter</i> spp	T4 NPK 10-30-10	T5 Testigo
Caja P. 1	10 <sup>-4</sup>	2	1	2	2	1	2
Caja P. 2	10 <sup>-5</sup>	2	0	1	1	1	2
<b>Promedio (UFC)</b>		<b>2</b>	<b>0.5</b>	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

### 6.2.2.2. Bacterias

De acuerdo a los resultados obtenidos Tabla 13, se puede evidenciar que el mayor número de unidades formadoras de colonias se presentaron en *Pseudomonas* spp. *Azospirillum* spp y *Azotobacter* spp. en comparación a los tratamientos donde no se aplicó rizobacterias presentando un número menor (anexo 20).

**Tabla 13.** Análisis sobre las propiedades microbiológicas del suelo antes y después de la aplicación de las rizobacterias

N° Tratamientos	UFC/ml	Decimal	Notación científica
T0 Antes	48	480 000 000	4,8×10 <sup>8</sup>
T1 <i>Pseudomonas</i> spp	221	2 210 000 000	2,21×10 <sup>9</sup>
T2 <i>Azospirillum</i> spp	192	1 920 000 000	1,92×10 <sup>9</sup>
T3 <i>Azotobacter</i> spp	187	1 870 000 000	1,87×10 <sup>9</sup>
T4 NPK 10-30-10	50	500 000 000	5×10 <sup>8</sup>
T5 Testigo	57	570 000 000	5,7×10 <sup>8</sup>

**Nota.** ax10<sup>n</sup> = notación científica (también denominada notación exponencial), es una forma de escribir números extremadamente grandes o muy pequeños y por tanto difíciles de manejar.

## 7. Discusión

### 7.1. Discusiones para el primer objetivo

En esta investigación se analizó el desarrollo vegetativo del cultivo de tomate de riñón en respuesta a la aplicación de rizobacterias. La altura de la planta conjuntamente con el diámetro del tallo, días a la floración, longitud de la raíz, biomasa seca presentaron diferencias significativas con respecto al testigo, a los 90 DDS. Estos resultados fueron consistentes con los informados por otros autores que también describieron el impacto beneficioso de inocular las plantas de tomate con PGPR. Así,

Gashash et al. (2022) realizaron un estudio sobre los efectos de PGPR sobre el crecimiento de plantas de tomate, donde mostraron que la inoculación aumentó significativamente todos los parámetros medidos de las plantas en comparación con el testigo.

Los resultados para la variable altura de planta (cm), no existió diferencias significativas entre tratamientos, pero si diferencias significativas con respecto al testigo. Debido a que los valores de los tratamientos fluctúan entre 119 a 130 cm, comparado con el testigo absoluto que alcanzó una altura de 101 cm, resultados que discrepan con Palacio-Rodríguez et al.(2022), quienes en su estudio realizado sobre el Efecto de la inoculación de rizobacterias (*Bacillus paralicheniformis*, *Acinetobacter guillouiae*, *Aeromonas caviae* y *Pseudomonas lini*) promotoras del crecimiento vegetal de tomate de la variedad ‘Top1182’ en condiciones de invernadero, obtuvieron valores de crecimiento entre 138 a 153 cm, al utilizar una misma dosis y número de aplicaciones, sin embargo estos resultados son beneficiados debido a que hicieron uso de fibra de coco (15 kg m<sup>2</sup>) y estiércol de ganado compostado (12.5 kg m<sup>2</sup>) y una solución de fertilizante que contenía (mg L<sup>-1</sup>): N: 2 311, Ca: 626, Mg: 1 158, K: 723 y micronutrientes por fertirriego.

Además, estos resultados obtenidos en el ensayo no concuerdan con Zambrano (2022), donde evaluó rizobacterias (*Pseudomonas aeruginosa* y *Acinetobacter calcoaceticus*) promotoras de crecimiento vegetal en plantas de tomate variedad Floradade, más un tratamiento químico, obteniendo valores estadísticamente significativos de 106 a 116 cm, en comparación con el testigo absoluto que alcanzó 87 cm a los 90 DDS. Esto se da debido a que estas bacterias tienen un mecanismo principal de fijar nitrógeno y a la producción de fitohormonas (giberelinas, citocininas y auxinas), induciendo a una resistencia sistémica a patógenos, a la solubilización y movilización de fosfatos (León-Fajardo et al., 2019).

En relación a la variable diámetro del tallo todos los tratamientos donde se aplicó las rizobacterias presentaron valores significativamente mayores de entre 9,3 a 9,5 mm, con respecto al tratamiento testigo que presentó 8,1 mm. Estos resultados discrepan con Contreras et al. (2019), quienes evaluaron el efecto de la inoculación de dos cepas rizobacterianas de *Pseudomonas putida* en tomate de riñón variedad Saladette Var. Rio Grande, que fueron sembradas en bolsas de polietileno de 10 kg de capacidad, bajo condiciones de invernadero, con una concentración de  $1 \times 10^9$  UFC en una sola aplicación, donde obtuvieron valores inferiores de 8 a 8,3 mm.

Mientras que, Palacio et al.(2022) en su estudio realizado sobre el efecto de la inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal más un fertilizante orgánico y una solución de fertilizante en macro y micronutrientes, encontraron resultados superiores, con valores de 12 mm a 14 mm evaluados a los 125 días, estos resultados son superiores debido a la aplicación de las PGPR y el uso de fertilizantes orgánicos tienen el potencial de ser útiles en la producción siendo una alternativa viable para mejorar el rendimiento del tomate.

En cuanto a los resultados obtenidos en la variable longitud de raíz los tratamientos que presentaron diferencias significativas fueron los tratamientos donde se realizó la aplicación de las rizobacterias más tratamiento químico, con valores entre 43,2 y 44,5 cm, en comparación al testigo absoluto que alcanzó 37,2 cm estos resultados discrepan con los reportados por Contreras et al. (2019), quienes al realizar un estudio sobre el efecto de rizobacterias más dosis reducidas de fertilizantes sintéticos en el desarrollo vegetativo de tomate en invernadero, encontraron valores estadísticamente significativos de 56,2 a 61,3 cm, al utilizar cepas individualmente y en combinación, con una concentración de  $1 \times 10^9$ . Esto corrobora ante lo reportado por Acosta et al. (2023) quienes en su estudio realizado mencionan que, al combinar cepas con habilidades complementarias, se pueden lograr resultados superiores a los que se obtendrían utilizando una sola cepa.

Por otro lado, estos resultados también difieren con Basurto (2022), quien al evaluar el efecto de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal más un tratamiento químico en plántulas de tomate, a los 90 DDS, obtuvo valores altamente significativos entre 56 a 66 cm, al utilizar una dosis de 5 ml en dos momentos de aplicación. Estos resultados se dan debido a que estas rizobacterias sintetizan fitohormonas que facilitan el enraizamiento, secretan compuestos que mejoran la estructura del suelo, facilitan la captación de nutrientes y protegen a la planta contra patógenos, así lo mencionan Tanya & Leiva, (2019).

El incremento de biomasa seca total en base a la inoculación de las rizobacterias y el tratamiento químico tuvieron valores significativamente superiores de entre 94 a 107 g en comparación al testigo absoluto que alcanzó un valor de 83 g, estos resultados están en conformidad con Martínez (2021), quien realizó un estudio donde evaluó el potencial de las rizobacterias para promover el crecimiento vegetal del cultivo de tomate de riñón, en el cual encontró valores de 100 a 108 g, al utilizar cepas de *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter* y *Bacillus* con una concentración de  $1 \times 10^8$  UFC, con una frecuencia de aplicación en dos momentos bajo condiciones de invernadero. Esto se debe a que la aplicación de estas PGRP estimulan el crecimiento y desarrollo vegetal al intervenir en la división celular y diferenciación de tejidos, expresado en un aumento de biomasa (He et al., 2019).

Por otra parte, estos resultados difieren con Daza et al. (2018) quienes estudiaron la efectividad de las rizobacterias en el ciclo vegetativo del tomate Var. "hybrid OptimMax" del cual obtuvieron un valor de 141 g de biomasa seca, al hacer uso de *Pseudomonas aeruginosa* con una concentración de  $1 \times 10^8$  UFC, una dosis de 2 ml y adicionalmente fueron fertilizadas con solución nutritiva de Steiner que contiene macro y micronutrientes.

Respecto a los resultados obtenidos en los tratamientos donde se aplicó las rizobacterias conjuntamente con el tratamiento químico, con respecto a los días a la floración con valores de entre 62,75 y 63,75 días, donde se dieron tiempos significativamente inferiores al testigo (67,50) reduciéndose en 4,75 días el tiempo a la floración. Por lo tanto, para esta variable no se han realizado estudios en base a la aplicación de estas rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR), el cual no permite comparar resultados con otros autores, pero si comparar con el testigo, Ya que en algunas variedades sin la aplicación de algún fertilizante esto puede tardar hasta 70 días o más. Resultados que demuestran que con la aplicación de estas bacterias benéficas aceleran el inicio de la floración e incrementan el número de flores debido a la producción de citocinina que promueve la división celular, estimula el metabolismo y la formación de flores en yemas laterales lo que la convierte en homóloga de las auxinas, así lo menciona (Tomas et al., 2015).

Esta evidencia sugiere un aporte fundamental de las PGPR a la nutrición de la planta, por tanto, a la mejora de los resultados del desarrollo vegetal (Kumar-Mishra et al., 2010). Kumari et al. (2019) evidenciaron que el género *Pseudomonas* sp., *Azospirillum* sp. y *Azotobacter* sp. mejoraron significativamente el desarrollo vegetal de plantas de tomate registrando mayor altura, diámetro, longitud de raíz y peso seco. Observaciones similares fueron hechas por

Kumar-Mishra et al. (2010) quienes también obtuvieron un desarrollo significativo, mejorando el cultivo de tomate por inoculación de cepas aisladas pertenecientes al género *Pseudomonas* sp. *Azospirillum* sp. y *Azotobacter* sp.

## **7.2. Discusiones para el segundo objetivo**

Los resultados obtenidos en base a la aplicación de las rizobacterias sobre las propiedades químicas del suelo, tanto al inicio como al final, donde incrementaron en un 0,08 % de pH, 0,29 % de MO, 1,91 % de Ca, 0,65 % de Mg, 0,03 % de K y CIC en un 3,7 (meq/100g). Estos resultados obtenidos discrepan con Orozco-Corral et al. (2016) quienes en su investigación al aplicar microorganismos con una concentración de  $1 \times 10^8$  más fertilización química en cultivo de tomate, al evaluar las propiedades químicas del suelo obtuvieron un incremento de 0,31 % de MO, 0,67 % de pH, 26,22 % de Ca, 14,21 % de Mg, en relación al K disminuyó 24,04 % y con un aumento de CIC de 12,4 (meq/100g). Por lo tanto, estos resultados obtenidos en el ensayo coinciden con Voroney (2007), quien menciona que las funciones más importantes de las bacterias es la secreción de sustancias adherentes en forma de polisacáridos que ayudan en la formación de micro y macroagregados, proporcionan estabilidad a la estructura del suelo, son responsables de la descomposición de residuos orgánicos y de la degradación de compuestos contaminantes presentes en el suelo.

Los resultados obtenidos sobre las propiedades físicas del suelo (densidad aparente), en base a la aplicación de las rizobacterias, al inicio presentó un valor de  $1,49 \text{ cm}^3/\text{g}$  y al final del ensayo un valor de  $1,22 \text{ cm}^3/\text{g}$ , dando una diferencia de  $0,27 \text{ cm}^3/\text{g}$ , estos resultados son similares con los reportados por Orozco-Corral et al. (2016) quienes en su investigación al utilizar microorganismos con una concentración de  $1 \times 10^8$  más fertilización química en cultivo de tomate, con una sola aplicación, evaluaron las propiedades físicas del suelo encontraron valores iniciales de  $1,38 \text{ cm}^3/\text{g}$ , y finales de  $1,27 \text{ cm}^3/\text{g}$ . dando una diferencia de  $0,11 \text{ cm}^3/\text{g}$ .

Por otro lado, ante los resultados obtenidos en porosidad en base a la aplicación de las rizobacterias, con valores iniciales de 43,77 % y finales de 53,96 % dando una diferencia de 10,19 % concuerdan con los reportados por Corral et al. (2016) quienes en su investigación al utilizar rizobacterias en el desarrollo vegetativo del tomate encontraron valores iniciales de 40,20 % y finales de 47,20 % con una diferencia de 7 %. Estos resultados se ven reflejados gracias a los mecanismos directos e indirectos de las rizobacterias, ya que favorecen sustancialmente en las propiedades físicas, debido a que se evidencia una mayor aireación del

suelo, mayor capacidad de infiltración de agua y penetración de las raíces, así lo menciona Wallace et al. (2009).

En cuanto a los resultados obtenidos en el ensayo se encontró una baja población de Unidades Formadoras de Colonias (hongos), esto se sustenta con lo indicado por Barrios & Sandoval. (2018) quienes en su investigación mencionan que las principales influencias que se imponen a la comunidad de hongos son: el nivel y el tipo de materia orgánica, el pH, la aplicación de algún tipo de fertilizante inorgánico o fungicida, el contenido de humedad, la aireación, variación de temperatura y la composición de la vegetación nativa o cultivada. Además, estos resultados del ensayo sostiene lo mencionado por Pavone, (2022) quien indica que en Microbiología existe lo que se conoce como el intervalo contable, el cual es el número mínimo y máximo de colonias que pueden estar presentes en una placa para el conteo. Este valor dependerá del tipo de microorganismo y se aceptan entre 25 – 250 colonias ó 30 – 300 colonias. Por ello, en el caso de hongos se recomienda un intervalo contable entre 10 a 100 colonias.

Los resultados obtenidos en el ensayo sobre las propiedades microbiológicas del suelo, se encontró la mayor población en *Pseudomonas* spp, alcanzando  $2,21 \times 10^9$  UFC/ml, seguido por *Azospirillum* spp, con  $1,92 \times 10^9$  UFC/ml y *Azotobacter* spp con  $1,87 \times 10^9$ , resultados superiores a los reportados por Orozco Corral et al. (2016) quienes en su estudio aplicaron rizobacterias, con una concentración de  $1 \times 10^8$  más fertilización química, en una sola frecuencia de aplicación de las cuales obtuvieron  $1 \times 10^3$  UFC/ml de *Pseudomonas fluorescens*,  $1 \times 10^6$  UFC/ml de *Azospirillum brasilense* y  $1 \times 10^9$  UFC/ml de *Azotobacter vinelandii* al final del ensayo.

De igual manera, los resultados obtenidos en el ensayo fueron superiores a los obtenidos por Guerrón (2015), quien en su estudio realizado al aplicar rizobacterias con una frecuencia de aplicación en cinco momentos, con una dosis de 1,5 ml por planta en cada tratamiento, obtuvo al final del ensayo un  $6,83 \times 10^5$  UFC/ml *Bacillus mycoides* y  $2,5 \times 10^4$  UFC/ml *Bacillus subtilis* sienta estas bacterias benéficas para el cultivo de tomate de riñón. Estos resultados sostienen lo mencionado por Rosales, (2011) quien menciona que las rizobacterias participan en los ciclos de carbono, nitrógeno, azufre, fósforo y en la incorporación del potasio y el magnesio para la asimilación de las plantas.

De manera general los resultados encontrados en el ensayo de densidad aparente, porosidad y biomasa microbiana, proporcionaron evidencias al utilizar rizobacterias durante el desarrollo vegetativo del tomate de riñón, impactando positivamente sobre el suelo, lo que concuerda con lo publicado por Del Pino et al. (2008), quienes en su investigación al aplicar rizobacterias al

suelo, encontraron un efecto benéfico en las propiedades físicas y biológicas del suelo incrementando la actividad biológica, con lo cual se mejora la movilización de elementos nutritivos y la descomposición de sustancias tóxicas.

## **8. Conclusiones**

Se demostró los efectos positivos de la aplicación de las PGPR en el cultivo de tomate de riñón, donde se incrementaron significativamente todos los parámetros medidos sobre el desarrollo vegetativo como son: altura en 29,26 cm diámetro en 1,41 mm, longitud de la raíz en 7 cm y biomasa seca en 18,05 g en comparación al testigo absoluto, mientras que los días a la floración se redujeron en 3,75 comparado al testigo bajo condiciones controladas.

Se determinó que las propiedades químicas del suelo se incrementaron con relación a macro y micronutrientes (N en 9,94 %, P en 30,33 %, K en 0,03 %, B en 0,46 %, Fe en 8,4 % y Mg en 0,65 %, como también pH en 0,08 % , M.O en 0,29 % y CIC en 3,7 meq/100g), así mismo las propiedades microbiológicas (bacterias) aumentaron en 173 UFC/ml y las propiedades físicas disminuyeron los valores de densidad aparente en un 0,27 g/cm<sup>3</sup> y el porcentaje de porosidad aumentó en un 10 % con respecto a la situación inicial del experimento.

## **9. Recomendaciones**

Se recomienda hacer estudios con más géneros de microorganismos promotores del crecimiento vegetal que ayuden en el desarrollo vegetativo del cultivo para así poder seleccionar microorganismos más eficientes.

Hacer uso de estos microorganismos en combinación, mayor frecuencia de aplicación y concentraciones diferentes a largo plazo, para determinar resultados más significativos tanto, en las propiedades químicas, físicas y microbiológicas del suelo.

## 10. Bibliografía

- Acosta, J. R., Cordova, F. G., Herrera, Y. C., Torres, V. S. G., Jiménez, V. G., Martínez, R. H., García, R. A. V., & Luna, B. E. G. (2023). Análisis de la liberación celular de rizobacterias en cápsulas de alginato de sodio y carboximetilcelulosa. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 21, 1-8.
- Alarcon Camacho, J., Recharte Pineda, D. C., Yanqui Díaz, F., Moreno LLacza, S. M., Buendía Molina, M. A., Alarcon Camacho, J., Recharte Pineda, D. C., Yanqui Díaz, F., Moreno LLacza, S. M., & Buendía Molina, M. A. (2020). Fertilizar con microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología, biomasa y producción de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 67-73. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.08>
- Allende, M. (2017). Manual de cultivo de tomate riñón bajo invernadero. Importancia y consideraciones del cultivo de tomate. Santiago, Chile: INIA. (Boletín Técnico N° 12).
- Álvarez-González, A., Martín-Alonso, G. M., Mejía-Franco, L. C., López-Vdovenko, E., Rodríguez-Yon, Y., Álvarez-González, A., Martín-Alonso, G. M., Mejía-Franco, L. C., López-Vdovenko, E., & Rodríguez-Yon, Y. (2021). Algunas propiedades físicas, químicas y microbiológicas de un suelo agrícola en Darién, República de Panamá. *Cultivos Tropicales*, 42(4). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0258-59362021000400006&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362021000400006&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Barrios, M. B., & Sandoval, M. C. (2018). Caracterización de hongos presentes en suelos con usos contrastantes. *Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental [Internet]*, 5(1), 3-9.
- Calero H., A., Quintero R., E., Pérez D., Y., Olivera V., D., Peña C., K., Castro L., I., & Jiménez H., J. (2019). Evaluación de microorganismos eficientes en la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 36(1), 67-78. <https://doi.org/10.22267/rcia.193601.99>
- Canessa, M. (1992). Manual para el manejo industrial del tomate (*Lycopersicum esculentum*). Quito. EC. Proexant. 97 p.
- Cervantes-Vázquez, T. J. Á., Valenzuela-García, A. A., Cervantes-Vázquez, M. G., Guzmán-Silos, T. L., Fortiz, E. L., Rangel, P. P., & Rueda-Puente, E. O. (2021).

- Morphophysiological, Enzymatic, and Elemental Activity in Greenhouse Tomato Saladette Seedlings from the Effect of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. *Agronomy*, 11(5), Art. 5. <https://doi.org/10.3390/agronomy11051008>
- Chiquito-Contreras, R. G., Reyes-Perez, J. J., Chiquito-Contreras, C. J., Vidal-Hernandez, L., & Hernandez-Montiel, L. G. (2019). Efecto de rizobacterias y dosis reducidas de fertilizantes sintéticos sobre la expresión morfo-productiva de tomate en invernadero. *Informacion Tecnica Economica Agraria*. Vol. xx: 1-11 <https://doi.org/10.12706/itea.2019.015>
- Cordoba-Novoa, H. A., Gómez, S. V., & Nústez, C. E. (2018). Evaluación del rendimiento y fenología de tres genotipos de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones de invernadero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1), Art. 1. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i1.7348>
- Daza-Martínez, Y. M., Almaraz-Suarez, J. J. E., Rodríguez-Mendoza, M. N., Angulo-Castro, A., & Silva-Rojas, H. V. (2018). Aislamiento de rizobacterias asociadas a tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y su potencial para promover crecimiento vegetal. *Informacion Tecnica Economica Agraria*. <https://doi.org/10.12706/itea.2021.036>
- Del Pino, A., C. Repetto, C. Mori y C. Perdomo. 2008. Patrones de descomposición de estiércoles en el suelo. *Terra Latinoamericana* 26: 43-52.
- Díaz Martínez, Ó. (2013). *BIOFERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE TOMATE (Solanum lycopersicum L.)*. <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/16956>
- Díaz, C. (2016). Caracterización Agro cadena de tomate riñón. Grecia, Costa Rica: revista técnica. Vol 5. Dirección Regional Central Occidental. p 46.
- Domínguez Duarte, C. F., Cecato, U., Trento Biserra, T., Mamédio, D., Galbeiro, S., Domínguez Duarte, C. F., Cecato, U., Trento Biserra, T., Mamédio, D., & Galbeiro, S. (2020). Azospirillum spp. En gramíneas y forrajeras. Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(1), 223-240. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4951>
- Espinosa, P. B.; Moreno, R. A.; Cano, R. P.; Álvarez, R. V. P.; Sáenz, M. J.; Sánchez, G. H. y González, R. G. 2017. Inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv Afrodita en invernadero. *Terra Latinoam.* 35(2):169-178.

Esquivel-Cote, R. (2018). EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON *Azospirillum* sp., Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* Mill.). *Agro Productividad*, 10(7). Recuperado a partir de <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1064>

GALLEGOS, M. A. R. & QUISPE, J. L. (2009) Capacidad promotora de crecimiento vegetal por bacterias del género *Azotobacter* y Actinomicetos aislados de cultivos de *Solanum tuberosum* Linnaeus, 1753 (Papa) cultivados en zonas altoandinas del Perú. Tesis de pregrado biólogo con mención en biología celular y genética

González Rodríguez, G., Espinosa Palomeque, B., Cano Ríos, P., Moreno Reséndez, A., Leos Escobedo, L., Sánchez Galván, H., Sáenz Mata, J., González Rodríguez, G., Espinosa Palomeque, B., Cano Ríos, P., Moreno Reséndez, A., Leos Escobedo, L., Sánchez Galván, H., & Sáenz Mata, J. (2018). Influencia de rizobacterias en la producción y calidad nutraceutica de tomate bajo condiciones de invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(2), 367-379. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i2.1078>

Guerrón Villacís, J. G. (2015). Respuesta del suelo y del cultivo de tomate hortícola (*Lycopersicon esculentum*) a la aplicación de lactofermentos nriquesidos. [bachelorThesis]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/18307>.

He, Y., Wu, Z., Wang, W., Ye, B.-C., Zhang, F., & Liu, X. (2019). Different Responses of *Capsicum annuum* L. Root and Shoot to Salt Stress with *Pseudomonas putida* Rs-198 Inoculation. *Journal of Plant Growth Regulation*, 38(3), 799-811. <https://doi.org/10.1007/s00344-018-9891-y>

Héctor-Ardisana, E., Torres-García, A., Fosado-Téllez, O., Peñarrieta-Bravo, S., Solórzano-Bravo, J., Jarre-Mendoza, V., Medranda-Vera, F., & 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). <https://www.redalyc.org/journal/1932/193266197002/html/>

Hernández-Valladares, N. L., Palemón-Alberto, F., Damián-Nava, A., Cruz-Lagunas, B., Herrera-Castro, N. D., Ortega-Acosta, S. Á., Toribio-Jiménez, J., Reyes-García, G., & Reyes-García, G. (2021). INOCULACIÓN DE BACTERIAS PROMOTORAS DE

- CRECIMIENTO VEGETAL Y SU EFECTO EN ECOTIPOS DE TOMATE. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(4), 581. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.4.581>
- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., & Bello-Amez, S. (2006). LA MATERIA ORGÁNICA, IMPORTANCIA Y EXPERIENCIA DE SU USO EN LA AGRICULTURA. *Idesia (Arica)*, 24(1), 49-61. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>
- Kennedy, C., Rudnick, P., MacDonald, M. L., & Melton, T. (2015). Azotobacter. *Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria*, 1–33. <https://doi.org/10.1002/9781118960608.gbm01207>
- Kumari B.; Mallick, M. A.; Solanki, M. K.; Solanki, A. C.; Hora, A.; Guo, W. 2019. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): modern prospects for sustainable agriculture. In: Ansari, R. and Mahmood, I. (Ed.). *Plant health under biotic stress*. Springer. Singapore. 109-127 pp. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-6040-4-6>.
- Kumar-Mishra, R., Prakash, O., Alam, M., Dikshit, A. 2010. Influence of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on the productivity of *Pelargonium graveolens* L. Herit. *Recent Research in Science and Technology*. 2(5):53-57.
- 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.
- León Fajardo, M., Mancilla Felipez, J. D., & Ortuño Castro, F. N. (2019). Evaluación de bacterias endófitas promotoras de crecimiento en el cultivo de quinua. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 7(2), 5.
- López Marín, L. M. (2017). Manual técnico del cultivo del tomate: *Solanum lycopersicum*.
- López-Padrón, I., Martínez-González, L., Pérez-Domínguez, G., Reyes-Guerrero, Y., Núñez-Vázquez, M., & Cabrera-Rodríguez, J. A. (2021). Uso de bioestimulantes en el cultivo del garbanzo. *Cultivos Tropicales*, 42(4). <https://www.redalyc.org/journal/1932/193270002013/html/>

- Luna Martínez, L., Martínez Peniche, R. A., Hernández Iturriaga, M., Arvizu Medrano, S. M., & Pacheco Aguilar, J. R. (2013). Caracterización de rizobacterias aisladas de tomate y su efecto en el crecimiento de tomate y pimiento. *Revista fitotecnia mexicana*, 36(1), 63-69.
- Martínez, Y. M. D. (2021). ASOCIADAS A TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) Y SU POTENCIAL PARA. M. C.
- MAG. (2021). Boletín Situacional Tomate Riñón. [https://fliphtml5.com/ijia/kept/Bolet%C3%ADn\\_Situacional\\_Tomate\\_Ri%C3%B1%C3%B3n\\_2021/](https://fliphtml5.com/ijia/kept/Bolet%C3%ADn_Situacional_Tomate_Ri%C3%B1%C3%B3n_2021/)
- Moruzzi, S., Firrao, G., Polano, C., Borselli, S., Loschi, A., Ermacora, P., Loi, N., y Martini, M. (2017) Caracterización genómica asistida de *Pseudomonas* sp. cepa Pf4, un potencial agente de control biológico en hidroponía. *Ciencia y Tecnología de Biocontrol*, 27(8), 969-991. <https://doi.org/10.1080/09583157.2017.1368454>
- Orozco Corral, A. L., Valverde Flores, M. I., Martínez Téllez, R., Chávez Bustillos, C., Benavides Hernández, R., Orozco Corral, A. L., Valverde Flores, M. I., Martínez Téllez, R., Chávez Bustillos, C., & Benavides Hernández, R. (2016). Propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo con biofertilización cultivado con manzano. *Terra Latinoamericana*, 34(4), 441-456.
- Pérez, J., Hurtado, G., Aparicio, V., Argueta, Q., y Larín, M. (2013). Guía técnica del cultivo de tomate (pp. 8-13). [http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia\\_Tomate.pdf](http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia_Tomate.pdf)
- Palacio-Rodríguez, R., Nava-Reyes, B., Sánchez-Galván, H., Quezada-Rivera, J. J., & Sáenz-Mata, J. (2022). Efecto de la inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal de tomate en condiciones de casa sombra comercial. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(SPE28), 231-242.
- Pavone, D. (2022, diciembre 21). Recuento de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) en placas de agar. Eduvita. <https://www.eduvitaweb.com/recuento-ufc-agar/>
- FAO. (2023). Propiedades Químicas. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>
- FAO. (2023). Propiedades Físicas. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>

- Quishpe, M. F. P., González-Parra, M. M., García, M. E. M., & Arias, D. R. (2021). Evaluación agronómica de bacterias fijadoras de nitrógeno aisladas de suelos andinos en plántulas de lechuga y tomate. *Investigación Agraria*, 23(1), Article 1. <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2021.junio.2301680>
- Rodríguez Sánchez, J., Ríos Rocafull, Y., & Baró Robaina, Y. (2016). Efectividad de cepas de *Azotobacter* sp. Y *Bacillus* sp. Para el control de especies fúngicas asociadas a hortalizas. *Cultivos Tropicales*, 37, 13-19.
- Rodríguez-Valdés, A., Florido-Bacallao, M., Dueñas-Hurtado, F., Muñoz-Calvo, L. J., Hanson, P., & Álvarez-Gil, M. (2017). Caracterización morfoagronómica en líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Con resistencia a begomovirus. *Cultivos Tropicales*, 38(2), 70-79.
- Sánchez, E. P., Núñez, D., Cruz, R. O., Torres, M. A., & Herrera, E. V. (2017). Simulación y conteo de unidades formadoras de colonias. ReCIBE. Revista electrónica de Computación, Informática, Biomédica y Electrónica, 6(1), 97-111.
- Sepúlveda, P. (2017). Manual de cultivo del tomate al aire libre. enfermedades en tomate al aire libre. Santiago, Chile: INIA. p 29. Boletín Técnico N° 11.
- Shafi, S., Asif, M., Zargar, M. Y., Maqbool, S., Mir, S. A., Baba, Z. A., Dar, Z. M., Shayan, & Ayman. (2019). Impact of microbial inoculants on growth and yield of tomato (*Solanum lycopersicon* L.) under temperate conditions. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(1), 1261-1264.
- Siavichay, M. 2011. Aclimatación de diez cultivares de tomate (*Lycopersicum esculentum*), en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. Tesis Ing. Agr. Riobamba: Escuela Politécnica del Chimborazo, Facultad de Agronomía. p. 9
- Sánchez Carrillo, R., Guerra Ramírez, P., Sánchez Carrillo, R., & Guerra Ramírez, P. (2022). *Pseudomonas* spp. Benéficas en la agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(4), 715-725. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i4.2799>
- Tanya Morocho, M., & Leiva-Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro agrícola*, 46(2), 93-103.
- Ortuño Tomás, A. M., Díaz Expósito, L., & Del Río Conesa, J. A. (2015). Evolución de la Fisiología Vegetal en los últimos 100 años. *Euvacteria*, n°34, 2015.

- Veresoglou SD, Menexes G. (2010). Impact of inoculation with *Azospirillum* spp. on growth properties and seed yield of wheat. *Plant Soil*, 337, 469–80.
- Villaseñor-Tulais, F., Hernández-Muñoz, S., Pedraza-Santos, M. E., Chávez-Bárceñas, A. T., Santoyo, G., Orozco-Mosqueda, M. del C., Villaseñor-Tulais, F., Hernández-Muñoz, S., Pedraza-Santos, M. E., Chávez-Bárceñas, A. T., Santoyo, G., & Orozco-Mosqueda, M. del C. (2023). *Pseudomonas fluorescens* UM270 promueve el crecimiento y producción en tomate de cáscara. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 14(4), 627-632. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i4.3017>.
- Voroney, R. P. 2007. The soil habitat. pp. 25-49. In: E. A. Paul (ed.). *Soil microbiology, ecology, and biochemistry*. Elsevier. Oxford, UK.
- Wallace, B. M., M. Krzic, T. A. Forge, K. Broersma, and R. F. Newman. 2009. Biosolids increase soil aggregation and protection of soil carbon five years after application on a crested wheatgrass pasture. *J Environ. Qual.* 38: 291-298.
- Zambrano Basurto, A. E. (2022). Validación de bacterias endófitas solubilizadoras de fosfato como promotoras de crecimiento vegetal en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) [bachelorThesis, Calceta: ESPAM MFL]. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1876>

## 11. Anexos



**Anexo 1.** Eliminación de especies arvenses (A) y delimitación de camas e instalación del sistema de riego por goteo (B).



**Anexo 2.** Mezcla del sustrato turba- suelo (A) y siembra en fundas de vivero (B)



**Anexo 3.** Aplicación de las rizobacterias en semillero (A) y en campo (B).



**Anexo 4.** Delimitación y adecuación de camas



**Anexo 5.** Colocación de la lámina de polietileno (acolchado)



**Anexo 6.** Trasplante de las plántulas de tomate de semillero a campo



**Anexo 7.** Elaboración y colocación de trampas amarillas



**Anexo 8.** Colocación de piolas plásticas conductoras del tallo (tutoreo)



**Anexo 9.** Eliminación de brotes axilares del tallo principal (poda de formación)



**Anexo 10.** Medición de las variables agronómicas en el desarrollo vegetativo



**Anexo 11.** Toma de muestras para densidad aparente y porosidad

N° Muestras	T0 Antes	T1 <i>Pseudomonas</i> spp	T2 <i>Azospirillum</i> spp	T3 <i>Azotobacter</i> spp
M1	149.6	124.2	123.5	120.1
M2	148.8	122.1	121.3	123.6
M3	147.9	123.6	124.3	123.2
M4	149.9	122.9	122.8	121.1
<b>Promedio</b>	<b>149.05</b>	<b>123.20</b>	<b>122.98</b>	<b>122.00</b>

N° de tratamientos	Peso del suelo seco inicial	N° de tratamientos	Peso del suelo seco final
T0 Antes	149.05 g	T1 <i>Pseudomonas</i> spp	123.20 g
<b>Promedio general</b>	<b>149.05 g</b>	T2 <i>Azospirillum</i> spp	122.98 g
		T3 <i>Azotobacter</i> spp	122.00 g
		<b>Promedio General</b>	<b>122.73 g</b>

**Anexo 12.** Datos de promedios generales de cada tratamiento para el cálculo de densidad aparente y porosidad

TRATAMIENTOS	45 DDS	60 DDS	75 DDS	90 DDS
<b>T5 Testigo</b>	18.19 B	37.38 A	73.44 A	100.95 B
<b>T3 <i>Azotobacter</i> spp</b>	20.63 B A	42.31 A	80.01 A	119.54 A
<b>T2 <i>Azospirillum</i> spp</b>	21.38 B A	41.00 A	79.76 A	123.81 A
<b>T1 <i>Pseudomonas</i> spp</b>	22.69 B A	46.31 A	87.76 A	130.21 A
<b>T4 NPK 10-30-10</b>	25.69 A	52.56 A	92.26 A	130.53 A
	*	ns	ns	***

**Anexo 13.** Datos estadísticos sobre altura de la planta con sus tratamientos y evaluaciones, de los 45 hasta los 90 días después de la siembra (DDS)

TRATAMIENTOS	45 DDS	60 DDS	75 DDS	90 DDS
<b>T5 Testigo</b>	3.10 B	4.75 B	6.70 B	8.12 B
<b>T3 <i>Azotobacter</i> spp</b>	3.45 B A	5.33 B A	7.33 B A	9.33 A
<b>T2 <i>Azospirillum</i> spp</b>	3.78 A	5.33 B A	7.65 A	9.53 A
<b>T1 <i>Pseudomonas</i> spp</b>	3.78 A	5.45 B A	7.53 A	9.53 A
<b>T4 NPK 10-30-10</b>	3.78 A	5.33 A	7.45 A	9.45 A
	***	*	**	**

**Anexo 14.** Datos estadísticos sobre diámetro del tallo con sus tratamientos y evaluaciones, de los 45 hasta los 90 días después de la siembra (DDS)

TRATAMIENTOS	DÍAS A LA FLORACIÓN
<b>T4 NPK 10-30-10</b>	62.75 A
<b>T1 <i>Pseudomonas</i> spp</b>	63.75 A
<b>T2 <i>Azospirillum</i> spp</b>	64.23 A
<b>T3 <i>Azotobacter</i> spp</b>	63.06 A
<b>T5 Testigo</b>	67.50 B
	**

**Anexo 15.** Datos estadísticos sobre los días promedio a la floración, al final del experimento

TRATAMIENTOS	LONGITUD DE LA RAÍZ	
T5 Testigo	37.2	B
T2 <i>Azospirillum spp</i>	43.9	A
T3 <i>Azotobacter spp</i>	43.2	A
T1 <i>Pseudomonas spp</i>	44.2	A
T4 NPK 10-30-10	44.5	A
	*	

Anexo 16. Datos estadísticos sobre la longitud de raíz, al finalizar el experimento.

TRATAMIENTO	BIOMASA SECA	
T5 Testigo	83.88	B
T2 <i>Azospirillum spp</i>	94.00	A
T3 <i>Azotobacter spp</i>	96.88	A C
T1 <i>Pseudomonas spp</i>	101.38	C
T4 NPK 10-30-10	107.00	C
	***	

Anexo 17. Datos estadísticos sobre biomasa seca

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**  
**ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS**  
 Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua.  
 Tlf. (02) 3007284 / (02)2504240

**INFORME DE ENSAYO No: 23-0281**

NOMBRE DEL CLIENTE:	Universidad Nacional de Loja	FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	26/07/2023
PETICIONARIO:	Universidad Nacional de Loja	HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	9:40
EMPRESA/INSTITUCIÓN:	Universidad Nacional de Loja	FECHA DE ANÁLISIS:	07/08/2023
DIRECCIÓN:	Loja	FECHA DE EMISIÓN:	16/08/2023
		ANÁLISIS SOLICITADO:	CIC

Nº muestra	K	Ca	Mg	Na	Suma de bases	Saturación de bases	CIC	Identificación de la muestra
	meq/100 g suelo	(%)	meq/100 g suelo					
23-1432	0,30	7,48	1,79	0,27	9,8	87,1	11,3	Muestra 6 SR, Fréjol

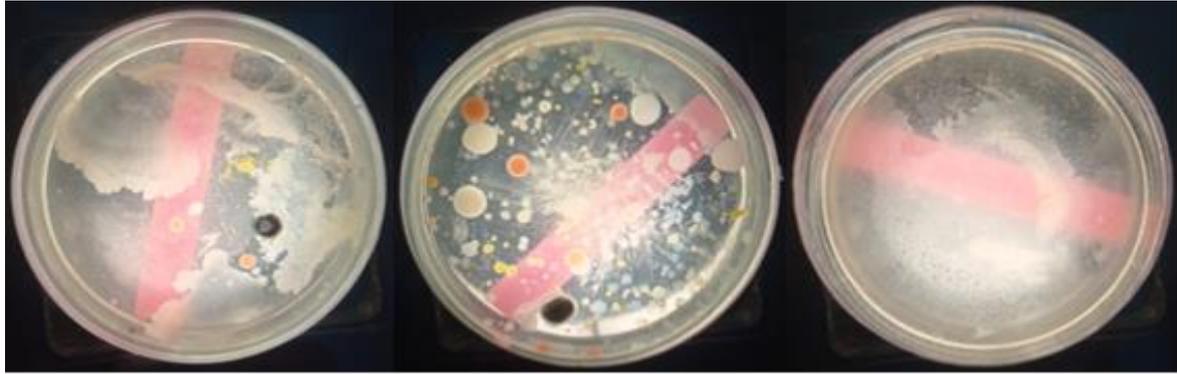
**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**  
**ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS**  
 Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua.  
 Tlf. (02) 3007284 / (02)2504240  
 Mail: laboratorio.scs@iniap.gub.ec

**INFORME DE ENSAYO No: 23-0281**

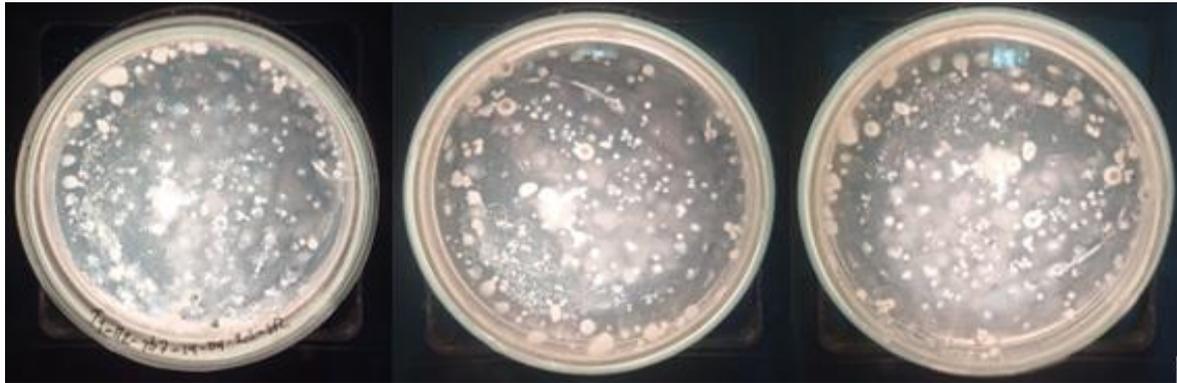
NOMBRE DEL CLIENTE:	Universidad Nacional de Loja	FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	26/07/2023
PETICIONARIO:	Universidad Nacional de Loja	HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	9:40
EMPRESA/INSTITUCIÓN:	Universidad Nacional de Loja	FECHA DE ANÁLISIS:	07/08/2023
DIRECCIÓN:	Loja	FECHA DE EMISIÓN:	17/08/2023
		ANÁLISIS SOLICITADO:	Soil: E + OC: T07106 + M

Análisis	pH	N		P		S		K		Ca		Mg		Zn		Cu		Fe		Mn		Ca/Mg		Mg/K		Ca+Mg/K		I Bases		MO		CO <sup>2</sup>		Textura (%)			Clase Textural	IDENTIFICACION	
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm			ppm
23-1430	5,75	899 N	61,36 N	12,06 N	8,11 N	0,28 N	0,40 N	4,34 N	1,29 N	3,5 N	8,6 N	308 N	14,1 N	0,87 N	2,89 N	18,37 N	5,79 N	1,87 N																					Muestra 5 SR
23-1431	6,28	1,6V	25,94 M	286,67 A	122,95 A	0,95 B	0,27 M	11,64 A	3,72 A	7,5 A	8,7 A	213 A	8,8 M	4,28 M	7,35 M	18,29 M	14,73 M	3,22 A																					Muestra M1 SR
23-1432	6,20	1,6V	20,90 B	170,34 A	47,00 A	0,68 B	0,24 M	9,71 A	2,07 A	6,3 M	8,1 A	305 A	7,2 M	4,70 M	6,31 M	14,74 M	12,10 M	1,83 M																					Muestra Su10
23-1433	5,20	1A	81,73 A	21,43 A	0,24 B	0,24 B	0,29 M	4,57 A	1,22 A	4,0 M	4,3 A	307 A	15,2 A	1,70 A	6,28 M	20,15 M	6,04 M	1,87 M																					Muestra T2M
23-1434	5,01	1A	124,24 A	233,70 A	68,35 A	0,95 B	0,51 A	8,05 A	2,55 A	18,7 A	4,4 A	208 A	28,0 A	2,57 A	9,99 M	18,84 M	9,11 M	4,71 A																				Muestra T1 Biopar (L1) V2	
23-1435	5,86	1A V1	93,57 B	153,13 A	49,52 A	1,08 M	0,45 A	5,23 A	2,20 A	8,0 A	4,8 A	303 A	25,8 A	2,28 A	6,61 M	16,65 M	7,87 M	4,25 A																				Muestra T2 Biopar (L1) V1	
23-1436	5,08	1A V1	82,27 B	145,84 A	85,00 A	1,05 M	0,05 A	8,07 A	2,58 A	7,7 A	4,8 A	326 A	25,0 A	2,32 A	6,72 M	15,85 M	8,31 M	4,80 A																				Muestra T3 Biopar (L1) V1	

Anexo 18. Análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo.



**Anexo 19.** Unidades formadoras de colonias (hongos)



BACTERIAS	Dilución	T0 Antes	T1 <i>Pseudomonas</i> spp	T2 <i>Azospirillum</i> spp	T3 <i>Azotobacter</i> spp	T4 NPK 10-30-10	T5 Testigo
Caja P. 1	$10^{-7}$	40	237	213	195	41	60
Caja P. 2	$10^{-7}$	56	205	171	179	59	54
<b>Promedio</b>		48	221	192	187	50	57
<b>UFC/ml</b>		<b><math>4.8 \times 10^8</math></b>	<b><math>2.21 \times 10^9</math></b>	<b><math>1.92 \times 10^9</math></b>	<b><math>1.87 \times 10^9</math></b>	<b><math>5 \times 10^8</math></b>	<b><math>5.7 \times 10^8</math></b>

**Anexo 20.** Unidades formadoras de colonias (bacterias)

Lic. Andrea Sthefanía Carrión Mgs

0984079037

[andrea.s.carrion@unl.edu.ec](mailto:andrea.s.carrion@unl.edu.ec)

Loja-Ecuador

Loja, 15 de febrero del 2024

La suscrita, Andrea Sthefanía Carrión Fernández, Mgs, **DOCENTE EN 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: **Sayro Geovanny Ramón Pineda** con cédula de ciudadanía No. **1150830196**, cuyo tema de investigación se titula: **"Aplicación de rizobacterias en el desarrollo vegetativo del cultivo de tomate de riñón (*Solanum lycopersicum* L.) y sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo bajo condiciones de invernadero en la Quinta Experimental La Argelia."** 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: 2024.02.15  
09:39:17 -06'00'

Andrea Sthefanía Carrión Fernández. Mgs.

English Professor

**Anexo 21.** Certificación de traducción del resumen