

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE  
INOCULANTE MICROBIANO N<sub>2</sub> EN SEMILLAS DE TOMATE (*Lycopersicum  
esculentum* L.) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE COTA COTA**

**BRYAN RODRIGO TEJERINA CABRERA**

**LA PAZ- BOLIVIA**

**2021**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE INOCULANTE  
MICROBIANO N2 EN SEMILLAS DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum L.*) EN EL CENTRO  
EXPERIMENTAL DE COTA COTA**

Tesis de Grado presentado como requisito  
parcial para optar el Título de Ingeniero  
Agrónomo

**BRYAN RODRIGO TEJERINA CABRERA**

**ASESORES**

Ing. M. Sc. Marcelo Tarqui Delgado

Ing. Pedro Antonio Plata Burgoa

**TRIBUNAL**

Ing. Williams Alex Murillo Oporto

Ing. Rafael Murillo Garcia

Ing. Ph. D. Yakov Arteaga Garcia

**Aprobada**

Presidente Tribunal Examinador: .....

## **DEDICATORIA**

A mis padres Iván y Norka, por el apoyo y la paciencia en todo momento durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A mi hermana Maya por el apoyo constante, a todas las personas que me apoyaron en todo momento durante mi etapa universitaria

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por guiar cada instante de mi vida y por permitir que cumpla con satisfacción las que me propuse.

A mi familia por su apoyo incondicional comprensión durante mi etapa universitaria.

A la Universidad Mayor de San Andrés por abrirme las puertas de la institución para poder realizar mis estudios universitarios, prácticas y conocer de la actividad agrícola.

Al Plantel Docente de la Facultad de Agronomía U.M.S.A., por la enseñanza impartida durante mi formación profesional.

A la Estación Experimental de Cota Cota que me abrió las puertas para poder realizar el presente trabajo de investigación donde además de encontrar excelentes profesionales encontré grandes amigos.

A mi Asesor Ing. Pedro Plata Burgoa que sin su apoyo e insistencia nada de esto se hubiera logrado.

Al Ing.M.Sc. Marcelo Tarqui por su colaboración en la revisión del presente trabajo.

A mi tribunal revisor Ing. Williams Murillo Oporto que contribuyo en la parte práctica de este trabajo que sin su profesionalidad esto no hubiera sido posible. Al Ing Ph.D. Yakov Arteaga que, sin su experiencia y profesionalidad, en la revisión del documento. Al Ing. Rafael Murillo García por su apoyo durante la revisión del presente documento.

A mis amigos, que durante todos estos años fueron parte importante de mis años de estudio en la universidad haciendo más jovial el proceso de aprendizaje en la universidad.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulada: “Efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de inoculante microbiano  $N_2$  en semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) en el centro experimental de Cota Cota”, desarrolladas bajo los siguientes objetivos específicos: Identificar el efecto de la aplicación del riego con inoculante microbiano  $N_2$  en las semillas de tomate, Determinar la concentración adecuada para el almacigo de semillas de tomate hasta la aparición de las primeras hojas verdaderas y Comparar las características de las plántulas de tomate, se empleó el Diseño Completamente al Azar con cuatro repeticiones, descritas en tres tratamientos y un testigo. Las variables de respuesta agronómicas fueron cinco, Respecto al registro de temperaturas muestra en el mes de septiembre se registró la temperatura más fría con  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  y de manera contraria el registro de la temperatura alta fue de  $45^{\circ}\text{C}$  a los 14 días del mes de septiembre, En niveles de aplicación de inoculante  $N_2$ , para la variable velocidad de crecimiento, se observó diferencias altamente significativas, el nivel de inoculación uno (T1) con  $0.92\text{ mm/día}$ , los restantes promedios alcanzaron un promedio menores, al nivel tres (T3) y al nivel dos (T2) alcanzando promedios de velocidad de crecimiento de  $0.82$  y  $0.81\text{ mm/día}$  respectivamente a cada nivel, finalmente el testigo es ubicado en el promedio inferior más bajo alcanzando un promedio de  $0.74\text{ mm/día}$ . En la variable número de hojas, del nivel de aplicación de inoculante  $N_2$  uno (T1) con un promedio de  $2.72$  hojas por plántula, los promedios del nivel de inoculación dos (T2) y tres (T3) con promedios de  $2.46$  y  $2.38$  hojas por plántula y el testigo (T0), con  $2.09$  hojas por plántula. En la variable longitud de tallo, con promedios alcanzados de  $3.22\text{ cm}$ ,  $3.22\text{ cm}$  y  $3.09\text{ cm}$ , respectivos a los tratamiento tres (T3), dos (T2) y uno (T1), el menor promedio fue del testigo (T0) sin aplicación de inoculante con promedio de  $2.38\text{ cm}$ . En la variable largo de raíz se observó diferencias no significativas, resultando los promedios de los tratamientos homogéneos, ninguno de los niveles de concentración de inoculante  $N_2$  y el testigo presenta un promedio distinto a los demás. La variable volumen de raíz se ubica dentro condición de no significativo, los promedios de los tres tratamientos y el testigo se consideran semejantes, ninguno de los tratamientos presenta un promedio diferente a los demás. En la variable peso fresco, con un promedio de  $6.54\text{ g/planta}$  el tratamiento uno (T1), distintamente el tratamiento dos (T2) de  $5.05\text{ g/planta}$ , contrariamente los menores promedios son el testigo y el tratamiento tres (T3) restantes, con promedios de  $3.71\text{ g/planta}$  y  $3.70\text{ g/planta}$  respectivamente.

## SUMMARY

The present research work entitled: "Effect of the application of different concentrations of microbial inoculant N2 in tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* L.) In the experimental center Cota Cota", developed under the following specific objectives: Identify the effect of application of irrigation with microbial inoculant N2 in tomato seeds, Determine the adequate concentration for the tomato seed storage until the appearance of the first true leaves and Compare the characteristics of tomato seedlings, the Completely Random Design was used with four repetitions, described in three treatments and a control. The agronomic response variables were five. Regarding the record of sample temperatures in the month of September, the coldest temperature was recorded with 2 °C and, on the contrary, the record of high temperature was 45°C on the 14th day of September, In levels of application of inoculant N2, for the growth speed variable, there were significant differences, the inoculation level one (T1) with 0.92 mm / day, the remaining averages reached a lower average, at level three (T3) and at level two (T2) reaching growth speed averages of 0.82 and 0.81 mm / day respectively at each level, finally the control is located in the lower lower average reaching an average of 0.74 mm / day. In the variable number of leaves, from the level of application of inoculant N2 one (T1) with an average of 2.72 leaves per seedling, the averages of the level of inoculation two (T2) and three (T3) with averages of 2.46 and 2.38 leaves per seedling and the control (T0), with 2.09 leaves per seedling. In the variable stem length, with averages reached of 3.22 cm, 3.22 cm and 3.09 cm, respective to treatments three (T3), two (T2) and one (T1), the lowest average was of the control (T0) without application of inoculant with an average of 2.38 cm. In the long root variable, non-significant differences were observed, resulting in the averages of the homogeneous treatments, none of the concentration levels of inoculant N2 and the control presented an average different from the others. The root volume variable is located within a non-significant condition, the averages of the three treatments and the control are considered similar, none of the treatments presents a different average than the others. In the fresh weight variable, with an average of 6.54 g / plant treatment one (T1), distinctly treatment two (T2) of 5.05 g / plant, contrary to the lower averages are the control and treatment three (T3) remaining, with averages of 3.71 g / plant and 3.70 g / plant respectively.

## ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria .....	i
Agradecimientos .....	ii
Resumen .....	iii
Summary .....	iv
Índice de contenidos.....	v
Índice de cuadros .....	x
Índice de figuras .....	xi

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivos .....	2
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivo específico.....	2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Microorganismos benéficos para agricultura .....	3
2.1.1. Rhizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR).....	4
2.1.2. Mecanismos de promoción del crecimiento vegetal. ....	4
2.1.3. Solubilización de fósforo por PGPR.....	5
2.1.4. Inhibición del crecimiento de microorganismos Fito patógenos por PGPR...6	
2.1.5. Relación planta microorganismo.....	6
2.1.6. Ventajas del empleo de inoculantes en semillas .....	6
2.1.7. Ciclo biológico y fisiología del inoculante.....	7
2.1.8. La inoculación.....	7
2.1.9. Microorganismo inoculantes .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

2.1.10.	Inoculante N <sub>2</sub> .....	8
2.1.11.	Clasificación taxonómica del inoculante.....	8
2.1.12.	Aplicación de inoculantes.....	9
2.2.	Cultivo de tomate.....	9
2.2.1.	Importancia del cultivo.....	9
2.2.2.	Demanda de consumo del cultivo.....	10
2.2.3.	Taxonomía.....	11
2.2.4.	Labores culturales en la producción del tomate.....	11
2.2.4.1.	Germinadero o almacigo.....	11
2.2.4.2.	Riego y frecuencia de riego.....	11
2.2.4.3.	Transplante.....	12
2.2.4.4.	Aporque.....	12
2.2.4.5.	Poda.....	12
2.2.4.6.	Cosecha.....	12
2.2.5.	Requerimientos edafoclimaticos del almacigo de tomate.....	13
2.3.	Importancia de la inoculación de semillas con PGPR.....	14
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1.	Localización del área experimental.....	15
3.2.	Ubicación geográfica.....	15
3.2.1.	Clima de la zona.....	16



3.2.2.	Información meteorológica.....	16
3.3.	Materiales empleados. ....	17
3.3.1.	Material biológico.....	17
3.3.2.	Insumos .....	17
3.3.3.	Materiales de campo y herramienta.....	17
3.3.4.	Material de gabinete .....	17
3.3.5.	Material de apoyo .....	17
3.4.	Procedimiento metodológico experimental.....	18
3.4.1.	Desarrollo de la idea de investigación .....	18
3.4.2.	Armado de almacigueras.....	18
3.4.3.	Preparación de sustrato.....	18
3.4.4.	Desinfección de la almaciguera.....	18
3.4.5.	Desinfección Semillas.....	19
3.4.6.	Nivelación de sustrato y siembra.....	19
3.4.7.	Riego del almacigo.....	19
3.4.8.	Aplicación del tratamiento.....	19
3.4.9.	Toma de datos.....	19
3.5.	Procedimiento experimental.....	20
3.5.1.	Diseño experimental .....	20
3.5.2.	Modelo lineal aditivo .....	20

3.5.3.	Croquis experimental .....	21
3.5.4.	Dimensiones del área experimental.....	21
3.5.5.	Descripción de los tratamientos:.....	21
3.6.	Variables de respuesta.....	22
3.6.1.	Variables agronómicas .....	22
3.6.1.1.	Velocidad de crecimiento (mm/Día) .....	22
3.6.1.2.	Numero de hojas por planta (Hojas/plántula) .....	22
3.6.1.3.	Longitud de tallo (cm).....	23
3.6.1.4.	Largo de raíz (cm).....	23
3.6.1.5.	Volumen de raíz (ml/raíz) .....	23
3.6.1.6.	Peso fresco (g/plántula) .....	23
4.	RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	24
4.1.	Parámetros preliminares .....	24
4.1.1.	Temperatura .....	24
4.2.	Variables de respuesta.....	25
4.2.1.	Variable Velocidad de crecimiento (mm/Día).....	25
4.2.2.	Variable Número de hojas (Hojas/plántula) .....	27
4.2.3.	Variable Longitud de tallo (cm) .....	29
4.2.4.	Variable largo de raíz (cm).....	31
4.2.5.	Variable volumen de raíz (ml/raíz) .....	32

4.2.6. Variable peso fresco (g/planta) .....	34
5. CONCLUSIONES.....	36
6. RECOMENDACIONES .....	38
7. BIBLIOGRAFÍA .....	39

#### ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Rendimiento del tomate por país .....	10
<b>Cuadro 2:</b> Temperaturas Máximas y Mínimas .....	16
<b>Cuadro 3.</b> Material biológico .....	17
<b>Cuadro 4.</b> Descripción de los tratamientos .....	22
<b>Cuadro 6</b> ANVA para la variable velocidad de crecimiento .....	25
<b>Cuadro 7.</b> Duncan para la variable velocidad de crecimiento .....	26
<b>Cuadro 8.</b> ANVA para la variable número de hojas .....	27
<b>Cuadro 9.</b> Duncan para la variable número de hojas .....	28
<b>Cuadro 10.</b> ANVA para la variable longitud de tallo.....	29
<b>Cuadro 11.</b> Duncan para la comparación de medias de la variable longitud de tallo ....	29
<b>Cuadro 12.</b> ANVA de la variable largo de raíz .....	31
<b>Cuadro 13.</b> ANVA para la variable volumen de raíz .....	32

<b>Cuadro 14.</b> ANVA para la variable peso fresco .....	34
<b>Cuadro 15.</b> Duncan para la comparación de medias .....	34

#### ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ciclo biológico	7
<b>Figura 2.</b> Localización geográfica del experimento	15
<b>Figura 3.</b> Distribución de unidades experimentales	21
<b>Figura 4.</b> Fluctuación térmica durante la investigación	24

## 1. INTRODUCCIÓN

Incrementar la producción de alimentos sin el deterioro ambiental y buscar tecnologías limpias de bajo costo para los agricultores y productores, es un reto que enfrentan los investigadores en la actualidad, así como el uso racional de los recursos naturales e insumos agrícolas, utilizando alternativas de producción, que no sean invasivos al medio ambiente, son indispensables para lograr una agricultura sostenible y ambientalmente sana (ALMARAZ, 2009)

Las producciones agrícolas limpias constituyen una prioridad en los programas de desarrollo de varios países. Los microorganismos eficientes (ME) desde la década de los 80, han demostrado ser una alternativa eficiente y sostenible en la producción de alimentos (MOROCHO, 2019).

En la inoculación de *Rhizobium* en semillas, muestran el efecto del solubilizar el fósforo del suelo y favorecer el desarrollo de las plantas por la relación asociativa entre la bacteria y planta (PLATA, 2019).

El fósforo es uno de los requerimientos esenciales para el crecimiento y funcionamiento de la planta, esta se encuentra involucrado en el desarrollo de la raíz y el grano, además de procesos fisiológicos como la respiración, la glucólisis, la fotosíntesis entre otros (CONSTANZA, 2005)

Esta investigación se ha desarrollado y expandido tanto que muchas instituciones privadas y estatales en todo el mundo, se han dedicado a la producción de Rhizobacterias e inoculantes, tales como el CIAT (Centro de Investigación Agrícola tropical) en Bolivia, UPANIC (Unión de Productores Agrícolas de Nicaragua) en Nicaragua, entre otras.

Todos los estudios e investigaciones se han enfocado en relación simbiótica natural entre estas especies, pero se ha descuidado el estudio de la relación de estos mismos microorganismos con otras especies vegetales en diferentes etapas de su fase fenológica, El estudio y entendimiento de las Rhizobacterias Promotoras del crecimiento Vegetal (PGPR, por sus siglas en inglés).han sido temas de gran importancia en muchas

investigaciones a nivel mundial, por esta razón dar a conocer los mecanismos que poseen las PGPR en el desarrollo de las plantas, así como el papel que desempeñan en el ciclo de nutrientes (FERREIRA, 2015).

El tomate (*Lycopersicon esculentum* L) es un producto agrícola de gran valor económico a nivel mundial; su cultivo va en aumento, Incrementándose en los últimos 10 años en 45,56% en la producción nacional, así como un incremento del 20% en el área sembrada en el territorio nacional (BALTAZAR, 2018).

Producir alimentos de máxima calidad, depende de cómo se ha cultivado, es decir el conjunto de saberes y técnicas de cultivo aplicadas; pero también de donde se ha producido, el lugar concreto, el territorio, la combinación especial de suelo y clima; y por último del material vegetal de partida, su capacidad genética para adaptarse al lugar y producir alimentos sanos con características peculiares (ROSELLO, 2012).

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de inoculante microbiano N<sub>2</sub> en la germinación de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) en el Centro Experimental de Cota Cota.

### **1.1.2. Objetivo específico**

- Identificar el efecto de la aplicación del riego con inoculante microbiano N<sub>2</sub> en las semillas de tomate.
- Determinar la concentración adecuada de inoculante microbiano N<sub>2</sub> para el almacigo de semillas de tomate hasta la aparición de las primeras hojas verdaderas.
- Comparar las características de las plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L).

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Microorganismos benéficos para agricultura**

Los Microorganismos Eficientes (E.M), que se encuentra dentro de la biotecnología de la agricultura sostenible, los cuales se producen a base de microorganismos que viven en el suelo, aunque en bajas poblaciones; pero al incrementar su población mediante la inoculación artificial son capaces, entre otros beneficios, de poner a disposición de las plantas una parte importante de los elementos nutritivos que estas necesitan para su desarrollo sin afectar el equilibrio biológico del suelo (PLANES-LEYVA, 2004).

Los Microorganismos Eficientes (E.M.), restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejoran su condición fisicoquímica, incrementan su protección y producción de los cultivos, además conservan los recursos naturales, generan una agricultura y medio ambiente sostenible (LUNA & MESA, 2017).

Los microorganismos eficientes (M.E.) consisten en productos formulados líquidos que contienen más de 80 especies de microorganismos, algunas especies son aeróbicas , anaeróbicas e incluso especies fotosintéticas cuyo logro principal es que pueden coexistir comunidades microbianas e incluso pueden complementarse (QUISPE, 2017).

Estos microorganismos beneficiosos que en su mayoría se encuentran en el suelo son bacterias, actinomicetos, hongos, algas y protozoos entre otros. Un suelo fértil es aquel que contiene una reserva adecuada de elementos nutritivos para la planta o una población microbiana que libere nutrientes que permitan un buen desarrollo vegetal (INFOAGRO, 2015).

Existen estudios e investigaciones donde se reunió a unas 2000 especies de microorganismos de los cuales 80 mostraron efectos benéficos para las plantas, los M.E. o benéficos para las plantas llegaron a ser de una gran variedad (QUISPE, 2017).

### **2.1.1. Rhizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR).**

Como alternativa a la utilización de estas sustancias no orgánicas, se ha propuesto el uso de bacterias Rhizosféricas que tienen reconocida acción sobre el crecimiento y desarrollo vegetal (PGPR, por sus siglas en ingles). Estas bacterias son capaces de estimular el desarrollo de las plantas de manera directa e indirecta y poseen una serie de mecanismos complejos que interactúan entre sí para establecer relaciones benéficas, especialmente con las raíces de las plantas objetivo (CAMELO, 2001).

Las bacterias promotoras de crecimiento en plantas (PGPR) son un grupo de diferentes microorganismos que pueden incrementar el crecimiento y la productividad vegetal, los generos más conocidos y utilizados en la agricultura son: *Rhizobium*, *Pseudomonas* y *Azopirillum* (FERNANDEZ, 2009).

### **2.1.2. Mecanismos de promoción del crecimiento vegetal.**

Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal pueden actuar sobre la planta de dos maneras diferentes:

**Directos:** las bacterias le proporcionan a la planta compuestos sintetizados por ellas mismas, y le producen así un beneficio a la planta. Estos compuestos pueden ser: nitrógeno (N), hormonas del crecimiento y ciertos nutrientes como hierro (Fe) o fósforo (P), provenientes de la naturaleza ó actividades antropogénicas. El microorganismo aporta nuevos nutrientes al sistema suelo-planta o facilitan la adquisición por la planta de los ya existentes.

**Indirectos:** Biocontrol-PGPR, las bacterias protegen a las plantas de microorganismos Fito patógenos. Estos métodos suponen una alternativa potencial porque es un método de control biológico y su utilización como herramienta biotecnológica parece una esperanzadora realidad que reducirá los impactos adversos de agroquímicos, y permitirá una gestión más razonable y sostenible del suelo (ANTOUN & PRESVOT, 2006).



La promoción o mejora del crecimiento y desarrollo vegetal se debe a la interacción del microorganismo con otro organismo que interacciona negativamente con la planta (VALVERDE, 2015).

### **2.1.3. Solubilización de fosforo por PGPR.**

La concentración de fosforo (P) asimilable es muy baja (entre 5 y 30 mg /Kg); esto se debe a que el fósforo soluble reacciona con iones como el calcio, el hierro o el aluminio que provocan su precipitación o fijación, disminuyendo su disponibilidad para las plantas. Los fosfatos inorgánicos aplicados como fertilizantes químicos también son inmovilizados en el suelo y como consecuencia no pueden ser aprovechados por los cultivos (ALEXANDER, 1980).

Los agentes de origen biológico son posibles de manejar y prácticamente tienden a mantener el fósforo en sus estados de mayor disponibilidad, incrementando y manteniendo altas tasas de mineralización y movilización. Por lo tanto, los microorganismos son fundamentales para asegurar un mejor y mayor uso del fósforo en el suelo (ATLAS, 2002).

Considerada un mecanismo directo de beneficio a la planta, Las bacterias se las conocen como PGPR. Esta designación se refiere a bacterias de vida asociativa que se localizan muy cerca o adentro de las raíces de las plantas y que tienen un efecto benéfico sobre el crecimiento de las mismas. Estas bacterias se las han encontrado en asociación con las raíces de numerosas especies de plantas, incluso han sido también reportadas en ambientes marinos (AGRICULTURES, 2016).

El propósito principal de las bacterias solubilizadoras de fosfato es optimizar la disponibilidad para las plantas de dicho elemento en el suelo, lo que genera un incremento en el rendimiento de cosechas ya que cambian las formas insolubles del P en el suelo en formas solubles (CHEN, 2006).

#### **2.1.4. Inhibición del crecimiento de microorganismos Fito patógenos por PGPR**

Mecanismo indirecto de beneficio a la planta, La inhibición del crecimiento de microorganismos Fito patógenos a través de sustancias que son exudadas al suelo como por ejemplo: antibióticos, sideroforos y enzimas con actividad lítica sobre la pared de muchos hongos y bacterias (AGRICULTURES, 2016).

#### **2.1.5. Relación planta microorganismo**

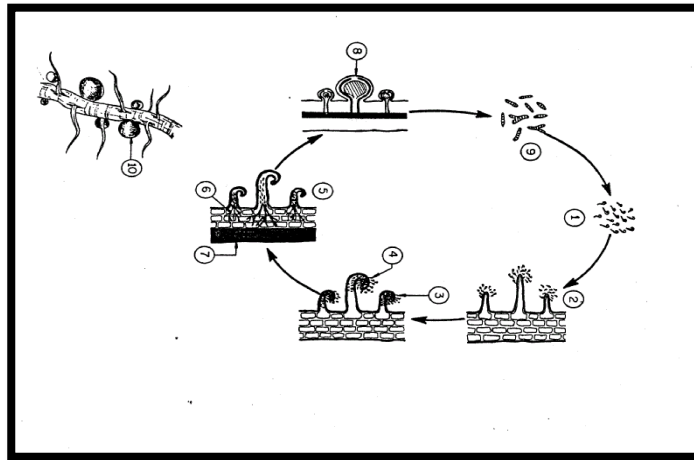
La relación de la planta que tiene con el microorganismo es de tener una relación **ASOCIATIVA**.

**ASOCIATIVA.** El microorganismo coloniza la superficie o las cercanías de la raíz (VALVERDE, 2015).

#### **2.1.6. Ventajas del empleo de inoculantes en semillas**

El inocular las semillas llega a ser muy importante por la fijación que puede llegar a existir del N<sub>2</sub> o P<sub>2</sub> esta es otra de las razones por las cuales se debe inocular cientos de miles de Rhizobios por semilla: solo algunas de las sobrevivientes, estará ubicada en el área superficial de las semillas por donde ocurre la emergencia de las radículas (VALVERDE, 2015).

### 2.1.7. Ciclo biológico y fisiología del inoculante



**Figura 1. Ciclo biológico**

**Fuente:** Recopilación Microbiología (2018).

En el ciclo biológico del inoculante los Rhizobios son aplicados al sustrato y los microorganismos presentes en gran cantidad se asocian a las raíces para asimilar los nutrientes no asimilables (CARRASCO, 2018).

### 2.1.8. La inoculación

La inoculación es una práctica que busca lograr la adherencia efectiva de un alto número de bacterias sobre la superficie de las semillas previo a la siembra de las mismas (BIOTECNOLOGIA, 2009).

Inoculación es una estrategia utilizada cuando es posible una cierta permanencia del enemigo natural en el cultivo pero que es incapaz de vivir sobre él, de forma permanente. Las liberaciones inoculativas se hacen al establecimiento del cultivo para colonizar el área durante el tiempo de permanencia del cultivo, y de esta forma, prevenir los incrementos de la densidad del agente perjudicial. (ARANA, 2009).

### 2.1.9. Microorganismos inoculantes

Se tiene una gran variedad de inoculantes para la mejora en el desarrollo de las especies. En Bolivia la producción de inoculantes es el Centro de Investigación de Agricultura

Tropical (CIAT) como las presentaciones de: Inoculante para Leguminosas, Inoculante Solido, Inoculante líquido, Inoculante para gramíneas, cada una de estas siendo de vital importancia cuando se trata de que los cultivos al momento de emerger o de germinar de una mejor manera (CIAT, 2020).

#### **2.1.10. Inoculante N<sub>2</sub>**

Es un Biofertilizante utilizado para mejorar la nutrición de las plantas y se aplica sobre la semilla al momento de la siembra, ayudando a obtener mayor productividad o mayor rendimiento en el cultivo (PLATA, 2019).

El inoculante N<sub>2</sub> es un producto biológico utilizado para mejorar la producción de las plantas y se aplica sobre la semilla al momento de la siembra, este producto está compuesto por turba estéril enriquecida que asegura la sobrevivencia de los Rhizobios durante un largo tiempo. Como mínimo contiene mil millones de bacterias por gramo de inoculante (CIAT, S/Año).

#### **2.1.11. Clasificación taxonómica del inoculante**

El Rhizobium es una bacteria Gram negativa del suelo que fija nitrógeno atmosférico, pertenece a un grupo de bacterias fijadoras de nitrógeno que se denominan colectivamente Rhizobio (FRANK, 1889):

**Clase:** *Proteobacteria alfa*

**Orden:** *Rhizobiales*

**Familia:** *Rhizobiaceae*

**Género:** *Rhizobium*

### **2.1.12. Aplicación de inoculantes**

La aplicación del inoculante se realiza de la misma manera ya sea el inoculante en sólido o sea en líquido en las recomendaciones que nos muestra el Centro de Investigación de Agricultura Tropical (CIAT), nos dice que 250 gr o 250 ml de inoculante deben ser mezclados en  $\frac{1}{4}$  de litro de agua junto con 50 kg de semilla posteriormente realizar el secado correspondiente y colocar las semillas en nuestro sustrato o a las almacigueras (CIAT, 2005).

Las semillas de *Capsicum annum* inoculadas con Rhizobium no mostraron algún efecto negativo en ninguno de los tratamientos durante la germinación, la emergencia y la etapa fenológica de crecimiento vegetativo antes de trasplante, así mismo se pudo observar que la aplicación de este inoculante afecta positivamente en variables cualitativas como ser el color de las plántulas, que presentan un color verde intenso y uniforme en toda y en todas las plántulas. (PLATA, 2019).

## **2.2. Cultivo de tomate**

El tomate es de origen sudamericano (Perú, Ecuador y Bolivia). La mayor diferencia varietal se encuentra en México, estableciéndose dicho país como centro de origen del tomate cultivado. Fue introducido por primera vez en Europa a mediados del siglo XVI; a principios del siglo XIX se comenzó a cultivar comercialmente, y más tarde se difundió por todos los países en un principio utilizado como planta de ornamento en los jardines (VIGLIOLA, 1989).

### **2.2.1. Importancia del cultivo**

El tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento de su rendimiento y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada. El tomate en fresco se consume principalmente en ensaladas, cocido o frito. En mucha menor escala se consume encurtido. (INFOAGRO, s.f.).

**Cuadro 1.** Rendimiento del tomate por país

<b>PAISES</b>	<b>PRODUCCION (Tn) 2015</b>
<b>China</b>	25.500.000
<b>Estados Unidos</b>	10.250.000
<b>Turquía</b>	9.000.000
<b>India</b>	8.500.000

Fuente: INFOAGRO (2016)

### **2.2.2. Demanda de consumo del cultivo**

En Bolivia son necesarias 7.4 ha anuales. El rendimiento promedio en Bolivia es de 13 tn/ha y el consumo per cápita es de 8.53 kg/año. La producción de tomate es de alrededor de 51000 toneladas y el consumo es de 91000 tn, lo que da una demanda insatisfecha de 4000 tn (EL DEBER, 2016).

La producción de tomate en el año agrícola 2015-2016 fue de 61.531 toneladas y la importancia del mismo alcanzó a 6.943 toneladas, es decir que se importa 11.28% de lo que se produce, por cada 100 toneladas de tomates producidos se importan 11 (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, 2017).

### **2.2.3. Taxonomía.**

La clasificación taxonómica del tomate cherry (*Lycopersicum esculentum* L.) de acuerdo a ROJAS ( 2009).

**Orden:** *Solanales*.

**Familia:** *Solanaceae*.

**Especie:** *Lycopersium esculentum* L.

**Variedad:** Cerasiforme.

**Fuente:** ROJAS ( 2009).

### **2.2.4. Labores culturales en la producción del tomate**

#### **2.2.4.1. Germinadero o almacigo.**

La idea básica de la utilización del almacigo es elevar la temperatura y mantenerla constante a unos 21 grados centígrados, lo mismo que el nivel de humedad. En cuanto aparecen los plántulas, se destapa el almacigo para que les de la luz y se cambia de modo progresivo aun ambiente cada vez más fresco y seco hasta hayan alcanzado un tamaño prudente, cuando estén arraigados se debe regar por encima (SEYMOUR, 1994).

#### **2.2.4.2. Riego y frecuencia de riego**

El riego, deshierbe, aporque se realiza cada 15 días después del transplante y en el inicio de la floración, colocación de tutores cuando empiecen a florecer las plantas así no les dañamos, podamos las ramas de abajo las débiles y dejamos una o dos ramas, las fuertes para mejorar la producción (RADBER, 1989).

El porcentaje de humedad óptimo en el suelo dedicado a tomate se encuentra cercano al 70 – 80 % de la capacidad de campo (VIGLIOLA, 1989).

#### **2.2.4.3. Transplante.**

Debe realizar el trasplante cuando las plántulas tengas de 3 a 4 hojas, en suelo húmedo, para estrés hídrico, entre los 25 a 30 días después de la siembra se debe realizar esta operación en las horas más frescas del día o los plántulas alcancen de 15 a 20 centímetros de altura, la plantación en cepellones de 45 cm, entre surco y 75 cm entre plantas (RADBER, 1989).

#### **2.2.4.4. Aporque.**

El objetivo primordial del aporque es evitar el vuelco de las plántulas, inducir la emisión de raíces adventicias, espacio para el desarrollo radicular. Las fechas para los aporques varían de acuerdo con el objetivo del tamaño de las malezas y el desarrollo del tomate (HAEFF, 1992).

Aporque actividad de primordial importancia tanto para las plantas de vara como para las de piso, se realiza entre la primera y la segunda semana después del transplante (VALADAEZ, 1996).

#### **2.2.4.5. Poda.**

La poda se realiza principalmente cuando los frutos van a destinarse para consumo fresco y de alta calidad, por tanto, todos los brotes laterales que salen de las axilas de las hojas o en la base de la planta se suprimen a medida que van apareciendo (cuando miden 3 cm). Si el brote esta tierno se corta a mano, simplemente doblando el tallo hasta que se desprenda; si el tejido ha desarrollado rigidez, es mejor cortarlo con tijeras de poda. El brote terminal no lo cortes porque es el que conduce a la planta hacia arriba (VALADEZ, 2006).

#### **2.2.4.6. Cosecha**

La cosecha del tomate, debe realizarse manualmente; los frutos recolectados se clasifican según el tamaño y estado de madurez: verde maduro, rosado; también la cosecha depende del destino y la distancia al mercado, las variedades del crecimiento



indeterminado se cosechan en forma escalonada, las de crecimiento determinado se cosecha manual en 2, 3 o más pasadas (VIGLIOLA, 1989).

La cosecha del tomate se inicia de los 60 a los 90 días después del Transplante, según las variedades y del clima. Las variedades de crecimiento indeterminado la fructificación da inicio entre los 70 a 80 días y la primera cosecha se realiza entre los 85 a 90 días después de siembra, si la variedad es de crecimiento determinado, el inicio de la fructificación ocurre entre los 60 a 65 días después de la siembra y la primera cosecha puede realizarse entre los 75 a 80 días (MAROTO, 1994).

La producción del tomate puede llegar a extenderse de 45 a 100 días, después del Transplante, en los cultivares con crecimiento indeterminado y de 30 a 45 días en los de habito determinado. La calidad del fruto de tomate está relacionada con: color, tamaño, forma, firmeza, sin defectos, las características del cultivar seleccionado por su sabor (tener en cuenta la relación azúcares (°brix) / acidez (ph) (VALADAEZ, 1996).

Al momento de la cosecha se debe considerar el grado o índice de madurez. Se distinguen dos tipos de madurez: la fisiológica y la comercial. - La primera se refiere cuando el fruto ha alcanzado el máximo crecimiento y maduración. - La segunda es aquella que cumple con las condiciones que requiere el mercado, el tomate se cosecha en etapa verde maduro o rojo pintón, a fin de reducir las pérdidas por cantidad y calidad, ocasionadas por un transporte deficiente y manejo inadecuado (HESSAYON, 1990).

El tiempo que transcurre desde la plantación hasta la primera recolección de frutos es aproximadamente 60-90 días dependiendo de los factores climáticos, sobre todo temperatura, acelera la maduración de los frutos, continuando hasta 180 días o más, aquí juegan otras variables como el estado sanitario del cultivo, la decisión de continuarlo o no, por lo comercial y los objetivos de la producción (CARCHUNA, 2003).

#### **2.2.5. Requerimientos edafoclimaticos del almacigo de tomate**

**Suelo:** El tomate prospera bien en una gama de suelos, pero se consideran de óptima calidad para la obtención de buenos rendimientos aquellos que son fértiles, profundos y que poseen un buen drenaje. Los suelos limosos y arcillosos con alta capacidad de

retención de humedad se recomiendan cuando la precocidad no es importante. (BLOGSPOT, 2009).

pH: El rango de pH varía entre ligeramente ácido (5.5) a neutro (7.0) (BLOGSPOT, 2009).

**Temperatura:** La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20° a 30°C durante el día y entre 1° a 17° durante la noche; temperaturas superiores a los 35°C pueden producir aborto de flores y afecta la fructificación. Temperaturas inferiores a 12° a 15°C también originan problemas en el desarrollo de la planta (ELFIELD, 2018).

**Humedad:** La humedad relativa óptima oscila entre un 60% a 80%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto, también se dificulta la fecundación, debido a que el polen se compacta abonando a parte de las flores (ELFIELD, 2018).

### **2.3. Importancia de la inoculación de semillas con PGPR**

La inoculación de PGPR en cultivos de interés agronómicos han demostrado el aumento del nitrógeno, fósforo y los niveles de algunos minerales menores que se hacen disponibles para la planta. Una amplia variedad se ha encontrado que estimula mediante diversos mecanismos el desarrollo de numerosas especies. (RAJKUMAR, NAGENDRAN, & JAE, 2006).

Se han demostrado los efectos estimulantes de los biofertilizantes en la germinación, crecimiento y producción de diferentes especies de solanáceas. (REYES, LUJAN, & HIND, 2006).

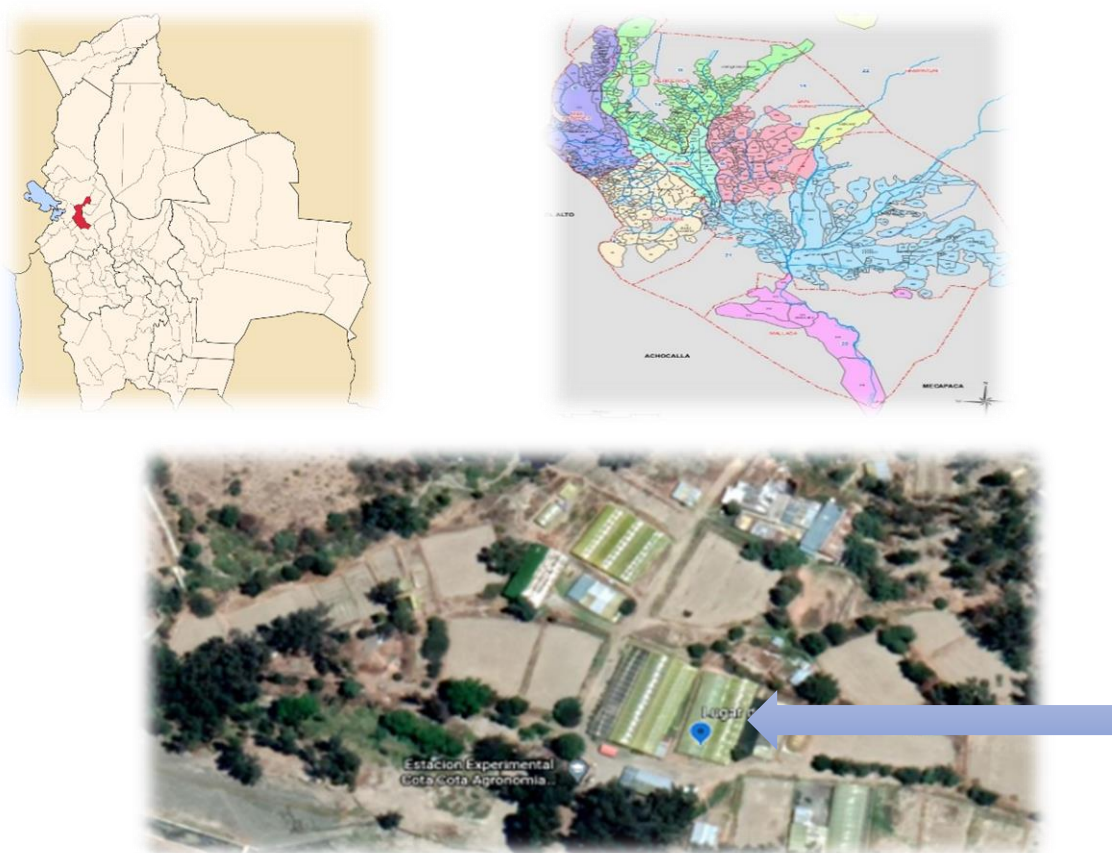
Se encontraron que las semillas de algunas Solanáceas inoculadas con rizobacter pertenecientes a los géneros Azobacter y Rhizobium incrementaron significativamente el porcentaje de germinación, mientras que Azospirillum y Azobacter incrementaron el peso seco y contenido de N en el tejido de la planta. De igual manera se obtuvieron un mayor porcentaje de semillas germinadas. (BARBARO, 2006).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización del área experimental

#### 3.2. Ubicación geográfica

La investigación se desarrolló en el Centro Experimental de Cota Cota, la cual depende de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, localizada en el municipio de La Paz, en la provincia Murillo del departamento de La Paz, registrada a unos 15 km del centro de la ciudad de La Paz, cuya ubicación Geométricamente es a  $16^{\circ}32'04''$  de latitud sur y  $68^{\circ}03'44''$  de longitud oeste a una altitud de 3445 m.s.n.m. (IGM, 2012).



**Figura 2.** Localización geográfica del experimento  
**Fuente:** Atlas geográfico del I.G.M. (2012).

### 3.2.1. Clima de la zona

La zona de estudio presenta condiciones climáticas que son representativos de cabecera de valle, los veranos son calurosos, una temperatura media anual de 11,5 °C, con heladas muy frecuentes a partir de mes de abril a agosto, en la época invernal la temperatura puede bajar hasta 2 °C e incluso llegar a temperaturas por debajo de 0 °C, las heladas se manifiestan en 15 días del año, las temperaturas máximas se registran en los meses de octubre y noviembre que alcanzan 22,5°C, las temperaturas mínimas alcanzan su máximo valor en los meses de junio y julio llegando a registrar -0,6 °C (SENAMHI, 2020).

en los meses de agosto y noviembre se presentan vientos fuertes con dirección Este, La precipitación media anual es de 447 mm, con una distribución de las lluvias de enero a marzo disminuyendo los meses de a abril a diciembre. La humedad relativa esta alrededor de 40 % (SENAMHI, 2020)

### 3.2.2. Información meteorológica

Los datos meteorológicos de temperaturas máximas y mínimas fueron obtenidos durante todo el desarrollo de la práctica en campo dentro de la carpa.

**Cuadro 2:** Temperaturas Máximas y Mínimas

	T máx. °C	T mín. °C	T med. °C
Promedio	35,2	5,2	20,2

**Fuente:** Elaboración propia (2020).

Las temperaturas registradas durante el trabajo de investigación presentaron amplitud térmica de 30. 0° C, una temperatura media de 20.2°C y una temperatura mínima fue registrada en el mes de septiembre con 2°C y 40 °C como máxima al interior de la carpa solar.

### 3.3. Materiales empleados.

#### 3.3.1. Material biológico.

se utilizó semillas de Tomate variedad Cherry “Cerasiforme” procedente de centros de semillas agrícolas locales, la cantidad empelada fue de 0.5 oz, Las principales características agronómicas y fisiológicas se muestran en el siguiente cuadro.

**Cuadro 3.** Material biológico

Variedades	Descripción de las variedades
<b>Variedad CHERRY</b>	Fenología: normal Porcentaje de pureza de semilla: 99.9% Porcentaje de poder germinativo: 85% Origen: USA

**Fuente:** Elaboración Propia (2020)

#### 3.3.2. Insumos

Se utilizó insumos como: compost, estiércol de ovino, 150 gramos de inoculante N2 proveniente del CIAT, 30 litros de agua.

#### 3.3.3. Materiales de campo y herramienta

Los materiales de campo que fueron utilizados en el experimento fueron:

- Letreros de identificación, lienzo y flexo metro.
- Vernier, probeta, atomizador, regla, balanza analítica

#### 3.3.4. Material de gabinete

Se utilizaron: cuaderno de campo, computadoras portátiles, calculadoras, calendarios, papel bond, cámaras digitales, lapiceros, entre otras empleadas.

#### 3.3.5. Material de apoyo

- Almaciguera, agro films, clavos.
- Pistola de calor.
- Termómetro ambiental.

### **3.4. Procedimiento metodológico experimental**

El presente trabajo de investigación se plasmó por pasos detallados a continuación:

#### **3.4.1. Desarrollo de la idea de investigación**

Se realizó la coordinación con el centro experimental Cota Cota y el director del mismo, indicando la justificación y los alcances de la investigación, en consideración el tiempo de la investigación y el espacio requerido para el desarrollo de la parte práctica.

#### **3.4.2. Armado de almacigueras**

Conociendo el requerimiento de espacio para el desarrollo de la investigación, se procedió al armado de una almaciguera de dimensiones 0.85 m y 0.48 m armada con: tablones de madera, perfiles de fierro, agro film y mush fijados con clavos a la madera y perforados para la infiltración de agua, en un tiempo de una semana.

#### **3.4.3. Preparación de sustrato**

Se procedió a preparar el sustrato de acuerdo a recomendaciones de investigadores antecesores y de la practicidad técnica de su elaboración, con una proporción de 1:1:1: de abono, tierra del lugar y compost, tamizadas cada una evitando la incorporación de piedras y rastrojos vegetales, con la disponibilidad de materiales se aplicó tres kilogramos de cada una, mezcladas de manera homogénea y distribuidas en la almaciguera.

#### **3.4.4. Desinfección de la almaciguera.**

Para la desinfección de la almaciguera se empleó una pistola de calor (Herramienta que emite aire caliente con el fin de disminuir la población microbiana como bacterias y hongos) por un tiempo de 45 minutos, se emitió calor de manera homogénea en todo el sustrato evitando así la propagación de malezas y patógenos no deseados, posteriormente se esperó un tiempo de 24 horas con el fin de que se oxigene el sustrato.

#### **3.4.5. Desinfección Semillas.**

Se efectuó la pertinente desinfección con hipoclorito de sodio a las semillas, evitando así la propagación de patógenos no deseables en etapas tempranas del cultivo, se sumergió las semillas en una solución de hipoclorito de sodio al 2%.

#### **3.4.6. Nivelación de sustrato y siembra.**

Posterior a la desinfección, se procedió a la nivelación del sustrato, debido a la remoción del mismo durante la desinfección se alteró la distribución del sustrato, por ello se procedió a la nivelación del mismo para posterior siembra en hileras con un distanciamiento de dos centímetros y entre plantas un centímetro, haciendo un total de doce gramos de semillas empleadas en toda la investigación, se cubrió con restos vegetales la almacigara con la finalidad de conservar la humedad y generar un espacio oscuro adecuado para la germinación.

#### **3.4.7. Riego del almacigo.**

Durante el proceso de investigación se distribuyó el agua de riego durante el proceso de germinación y el crecimiento de los plantines, posteriormente se reguló la aplicación según la etapa fenológica alternamente al tratamiento, el volumen de riego por aplicación fue de 1.5 litros de agua por aplicación.

#### **3.4.8. Aplicación del tratamiento.**

Las aplicaciones se realizaron desde el segundo día de la siembra, cada aplicación fue de una concentración de diez gramos por litro, la aplicación en volumen fue de 1 litro por tratamiento, las frecuencias de aplicación fueron de dos aplicaciones por semana.

#### **3.4.9. Toma de datos.**

El registro de datos fue durante el proceso de almacigo, al culminar la etapa, a la emergencia de las hojas verdaderas donde se registró las variables de respuesta planteadas en relación a los objetivos.

### **3.5. Procedimiento experimental.**

#### **3.5.1. Diseño experimental.**

En el presente trabajo de investigación se empleó el diseño completamente al azar con cuatro repeticiones y tres tratamientos y un testigo, según la metodología planteada por (OCHOA, 2009).

El método estadístico utilizado para determinar la contribución de varios factores en un simple evento o resultado, con un total de 9 tratamientos y tres testigos, distribuidos aleatoriamente en 4 repeticiones (CALZADA, 1982).

#### **3.5.2. Modelo lineal aditivo**

El presente trabajo fue desarrollado bajo el siguiente modelo estadístico descrito por (CALZADA, 1982)

$$Y_i = \mu + \alpha_i + \varepsilon_i$$

Donde:

$Y_i$  = Una observacion cualquiera

$\mu$  = Media poblacional del experimento

$\alpha_i$  = Efecto del  $i$  – esimo tratamiento

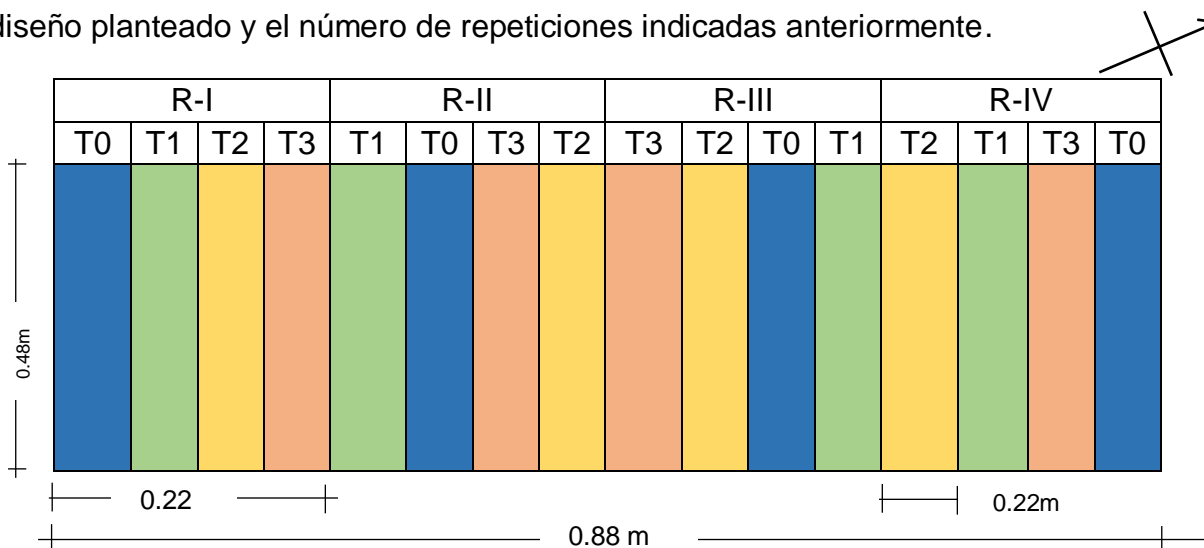
$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental

Fuente de (Calzada, 1982).



### 3.5.3. Croquis experimental

El presente trabajo tuvo una distribución de las unidades experimentales de acuerdo al diseño planteado y el número de repeticiones indicadas anteriormente.



**Figura 3.** Distribución de unidades experimentales

**Fuente:** Elaboración Propia (2020).

### 3.5.4. Dimensiones del área experimental

- Superficie por unidad experimental:  $0.102 \text{ m}^2$
- Número promedio de plantas por unidad experimental: 35 plantas
- Largo de unidad experimental: 0.48 m
- Ancho de unidad experimental: 0.22 m
- Profundidad de sustrato en almaciguera: 0.12 m
- Área experimental total:  $0.408 \text{ m}^2$
- Largo total: 0.85 m
- Ancho total: 0.48 m

### 3.5.5. Descripción de los tratamientos:

Los tratamientos fueron estructurados a partir de la interacción y aleatorización de los niveles de los tratamientos y las repeticiones, las que conformaron tres tratamientos y un testigo distribuidos en cuatro repeticiones, Utilizando las siguientes descripciones

**Fuentes de variabilidad:** los diferentes niveles de aplicación de inoculante N<sub>2</sub>

Nivel de inoculación testigo: sin aplicación (N0)

Nivel de inoculación concentración alta: 10 g disuelto en 1 lt de agua (N1)

Nivel de inoculación concentración media: 5 g disuelto en 1 lt de agua (N2)

Nivel de inoculación concentración baja: 2.5 g disuelto en 1 lt de agua (N3)

**Cuadro 4.** Descripción de los tratamientos

	Tratamiento	Repeticiones			
		R-I	R-II	R-III	R-IV
<b>N0</b>	T0	N0 R1	N0 R2	N0 R3	N0 R4
<b>N1</b>	T1	N1 R1	N1 R2	N1 R3	N1 R4
<b>N2</b>	T2	N2 R1	N2 R2	N2 R3	N2 R4
<b>N3</b>	T3	N3 R1	N3 R2	N3 R3	N3 R4

**Fuente:** Elaboración Propia (2020).

### 3.6. Variables de respuesta

Las variables de respuesta fueron organizadas de acuerdo a los objetivos planteados en la presente investigación, descritas a continuación.

#### 3.6.1. Variables agronómicas

##### 3.6.1.1. Velocidad de crecimiento (mm/Día)

Para el registro de velocidad de crecimiento medio día en milímetros, se evaluó la longitud del tallo principal desde el cuello hasta el ápice al día cuarto día posterior a la siembra y al día 32 como último día de evaluación, para la gráfica de fluctuación de velocidad de crecimiento se registraron datos cada tercer día.

##### 3.6.1.2. Numero de hojas por planta (Hojas/plántula)

Al evaluar esta variable (Hojas verdaderas/plántula) se registró el número de hojas verdaderas por planta muestreada, registrado al culminar la etapa de aplicación de tratamientos y al observar hojas verdaderas.

En la presente variable con datos discontinuos o discretos, fue preciso para el análisis estadístico transformar los datos discontinuos a datos continuos, se hizo una transformación de raíz cuadrada, para tener una precisión en los resultados.

#### **3.6.1.3. Longitud de tallo (cm)**

Para el registro de la variable, los datos se tomaron al culminar la aplicación de los tratamientos respectivos al día 32, midieron (cm) la altura de las plántulas muestreadas, empleando un vernier, midiendo desde el cuello del tallo hasta el ápice.

#### **3.6.1.4. Largo de raíz (cm)**

Los datos se registraron en la culminación de la aplicación de los tratamientos al día 32, se midió (cm) el largo de las raíces de las plantas muestreadas, con la ayuda de un vernier, midiendo desde el cuello de la raíz hasta ápice de la raíz.

#### **3.6.1.5. Volumen de raíz (ml/raíz)**

Se determinó el volumen radicular empleando una probeta graduada de 20 ml, se realizó empleando las plántulas muestreadas, las raíces fueron introducidas en la probeta con agua aforada a 10 ml, por diferencia al sumergir las raíces se determinó el volumen radicular.

#### **3.6.1.6. Peso fresco (g/plántula)**

Para la evaluación de la variable peso fresco, se pesaron las muestras de cada tratamiento utilizando la balanza analítica, Los valores obtenidos de cada plántula se expresaron en gramos (g/planta) después de la aplicación de los tratamientos, para luego pesar el total de las plántulas (hojas, tallo y raíz).

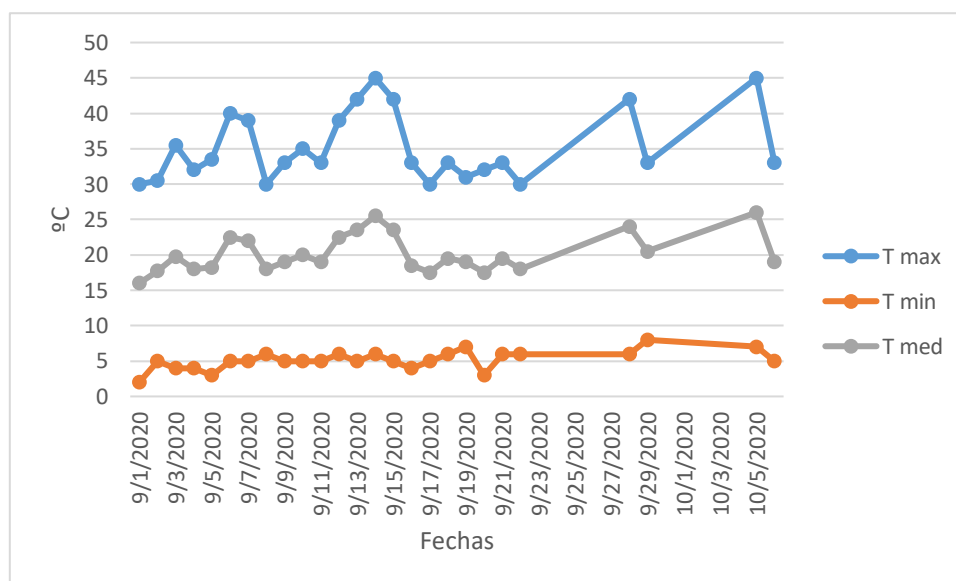
## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En el trabajo de investigación se describen en dos partes, en los parámetros preliminares y en las variables de respuesta donde se describen las características del ambiente donde se desarrolló la investigación y los resultados de los objetivos planteados en la investigación.

### 4.1. Parámetros preliminares

#### 4.1.1. Temperatura

Las fluctuaciones de los registros térmicos, previos al experimento, durante y al finalizar la actividad de campo fueron registradas por un termómetro automático ambiental, donde se tomó en cuenta las temperaturas máximas, medias y mínimas dentro del ambiente a temperado, se describen en la fluctuación a continuación.



**Figura 4.** Fluctuación térmica durante la investigación

**Fuente:** Elaboración propia (2020).

El registro de temperaturas muestra que en el mes de septiembre se registró la temperatura más fría con 2 °C y de manera contraria el registro de la temperatura alta fue de 45°C a los 14 días del mes de septiembre.

La fluctuación de temperatura en el trabajo de investigación responde a los requerimientos térmicos de las variedades cultivadas, las características térmicas del ambiente fueron propicias para el desarrollo y crecimiento del cultivo.

La temperatura media fue de 20,2 °C, el promedio térmico medio requerida por el cultivo, es relativo al requerido por el cultivo y tolerable por la etapa de almacigo.

## 4.2. Variables de respuesta

Las variables de respuesta descritas a continuación son resultado basadas en los objetivos planteados.

### 4.2.1. Variable Velocidad de crecimiento (mm/Día)

En el análisis de varianza se presenta en el Cuadro 6, donde se describen los resultados de las fuentes de variabilidad, descritos a continuación.

**Cuadro 5** ANVA para la variable velocidad de crecimiento

Fuentes de Variación (F.V.)	Suma de Cuadrados (S.C.)	Grados de Libertad (G.L.)	Cuadrado Medio (C.M.)	F calculada (F.C.)	Probabilidad de F P-valor	Significancia
Tratamiento	0,066	3	0,022	15,51	0,0002	**
Error	0,017	12	0,001417			
<b>Total</b>	0,083	15	Coeficiente de Variabilidad (C.V.) = 4,60 %			

NS: no significativo; \*: significativo; \*\*: altamente significativo.

**Fuente:** Elaboración propia (2020).

Del análisis de varianza, el coeficiente de variabilidad para la variable fue de 4,60%. Indicándonos confianza en los datos y en los resultados de la toma de datos durante el trabajo de investigación se consideran datos con un excelente manejo en campo. (OCHOA, 2009).

La prueba de p-value, conduce a situar cada fuente de variabilidad dentro de la significancia. De la fuente de variabilidad tratamiento se ubica dentro de la condición de altamente significativo, siendo que los promedios de los tratamientos son considerados heterogéneos, por tanto todos los tratamientos presentan un promedio distinto a los demás, consecuente mente se realizó la prueba de medias Duncan, presentado a continuación.

**Cuadro 6.** Duncan para la variable velocidad de crecimiento

Tratamientos	Medias	Agrupación
T1	0,92	a
T3	0,82	b
T2	0,81	b
T0	0,74	c

**Fuente:** Elaboración propia (2020)

De la fuente de variabilidad tratamiento, del cuadro anterior en la prueba Duncan para la fuente de variación tratamiento, niveles de aplicación de inoculante N<sub>2</sub>, para la variable velocidad de crecimiento, se agrupan los promedios obtenidos en tres, de mayor promedio en el grupo “A”, el nivel de inoculación uno (T1) con 0.92 mm por día de velocidad de crecimiento, los restantes promedios alcanzaron un promedio menor que los agrupa estadísticamente en “B”, al nivel tres (T3) y al nivel dos (T2) alcanzando promedios de velocidad de crecimiento de 0,82 y 0,81 mm de crecimiento por día respectivamente a cada nivel, finalmente el testigo es ubicado en el grupo “C” siendo el promedio inferior más bajo alcanzando un promedio de 0,74 mm/día.

Para la velocidad de crecimiento. En cuanto al cultivo de tomate su respuesta a la aplicación del fertilizante bajo riego fue basado a los demás métodos de fertilización; sin embargo fue el sustrato S1 el que mantuvo la mayor altura con respecto a los demás sustratos durante todo el almácigo, la altura por el tiempo de almácigo 1,1 mm/día alcanzada (MONGE, 2007).

En la investigación de comparación de distintas aplicación de potasio en concentraciones en tomate en la etapa de almácigo obtuvo una velocidad de crecimiento de 1,07 mm/día con aplicación de 100% de concentración de K en plántulas de tomate (MARTINEZ, 2016).

De acuerdo a las evaluaciones obtenidas de la altura de la planta en el crecimiento y desarrollo se ha podido determinar que el efecto de los ambientes influye mucho en el proceso fisiológico del cultivo de tomate de almacigo, alcanzando una velocidad de crecimiento de 0,783 mm/día, desarrollo del cultivo de tomate orgánico (AGREDA, 2006).

De acuerdo a los resultados obtenidos en la variable de respuesta velocidad de crecimiento en mm/día, se observa relación cercana con los promedios obtenidos por diversas investigaciones mencionados anteriormente con la presentada, alcanzando un promedio de velocidad de crecimiento de 0,92 mm/día cercano a otras investigaciones.

#### 4.2.2. Variable Número de hojas (Hojas/plántula)

El ANVA se presenta en el Cuadro 8, se describen los resultados de la fuente de variabilidad tratamiento, descrita a continuación.

**Cuadro 7.** ANVA para la variable número de hojas

Fuentes de Variación (F.V.)	Suma de Cuadrados (S.C.)	Grados de Libertad (G.L.)	Cuadrado Medio (C.M.)	F calculada (F.C.)	Probabilidad de F P-valor	Significancia
Tratamiento	0,80	3	0,27	31,0	<0,0001	**
Error	0,10	12	0,01			
<b>Total</b>	0,90	15	Coeficiente de Variabilidad (C.V.) = 3,84%			

NS: no significativo; \*: significativo; \*\*: altamente significativo.

**Fuente:** Elaboración propia (2020).

En el cuadro 8, el ANVA para la variable número de hojas por plántula, resultando un coeficiente de variabilidad de 3,84%, indicando que el registro de los datos en el experimento fue uniforme, los datos son confiables para realizar análisis estadístico de los mismos.

En la fuente de variabilidad tratamiento, se observó diferencias altamente significativas, los resultados indican que los tratamientos son diferentes entre ellos y que el efecto de

los niveles de aplicación de inoculante N<sub>2</sub> es variable a lo largo del emplazamiento de los tratamientos, Se ratifica la aplicación de la prueba de Duncan.

**Cuadro 8.** Duncan para la variable número de hojas

Tratamientos	Medias	Agrupación
T1	2,72	a
T2	2,46	b
T3	2,38	b
T0	2,09	c

**Fuente:** Elaboración propia (2020)

En el cuadro 9 de la prueba de comparación de medias Duncan para la fuente de variabilidad tratamientos, agrupa los promedios de los tres distintos niveles en tres distintos grupos, el de mayor promedio agrupado en “A”, del nivel de aplicación de inoculante N<sub>2</sub> uno (T1) con un promedio de 2,72 hojas por plántula, en el grupo “B” los promedios del nivel de inoculación dos (T2) y tres (T3) con promedios de 2,46 y 2,38 hojas por plántula, el agrupado “C” el nivel de inoculación cero o testigo (T0), con 2.09 hojas por plántula.

En los resultados del trabajo de investigación de Balzar obtuvo como resultado de la prueba de Tukey al 5 % de probabilidades en la variable número de hojas, de la interacción de tres híbridos de tomate con tres dosis de fertilizantes en las evaluaciones comprendidas a los 15 y 100 días de sembradas. (Balzar, 2015.).

Con el método de fertirriego se obtuvieron 4 hojas en el S1, S5 y S6 y;3 hojas en el S2, S3 y S4. La incorporación del fertilizante en el sustrato disminuyo el número de hojas de las plántulas encontrándose 2 (S2 y S5) y 3 hojas (S1, S3, S4 y S6); mientras que el tratamiento testigo obtuvo de 2-4 hojas.

En cuanto a las valoraciones del número de hojas por plántula en la etapa de almácigo, se observó el efecto del inoculante, los promedios logrados por diferentes trabajos de investigación indican similitud con los resultados alcanzados por la presente investigación, donde se obtuvo cercanos a otras investigaciones a 3 hojas por planta.



### 4.2.3. Variable Longitud de tallo (cm)

En el análisis de varianza se presenta en el Cuadro 10, donde se describen los resultados de la fuente de variabilidad, descrito a continuación.

**Cuadro 9.** ANVA para la variable longitud de tallo

Fuentes de Variación (F.V.)	Suma de Cuadrados (S.C.)	Grados de Libertad (G.L.)	Cuadrado Medio (C.M.)	F calculada (F.C.)	Probabilidad de F P-valor	Significancia
Tratamiento	1,92	3	0,64	7,14	0,0052	**
Error	1,07	12	0,09			
Total	2,99	15	Coeficiente de Variabilidad (C.V.) = 10,06%			

NS: no significativo; \*: significativo; \*\*: altamente significativo.

**Fuente:** Elaboración propia (2020)

Del cuadro 10, el análisis de varianza para la variable longitud de tallo, resultando un coeficiente de variabilidad de 10.06%, demostrando así un manejo y registro de los datos homogéneo, son confiables para realizar análisis experimental de datos.

Los resultados de la fuente de variabilidad tratamiento, se muestra con diferencias altamente significativas, siendo que los resultados indican que los tratamientos son diferentes entre ellos y que el efecto de la aplicación de distintas concentraciones de inoculante N<sub>2</sub>, realizando la respectiva comparación de medias Duncan.

**Cuadro 10.** Duncan para la comparación de medias de la variable longitud de tallo

Tratamientos	Medias	Agrupación
T3	3,22	A
T2	3,22	A
T1	3,09	A
T0	2,38	B

**Fuente:** Elaboración propia (2020)

En el cuadro 11, Comparación de medias Duncan en la variable longitud de tallo, se agruparon en dos, los tratamientos de mayor promedio fueron agrupados en "A", con promedios de 3,22 cm, 3,22 cm y 3.09 cm, respectivos a los tratamiento tres (T3)

concentración de 2,5 g/lt de inoculante por litro de agua, tratamiento dos (T2) concentración de 5 g/lt de inoculante por litro de agua y tratamiento (T1) concentración de 10 g/lt de inoculante por litro de agua, de manera contraria el menor promedio fue agrupado en “B”, compuesto por el testigo (T0) sin aplicación de inoculante con promedio de 2,38 cm.

Entre los indicadores del vigor de las plántulas de tomate se encuentra la altura, que va de 2,0-3,0 cm a una edad de 28 días después de la siembra (VILLEGAS, RODRIGUEZ, TREJO, & G., 2000).

Las mayores alturas en el cultivo del tomate en almacigo hasta la primera hoja con diferentes técnicas de abonamiento, se obtuvieron con el método de fertirriego, así mismo fue el S1 (germinating mix el que obtuvo la máxima altura de 2,86 cm; seguido por el sustrato 5 (Arena roja + abono) con 1,93 cm (MONGE A. , 2007).

La variedad de tomate Río Grande muestra menor altura al día 28 de almacigado 2.5 cm; en relación a las variedades de crecimiento indeterminado, lo cual es propio de su hábito de crecimiento (MONZON, 2016)

Se demostró que las cepas de Rhizobium utilizadas en su estudio mejoraron el rendimiento de su cultivo, además que verificó que las cepas de Rhizobium mejoran la germinación y promueven el crecimiento de las semillas de tomate (*Lycopersicum esculentum* L.) (SANTILLANA, 2005).

En relación a los resultados conseguidos en la variable de respuesta longitud del tallo fueron relativos a diferentes investigaciones las cuales fueron citados anteriormente, alcanzando un promedio de 2.98 cm de longitud, siendo datos cercanos a otros trabajos de investigación.

#### 4.2.4. Variable Largo de raíz (cm)

En el análisis de varianza se presenta en el Cuadro 13, donde se describen los resultados de las fuentes de variabilidad, descritos a continuación.

**Cuadro 11.** ANVA de la variable largo de raíz

Fuentes de Variación (F.V.)	Suma de Cuadrados (S.C.)	Grados de Libertad (G.L.)	Cuadrado Medio (C.M.)	F calculada (F.C.)	Probabilidad de F P-valor	Significancia
Tratamiento	0,35	3	0,12	2,13	0,1493	NS
Error	0,66	12	0,06			
Total	1,01	15	Coeficiente de Variabilidad (C.V.) = 6,63%			

NS: no significativo; \*: significativo; \*\*: altamente significativo.

**Fuente:** Elaboración propia (2020)

Del cuadro 13, el análisis de varianza donde el coeficiente de variabilidad para la variable largo de raíz bajo la aplicación de tres distintas concentraciones de inoculante N<sub>2</sub>, fue de 6,63%, indicando confiabilidad de los resultados y en el registro de datos durante la investigación.

En la prueba de p-value, la fuente de variabilidad tratamiento dentro de la condición no significativo, resultando los promedios de los tratamientos homogéneos, ninguno de los niveles de concentración de inoculante N<sub>2</sub> y el testigo presenta un promedio distinto a los demás.

La incorporación del fertilizante a la siembra representa los valores más bajos de longitud de raíz en los sustratos 1, 2, 5 y 6; siendo el sustrato S5 el que presenta la raíz más corta de todos los tratamientos (3,96 cm.). Para la variable de volumen radical el análisis estadístico mostró que no existe un efecto del método de fertilización, sin embargo si se manifiestan diferencias estadísticas entre el tipo de sustrato y un efecto de la interacción de éste con el método de fertilización.

se muestran los promedios de las distintas etapas de aplicación del Rhizobium para la variable longitud de raíz, las cuales indican que el promedio de los tratamientos para esta variable es el T0 = 8.75 (PLATA, 2019).

Los resultados obtenidos en la variable largo de raíz por planta en centímetros, identificadas en relación cercana con los promedios obtenidos por las distintas investigaciones mencionados anteriormente con el presente trabajo, logrando una media de 3.54 cm de longitud de raíz cercano a otras investigaciones.

#### 4.2.5. Variable volumen de raíz (ml/raíz)

En el análisis de varianza se presenta en el Cuadro 15, donde se describen los resultados de las fuentes de variabilidad, descritos a continuación.

**Cuadro 12.** ANVA para la variable volumen de raíz

Fuentes de Variación (F.V.)	Suma de Cuadrados (S.C.)	Grados de Libertad (G.L.)	Cuadrado Medio (C.M.)	F calculada (F.C.)	Probabilidad de F P-valor	Significancia
Tratamiento	0,01	3	0,00027	0,54	0,666	NS
Error	0,06	12	0,01			
<b>Total</b>	0,07	15	Coeficiente de Variabilidad (C.V.) =13,87 %			

NS: no significativo; \*: significativo; \*\*: altamente significativo.

**Fuente:** Elaboración propia (2020).

Del cuadro 13, del análisis de varianza para la variable volumen de raíz, aplicado con tres distintas concentraciones de inoculante en almacigo de tomate, el coeficiente de variabilidad fue de 13,87%, revela confiabilidad en el registro de datos, los datos del trabajo de investigación son fiables.

Para la fuente de variabilidad tratamientos se ubica dentro condición de no significativo, los promedios de los tres tratamientos y el testigo se consideran homogéneos, ninguno de los tratamientos presenta un promedio diferente a los demás el mayor promedio volumen radicular es 0,53 ml por raíz.

El menor valor se obtuvo con el S2 (tratamientos testigo y fertirriego) con 0,1 ml. La fertilización en el riego parece contribuir en el desarrollo de la parte aérea, sin embargo no existe un efecto de la fertilización en el volumen radical (MONGE, 2007).

Con respecto al volumen radicular y el desarrollo de su biomasa tiene fuertes repercusiones en la capacidad que tienen las plantas para asimilar nutrientes del suelo, puesto que representa una mayor exploración por parte de las raíces, igualmente se ha demostrado que ciertas Rhizobacterias son capaces de sintetizar y mineralizar nutrientes que influyen de manera importante en el desarrollo de las raíces (SANCHEZ, 2011).

Las características físicas de sustrato y la disponibilidad de nutrientes influyen enormemente en el desarrollo radical de una plántula no obstante, se deben considerar otros factores como la disponibilidad de agua en el medio. Se deben manejar adecuadamente los niveles hídricos durante esta etapa compensando la evapotranspiración diaria ya que periodos de estrés hídricos (volumen de agua <25%) se pueden traducir en un mayor crecimiento radicular; así mismo, en casos de humedad excesiva en el medio de la bandeja, el crecimiento radicular generalmente puede superar la base de la celda (hidrotropismo) (LESKOVAR, 2001) (HERRERA, LESKOVAR, 2001).

En las evaluaciones del volumen de raíz por plántula en la etapa de almácigo, se observó el efecto del inoculante, los promedios logrados por diferentes trabajos de investigación indican similitud con los resultados alcanzados por la presente investigación, donde se obtuvo 0.511 cm por planta.

#### 4.2.6. Variable peso fresco (g/planta)

En el análisis de varianza en el Cuadro 14, donde se describen los resultados de las fuentes de variabilidad, descrito a continuación.

**Cuadro 13.** ANVA para la variable peso fresco

Fuentes de Variación (F.V.)	Suma de Cuadrados (S.C.)	Grados de Libertad (G.L.)	Cuadrado Medio (C.M.)	F calculada (F.C.)	Probabilidad de F P-valor	Significancia
Tratamiento	21,83	3	7,28	14,65	0,0003	**
Error	5,96	12	0,50			
Total	27,79	15	Coeficiente de Variabilidad (C.V.) = 14,83%			

NS: no significativo; \*: significativo; \*\*: altamente significativo.

**Fuente:** Elaboración propia (2020).

Del cuadro 14, del análisis de varianza para la variable peso fresco, resultando un coeficiente de variabilidad de 14.83%, señalando que el registro de los datos del experimento fue uniforme y son confiables para realizar el análisis experimental.

En la fuente de variabilidad tratamiento, se considerada a los tratamientos dentro del rango de diferencias altamente significativas, siendo que los resultados indican que todos los tratamientos y el testigo son distintos estadísticamente entre ellos, Se produjo el empleo de la prueba de medias Duncan.

**Cuadro 14.** Duncan para la comparación de medias

Tratamientos	Medias	Agrupación
T1	6,54	A
T2	5,05	b
T0	3,71	c
T3	3,70	c

**Fuente:** Elaboración propia (2020)

En el cuadro 26, la prueba de comparación de medias Duncan en la variable peso fresco, se agruparon en tres, el tratamiento de mayor promedio fue agrupado en “A”, con un promedio de 6,54 gramos por planta del tratamiento uno (T1), distintamente el tratamiento dos (T2) es agrupado en “B” alcanzando un promedio de distinción de 5,05 gramos por planta, contrariamente los menores promedios son agrupados en “C”, compuesto por el testigo y por el tratamiento tres (T3) restantes, con promedios de 3,71 gramos por planta y 3,70 gramos por planta respectivamente.

El peso fresco acumulado presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos, destacando nuevamente los tratamientos T1 (6,4 g) y T2 (5,6 g) con los mejores resultados (ORTEGA-MARTINEZ, 2010).

Dichos resultados concuerdan con Azcón y Talón (2000), quienes indican el tamaño de la zona meristemática al aumentar el número de células que entran en división celular y éstas contribuyen posteriormente a la elongación del tallo, crecimiento de hojas y raíces; lo que se traduce en un aumento del peso fresco de la plántula (AZCON & M., 2000).

En relación a las evaluaciones peso fresco por plántula en gramos, se observó el efecto del inoculante, los promedios fueron relativos a diferentes investigaciones las cuales fueron citados anteriormente, donde se obtuvo una media de 4.75 gramos por planta de peso fresco, siendo datos cercanos a otros trabajos de investigación.

## 5. CONCLUSIONES

Cumpliendo los objetivos planteados, se realizó la evaluación pertinente para la comparación de tres concentraciones de inoculante en el almacigo de semillas de tomate, llegando a las siguientes conclusiones:

1. La influencia de la aplicación del inoculante microbiano  $N_2$ , generó un efecto tangible en la variable de respuesta, indicando que: En niveles de aplicación de inoculante  $N_2$ , para la variable velocidad de crecimiento, se observó diferencias altamente significativas, la superioridad del nivel de inoculación uno (T1) con 0,92 mm/día, los restantes alcanzaron promedios menores, promedios de velocidad de crecimiento de 0,82 (T3) y 0,81 (T2) mm/día, finalmente el testigo obtuvo un promedio inferior de 0,74 mm/día.
2. La concentración de mayor adecuación para el almacigo de semillas de tomate con inoculante  $N_2$  fue observada en la variable número de hojas, en el análisis estadístico se mostró diferencias altamente significativas donde el nivel de aplicación de inoculante  $N_2$  uno (T1) logró el mayor promedio de 2,72 hojas por plántula, los promedios restantes fueron menores con 2,46 (T2), 2,38 (T3) y 2,09 (T0) hojas por plántula.
3. En la comparación de las características agronómicas de las plántulas de tomate se concluyó que: En la variable largo de raíz y la variable volumen de raíz se observó diferencias no significativas, resultando que los promedios de los tratamientos fueron homogéneos o similares, ninguno de los niveles de concentración de inoculante  $N_2$  o el testigo presentó un promedio distinto a los demás.
4. Así mismo se concluye que en la comparación de las características agronómicas; en las variables de respuesta Longitud de tallo, volumen radicular y peso fresco de plántula resultaron con diferencias altamente significativas, en la variable longitud de tallo, con promedios alcanzados de 3,22 cm (T3), 3,22 cm (T2) y 3,09 cm (T1), del testigo (T0) alcanzó un promedio de 2,38 cm, indicándonos que a menor concentración de inoculante se tiene mayor elongación de tallo de plántula.
5. En la variable peso fresco, el mayor promedio fue alcanzado por el tratamiento uno (T1) con un promedio de 6,54 g/planta, distintamente los restantes tratamientos: 5,05



g/plántula (T2), 3,71 g/planta (T3) y 3,70 g/planta (T0), indicándonos que a mayor concentración del inoculante n2 se genera mayor peso fresco por plántula .

## 6. RECOMENDACIONES

En contraste a las acciones y actividades desarrolladas en el presente trabajo de investigación, se recomienda lo siguiente:

- Desarrollar variaciones de concentración de inoculante  $N_2$  mayores a los del presente trabajos de investigación.
- Comparar diferentes inoculantes para identificar el efecto en semillas de tomate para la etapa de almacigo.
- Realizar diferentes investigaciones dando el seguimiento a la concentración de inoculante de la presente investigación, en distintas etapas de crecimiento del cultivo de tomate.
- Contrastar la presente investigación con trabajos en las cuales se tenga la aplicación de organismo promotores de crecimiento vegetal (PGPR) para identificar los efectos del mismo.
- Aplicar el inoculante  $N_2$  en distintas especies no leguminosas, para comparar el efecto de la relación biológica asociativa, entre la especie y el organismo PGPR
- Investigar la aplicación del inoculante  $N_2$  en la contención de Fito patógenos, siendo el inoculante una alternativa la Fito sanidad.
- Enfatizar investigaciones donde se identifique el proceso de solubilización de fosforo molecular por organismos PGPR.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

AGREDA, A. (2006). ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DOS VARIETADES DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*), PRODUCIDO ORGÁNICAMENTE, BAJO DOS AMBIENTES DE CULTIVO, EN ECOSISTEMA DE CABECERA DE VALLE. CASO COMUNIDAD DE TOTORANI DEL MUNICIPIO DE SIPE SIPE. COCHABAMBA – BOLIVIA: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN, FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS “Dr. MARTÍN CARDENAS”, TESIS DE GRADO PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO.

AGRICULTURES. (2016). *AGRICULTURES*. Obtenido de <https://agriculturers.com/la-importancia-de-las-bacterias-solubilizadoras-de-fosforo-en-agricultura/>

ALEXANDER, M. (1980). *INTRODUCCIÓN A LA MICROBIOLOGÍA DEL SUELO*. MÉXICO: AGT EDITORES.

ALMARAZ, F. Y. (2009). TOMATE COMO CULTIVO IMPORTANTE.

ANTOUN, H., & PRESVOT, D. (2006). CRECIMIENTO ECOLÓGICO DE LAS PLANTAS A TRAVÉS DE LOS RHIZOBIOS. Springer. Netherlands: In PGPR: biocontrol and biofertilization.

ARANA, J. (2009). INOCULANTES MICROBIANOS PARA EL DESARROLLO. pág. 3.

ATLAS, R. M. (2002). *ECOLOGÍA MICROBIANA Y MICROBIOLOGÍA AMBIENTAL*. MADRID, ESPAÑA: 4ª ed.

AZCON, J., & M., T. (2000). *FISIOLOGÍA Y BIOQUÍMICA VEGETAL*. BARCELONA ESPAÑA: MCGRAW HILL INTERAMERICANA.

BALTAZAR, B. (2018). *RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL TOMATE (SOLANUM LYCOPERSICON)*. LIMA, PERÚ: TESIS DE INGENIERO AGRÓNOMO.

BARBARO, D. (2006). EVALUACION DEL EFECTO DE BACTERIAS EN LA GERMINACION Y EMERGENCIA.

BIOTECNOLOGIA. (2009). *BIOTECNOLOGIA AHORA*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/biotecnologiacastellani/inoculacion-de-semillas>

BLOGSPOT. (2009). *REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMATICOS*. Obtenido de BLOGSPOT: <http://cultivosdetomate.blogspot.com/2009/08/requerimiento-agro-climatico-del.html>

CALZADA. (1982). METODOS ESTADISTICOS PARA LA INVESTIGACION. En C. JOSE, *METODOS ESTADISTICOS PARA LA INVESTIGACION*. LIMA.

CAMELO, M. (2001). *MECANISMOS DE ACCION DE LA RHIZOSFERA EN LOS CAMPOS DE AGRICULTURA*. BOGOTA, COLOMBIA: CORPORACION COLOMBIANA DE LA AGRICULTURA.

CARCHUNA. (2003). *REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO DEL TOMATE*.

CARRASCO, P. (2018). *RHIZOBIUM PARA EL BENEFICIO DE CULTIVOS*.

CHEN, P. (2006). SOLUBILIZACION DEL FOSFATO PARA EL BENEFICIO DE LAS PLANTAS. APPLIED SOIL AGRICULTURE.

CIAT. ( 2020). *INOCULANTES*. SANTA CRUZ DE LA SIERRA: TESIS - PARA LA OBTENCION DEL GRADO DE INGENIERO AGRONOMO.

CIAT. (2005). *INOCULANTE N2*. SANTA CRUZ DE LA SIERRA - BOLIVIA.

CONSTANZA. (2005). *IMPORTANCIA DE LOS CULTIVOS HORTICOLAS*. LIMA.

EL DEBER. (2016). EL CULTIVO DEL TOMATE, BOLIVIA. *EL TOMATE Y SUS BENEFICIOS*, págs. 1-2.

ELFIELD. (2018). *ELFIELD REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMATICOS*. Obtenido de ELFIELD: <https://www.elfield.com.mx/blog/requerimientos-edafoclimaticos-del->



MARTINEZ, M. (2016). Comportamiento de Variables agronomicas de tomate en fursion de diferentes fuentes y dosis de potasio. Saltillo, Coahuila, Mexico: Universidad Autonoma Agraria Antoio Narro.

MONGE. (2007). EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE PLANTULAS DE TOMATE (*Licopersicon esculentum*) MILL Y CHILE DULCE (*Capsicum annum*) LINN, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SEIS SUSTRATOS Y TRES METODOS DE FERTILIZACIÓN EN EL CANTÓN DE SAN CARLOS, COSTA RICA. COSTA RICA: TRAJAJO FINAL DE GRADUACION PRESENTADO A LA ESCUELA DE AGRONOMIA COMO REQUISITO PARA LA OBTENCION DE TITULO DE INGENIERO AGRONOMO.

MONGE, A. (2007). *EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE PLANTULAS DE TOMATE (*Licopersicon esculentum*) MILL Y CHILE DULCE (*Capsicum annum*) LINN, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SEIS SUSTRATOS Y TRES METODOS DE FERTILIZACIÓN EN EL CANTÓN DE SAN CARLOS, COSTA RICA.* COSTA RICA: TRABAJO FINAL PARA LA OBTENCION DE TITULO UNIVERSITARIO DE INGENIERO AGRONOMO.

MONZON, C. (2016). *EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE TOMATE DE CRECIMIENTO INDETERMINADO (*Lycopersicum sculentum Mill*) DE VARIETADES HÍBRIDOS UTILIZANDO ABONOS FERMENTADOS DE GALLINAZA Y CUYAZA – ABANCAY.* ABANCAY – APURÍMAC – PERÚ: TESIS PARA LA OBTENCION DE TITULO DE INGENIERO AGRONOMO, UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE LOS ANDES.

MOROCHO, M. (2019). MICROORGANISMOS EFICIENTES DENTRO DE LA AGRICULTURA. *CENTRO AGRICOLA*, 1-2.

OCHOA, R. (2009). DISEÑOS EXPERIMENTALES. En R. R. TORREZ, *DISEÑO EXPERIMENTAL* (págs. 47-52). LA PAZ- BOLIVIA.

ORTEGA-MARTINEZ, L. (2010). *EFECTO DE LAS GIBERELINAS SOBRE EL CRECIMIENTO Y CALIDAD DE PLÁNTULAS DE TOMATE.*

- PLANES-LEYVA, M. (2004). *LA BIOFERTILIZACION COMO PARTE ESENCIAL DE LA AGRICULTURA*. CHAPINGO, MEXICO: REVISTA CHAPINGO SERIE HORTICULTURA.
- PLATA, P. (2019). *EFECTO DE LA INOCULACIÓN DE TRES NIVELES DE RHIZOBIUM EN SEMILLAS DE PIMIENTO MORRÓN (Capsicum annuum) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE COTA COTA*. LA PAZ – BOLIVIA: UMSA FACULTAD DE AGRONOMIA, TITULO PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE INGENIERO AGRONOMO.
- QUISPE, C. (2017). *MICROORGANISMOS EFICIENTES EN LOS CULTIVOS*. LA PAZ - BOLIVIA.
- RADBER, J. (1989). *CULTIVO DEL TOMATE*.
- RAJKUMAR, NAGENDRAN, & JAE. (2006). INFLUENCE OF PLANT GROWTH PROMOTING BACTERIA. En RAJKUMAR, NAGENDRAN, & JAE, *EFECTO DE LAS BACTERIAS PROMOTORAS PGPR*.
- REYES, LUIMAR, & HIND. (2006). SELECCION Y EVALUACION DE RIZOBACTER PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO.
- ROJAS, F. (2009). *CLASIFICACION TAXONOMICA*.
- ROSELLO, J. (2012). *CULTIVO ECOLOGICO DEL TOMATE Y DEL PIMENTON*. SOCIEDAD ESPAÑOLA DE LA AGRICULTURA: ESPAÑA.
- SANTILLANA, N. (2005). *CAPACIDAD DEL RHIZOBIUM EN LAS CARACTERISTICAS DE LOS CULTIVOS*.
- SENAMHI. (2020). *INFORME MENSUAL DE DATOS*. LA PAZ- BOLIVIA: SERVICIO NACIONAL DE HIDROLOGIA.
- SEYMOUR. (1994). *CULTIVO DEL TOMATE*. GUAYAQUIL.
- VALADAEZ. (1996). *EL TOMATE Y SUS CARACTERISTICAS*.

VALADEZ, L. A. (2006). *Producción de Hortalizas, Quinta Edición*. México: Editorial UTEHA.

VALVERDE, C. (2015). *INOCULANTES MICROBIANOS*.

VIGLIOLA, A. (1989). *ORIGEN DEL TOMATE Y SUS BENEFICIOS*.

VILLEGAS, O., RODRIGUEZ, N., TREJO, L., & G., A. (2000). *Potencial de la miel de abeja en la nutrición de plántulas de tomate*. Instituto de Recursos Naturales. Estado de México,; Colegio de Postgraduados UACH. Terra Latinoamericana.



# ANEXOS

## CUADROS DEL ANEXO

**Cuadro 1.** Variable Velocidad de Crecimiento, datos de registro de altura inicial y final.

				Altura Inicial				Altura Final			
				Fecha 7 septiembre				Fecha 2 octubre			
		TRAT	N°Muestra	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
N0	Sin aplicación	T0	M1	0,5	0,4	0,5	0,5	2,1	2,4	2,4	2,6
N0	Sin aplicación	T0	M2	0,5	0,4	0,4	0,4	2,1	2,3	2,5	2,5
N0	Sin aplicación	T0	M3	0,4	0,5	0,5	0,4	2,2	2,2	2,3	2,4
N0	Sin aplicación	T0	M4	0,4	0,4	0,4	0,6	2,4	2,5	2,5	2,4
N1	10g/l	T1	M1	0,6	0,4	0,5	0,4	3,4	3	2,8	3
N1	10g/l	T1	M2	0,6	0,4	0,7	0,4	3	2,9	2,9	2,8
N1	10g/l	T1	M3	0,6	0,5	0,6	0,6	3,2	2,8	2,7	2,8
N1	10g/l	T1	M4	0,7	0,6	0,5	0,5	3,2	2,7	2,9	2,6
N2	5g/l	T2	M1	0,5	0,5	0,5	0,5	2,8	2,7	2,5	2,4
N2	5g/l	T2	M2	0,5	0,6	0,4	0,4	2,5	2,3	2,4	2,8
N2	5g/l	T2	M3	0,4	0,5	0,5	0,4	2,4	2,8	2,6	2,4
N2	5g/l	T2	M4	0,4	0,4	0,4	0,6	2,8	2,5	2,5	2,5
N3	2.5g/l	T3	M1	0,5	0,5	0,5	0,4	2,8	2,6	2,9	2,5
N3	2.5g/l	T3	M2	0,4	0,5	0,5	0,5	2,5	2,4	2,2	2,5
N3	2.5g/l	T3	M3	0,6	0,4	0,4	0,4	2,7	2,5	2,5	2,8
N3	2.5g/l	T3	M4	0,4	0,5	0,5	0,5	2,5	2,7	2,6	2,6

**Cuadro 2.** Variable Velocidad de Crecimiento promedios mm/día.

	TRAT	V1
R1	T0	0,67
R1	T1	0,99
R1	T2	0,84
R1	T3	0,83
R2	T0	0,74
R2	T1	0,91
R2	T2	0,80
R2	T3	0,80
R3	T0	0,76
R3	T1	0,87
R3	T2	0,79
R3	T3	0,80
R4	T0	0,77
R4	T1	0,89
R4	T2	0,79
R4	T3	0,83

**Cuadro 3.** Variable Número de hojas.

		TRAT	N Muestra	R1	R2	R3	R4
N0	Sin aplicación	T0	M1	3	4	4	3
N0	Sin aplicación	T0	M2	3	3	3	4
N0	Sin aplicación	T0	M3	3	4	4	3
N0	Sin aplicación	T0	M4	3	3	4	3
N1	10g/l	T1	M1	7	8	5	8
N1	10g/l	T1	M2	6	5	7	5
N1	10g/l	T1	M3	8	6	5	8
N1	10g/l	T1	M4	8	5	6	5
N2	5g/l	T2	M1	4	5	6	5
N2	5g/l	T2	M2	5	4	5	6
N2	5g/l	T2	M3	4	4	5	5
N2	5g/l	T2	M4	4	8	5	6
N3	2.5g/l	T3	M1	6	4	5	5
N3	2.5g/l	T3	M2	5	5	4	4
N3	2.5g/l	T3	M3	4	4	6	4
N3	2.5g/l	T3	M4	4	5	4	5

**Cuadro 3.** Variable Altura del tallo

		TRAT	N Muestra	R1	R2	R3	R4
N0	Sin aplicación	T0	M1	2,1	1,9	2,2	3
N0	Sin aplicación	T0	M2	2,6	2,1	2,4	2,1
N0	Sin aplicación	T0	M3	2,2	2,4	2,7	2,8
N0	Sin aplicación	T0	M4	2,9	1,8	2,4	2,5
N1	10g/l	T1	M1	3,3	2,9	2,2	3
N1	10g/l	T1	M2	4,2	2,7	2,9	3
N1	10g/l	T1	M3	3,4	3,2	3	2,9
N1	10g/l	T1	M4	3,4	3,2	3,3	2,8
N2	5g/l	T2	M1	2,5	4,3	3,9	3,5
N2	5g/l	T2	M2	3,1	3,3	3,4	3,7
N2	5g/l	T2	M3	2,2	3,1	3,5	2,2
N2	5g/l	T2	M4	3,2	3	3	3,5
N3	2.5g/l	T3	M1	3,7	3,2	3,2	2,9
N3	2.5g/l	T3	M2	3,6	3,4	3,4	2,8
N3	2.5g/l	T3	M3	3,7	2,3	3,1	3,3
N3	2.5g/l	T3	M4	3,6	3,1	2,6	3,5

**Cuadro 4.** Variable Profundidad Radicular

		TRAT	N Muestra	R1	R2	R3	R4
N0	Sin aplicación	T0	M1	5,2	3,4	2,9	2,7
N0	Sin aplicación	T0	M2	3,7	3,5	4,1	3,3
N0	Sin aplicación	T0	M3	3,2	3,2	3	3,5
N0	Sin aplicación	T0	M4	3,2	3,5	3,4	3
N1	10g/l	T1	M1	3	3,2	3,3	2,6
N1	10g/l	T1	M2	4,7	3,2	3,9	3,2
N1	10g/l	T1	M3	3,7	3,8	3,4	3
N1	10g/l	T1	M4	3	2,9	3	3,9
N2	5g/l	T2	M1	3,2	3,2	3,9	3,8
N2	5g/l	T2	M2	3,7	3,1	3,1	4,3
N2	5g/l	T2	M3	5,1	3,7	3,9	3,4
N2	5g/l	T2	M4	3,6	3,4	3,4	3,9
N3	2.5g/l	T3	M1	3,5	3,7	3,6	3,4
N3	2.5g/l	T3	M2	3,3	3,2	5,2	3,8
N3	2.5g/l	T3	M3	3,4	3,9	3,4	3,1
N3	2.5g/l	T3	M4	4,6	4	3,6	3,6

**Cuadro 5. Variable Volumen Radicular**

		TRAT	N Muestra	R1	R2	R3	R4
N0	Sin aplicación	T0	M1	0,5	0,4	0,4	0,3
N0	Sin aplicación	T0	M2	0,2	0,4	0,4	0,5
N0	Sin aplicación	T0	M3	0,4	0,5	0,7	0,5
N0	Sin aplicación	T0	M4	0,6	0,3	0,8	0,6
N1	10g/l	T1	M1	0,7	0,5	0,7	0,5
N1	10g/l	T1	M2	0,5	0,4	0,7	0,4
N1	10g/l	T1	M3	0,5	0,6	0,4	0,7
N1	10g/l	T1	M4	0,2	0,4	0,6	0,5
N2	5g/l	T2	M1	0,5	0,6	0,7	0,4
N2	5g/l	T2	M2	0,6	0,6	0,6	0,5
N2	5g/l	T2	M3	0,5	0,4	0,4	0,6
N2	5g/l	T2	M4	0,5	0,5	0,6	0,3
N3	2.5g/l	T3	M1	0,4	0,4	0,7	0,4
N3	2.5g/l	T3	M2	0,5	0,6	0,5	0,5
N3	2.5g/l	T3	M3	0,4	0,5	0,6	0,6
N3	2.5g/l	T3	M4	0,8	0,3	0,8	0,4

**Cuadro 6. Variable Peso fresco.**

		TRAT	N Muestra	R1	R2	R3	R4
N0	Sin aplicación	T0	M1	2,25	3,78	4,28	3,25
N0	Sin aplicación	T0	M2	2,38	4,42	4,35	3,29
N0	Sin aplicación	T0	M3	3,6	4,35	4,21	3,78
N0	Sin aplicación	T0	M4	3,4	3,52	4,36	4,12
N1	10g/l	T1	M1	4,25	5,29	6,4	7,5
N1	10g/l	T1	M2	5,35	6,55	7,8	8,46
N1	10g/l	T1	M3	7,2	5,55	5,65	7,54
N1	10g/l	T1	M4	5,65	6,8	5,64	9
N2	5g/l	T2	M1	5,59	4,45	4,7	5,1
N2	5g/l	T2	M2	4,49	5,4	5,2	4,75
N2	5g/l	T2	M3	5,58	6,2	5,3	4,28
N2	5g/l	T2	M4	3,45	4,8	5,4	6,1
N3	2.5g/l	T3	M1	2,25	3,78	4,28	3,25
N3	2.5g/l	T3	M2	2,38	4,42	4,35	3,29
N3	2.5g/l	T3	M3	3,6	4,35	4,21	3,78
N3	2.5g/l	T3	M4	3,4	3,52	4,36	4,12

## Resumen de las variables

		mm/dia	N°	cm	cm	ml	gr
	Trata	V1	V2	V3	V4	V5	V6
R1	T0	0,67	2,00	2,45	3,83	0,43	2,91
R1	T1	0,99	2,87	3,58	3,60	0,48	5,61
R1	T2	0,84	2,29	2,75	3,90	0,53	4,78
R1	T3	0,83	2,40	3,65	3,70	0,53	2,91
R2	T0	0,74	2,12	2,05	3,40	0,40	4,02
R2	T1	0,91	2,65	3,00	3,28	0,48	6,05
R2	T2	0,80	2,50	3,43	3,35	0,53	5,21
R2	T3	0,80	2,35	3,00	3,70	0,45	4,02
R3	T0	0,76	2,18	2,43	3,35	0,58	4,30
R3	T1	0,87	2,60	2,85	3,40	0,60	6,37
R3	T2	0,79	2,50	3,45	3,58	0,58	5,15
R3	T3	0,80	2,40	3,08	3,95	0,65	4,30
R4	T0	0,77	2,06	2,60	3,13	0,48	3,61
R4	T1	0,89	2,74	2,93	3,18	0,53	8,13
R4	T2	0,79	2,55	3,23	3,85	0,45	5,06
R4	T3	0,83	2,35	3,13	3,48	0,48	3,61

## FIGURAS ANEXOS



**Figura 1.** Obtención del inoculante microbiano N<sub>2</sub> desde la ciudad de Santa Cruz de la Sierra (CIAT)



**Figura 2.** Armado de la almaciguera con materiales de la Estación Experimental de Cota Cota

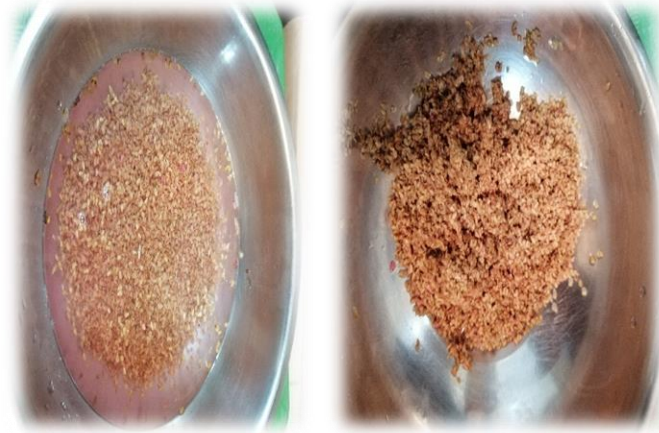


**Figura 3.** Terminado de Armado de la Almaciguera



**Figura 4.** Recolección del sustrato para la almaciguera





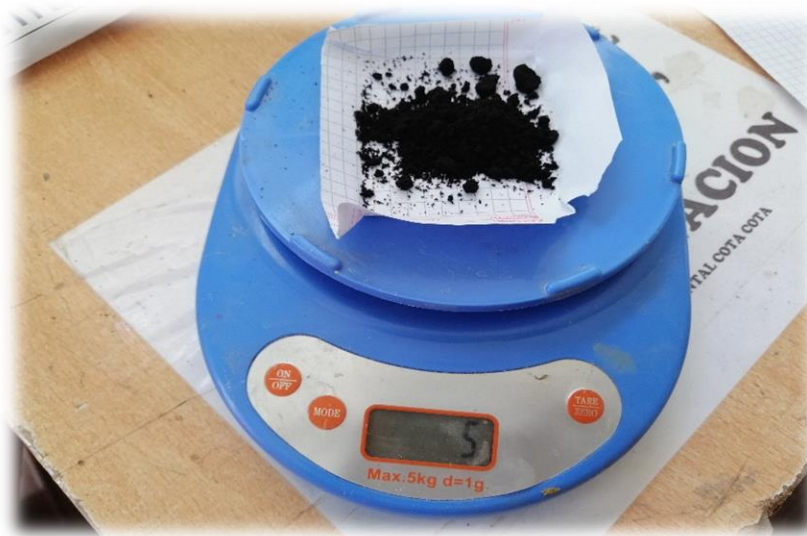
**Figura 5.** Desinfección de las semillas de tomate



**Figura 6.** Se realizó los surcos en la almaciguera y sembrando en la almaciguera y sembrando el mismo día



**Figura7.** Sembrado y posteriormente tapado con paja para acumular mas humedad



**Figura 8.** Pesado del inoculante para mezclarlo con agua y hacer la aplicación



**Figura 9.** Crecimiento de las plantas a las cuantas semanas después de la siembra



**Figura 10.** Crecimiento final de las plántulas.





**Figura 11.** Medición de las variables de respuesta de cada uno de los tratamientos.



