

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**Escuela Profesional de Agronomía**

**TESIS**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y *Azotobacter chroococcum* EN  
EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)  
VARIEDAD GALILEA EN EL CEA III LOS PICHONES - TACNA**

**Presentada por:**

**Bach. LESLIE AQUISE MAMANI**

**Para optar el título profesional de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TACNA – PERÚ**

**2018**

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

TESIS

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y *Azotobacter Chroococcum*  
EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicon*  
*esculentum Mill.*) VARIEDAD GALILEA EN EL C.E.A. III  
LOS PICHONES - TACNA

TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 9 DE ENERO DEL 2017,  
SIENDO EL JURADO CALIFICADOR:

PRESIDENTE:



MSc. ARÍSTIDES CHOQUEHUANCA TINTAYA

SECRETARIO:



Dr. OSCAR OCTAVIO FERNÁNDEZ CUTIRE

VOCAL:



MSc. NIVARDO NÚÑEZ TORREBLANCA

ASESOR:



MSc. MAGNO SANTOS ROBLES TELLO

## **DEDICATORIA**

A Dios por acompañarme todos los días y permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, por darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en las adversidades.

A mis padres Carlos Aquisé y Gladiz Mamani por darme la vida, por su apoyo constante, consejos, comprensión y por ayudarme con los recursos necesarios para culminar mis estudios.

A mis hermanos Kathy, Claudia y Álvaro por su inspiración a ser mejor cada día.

A Félix Choque por su apoyo moral e incondicional y sus sabios consejos.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por la vida, sabiduría e inteligencia que me da día a día.

A mis docentes de la Escuela Profesional de Agronomía que me brindaron sus conocimientos, sus experiencias, su dedicación y su tiempo.

A mi asesor MSc. Magno Santos Robles Tello por el asesoramiento, tolerancia y apoyo incondicional en la elaboración, ejecución y consolidado de este trabajo.

A mis asesores de campo Ing. Gladys Huallpa Copa y a técnico Ismael Mollinedo Tarapa por su apoyo, guía y motivación en la ejecución de mi tesis.

A mi profesor MSc. Aristides Choquehuanca Tintaya por su apoyo y asesoramiento en la culminación de mi tesis.

A mis amigos y compañeros de aula por hacer que mi paso por esta Universidad sea agradable, por todas las experiencias vividas en cada viaje de estudio.

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>IV</b>
<b>CONTENIDO .....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>XV</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XVI</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XVII</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: EL PROBLEMA</b>	
1.1. Planteamiento del problema .....	3
1.2. Formulación del problema .....	4
1.2.1. Problema principal.....	4
1.2.2. Problemas secundarios .....	4
1.3. Delimitación de la investigación .....	5
1.3.1. Espacio geográfico .....	5
1.3.2. Sujetos de observación .....	5
1.3.3. Tiempo .....	5

1.4. Justificación .....	5
<b>CAPÍTULO II: OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b>	
2.1. Objetivos .....	7
2.1.1. Objetivo general .....	7
2.1.2. Objetivo específico .....	7
2.2. Hipótesis.....	8
2.2.1. Hipótesis general.....	8
2.2.3. Hipótesis específica.....	8
3.3. Variables .....	8
<b>CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL</b>	
3.1. La biofertilización.....	10
3.1.1. Características de los biofertilizantes.....	10
3.1.2. Ventajas del uso de bacterias como biofertilizantes.....	13
3.1.3. Biofertilizantes de última generación .....	14
3.2. Nutrición e importancia del nitrógeno.....	15
3.2.1. Nitrógeno.....	15
3.2.2. Características del Nitrógeno.....	15
3.2.3. Importancia del nitrógeno .....	17
3.2.4. Fertilizantes y contenido nutritivo.....	18
3.2.5. Procesos de fijación de nitrógeno atmosférico.....	19
3.3. <i>Azotobacter</i> .....	20

3.3.1. Ubicación taxonómica .....	20
3.3.2. Generalidades del <i>Azotobacter</i> .....	21
3.3.3. Algunos microorganismos de fijación biológica de N <sub>2</sub> atmosférico .....	21
3.3.4. Caracteres morfológicos y fisiológicos del <i>Azotobacter</i> <i>sp.</i> .....	22
3.3.5. Factores de crecimiento y desarrollo de <i>Azotobacter</i> <i>sp.</i> .....	23
3.3.6. Mecanismos bioquímicos de la fijación de nitrógeno por <i>Azotobacter sp.</i> .....	24
3.4. Antecedentes.....	25
3.5. Generalidades del cultivo de tomate .....	28
3.5.1. Origen .....	28
3.5.2. Taxonomía .....	29
3.5.3. Botánica .....	29
3.5.4. Características de la variedad Galilea .....	31
3.5.5. Requerimientos edafoclimáticos .....	32
3.5.6. Fertilización .....	34
3.5.7. Cosecha .....	34

#### **CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

4.1. Tipo de investigación .....	35
----------------------------------	----

4.2. Población y muestra .....	35
4.2.1. Población.....	35
4.2.2. Muestra .....	35
4.3. Material experimental .....	35
4.4. Características del suelo .....	36
4.5. Datos Meteorológicos .....	38
4.6. Factores de estudio .....	39
4.7. Variables de respuesta .....	40
4.7.1. Altura de planta .....	40
4.7.2. Porcentaje de cuajado de frutos .....	40
4.7.3. Número de frutos por planta .....	41
4.7.4. Número de racimo por planta .....	41
4.7.5. Número de frutos por racimo .....	41
4.7.6. Peso promedio de fruto unitario .....	41
4.7.7. Peso promedio de fruto por planta.....	41
4.7.8. Diámetro polar de fruto .....	42
4.7.9. Diámetro ecuatorial de fruto .....	42
4.7.10. Rendimiento t/ha .....	42
4.8. Diseño experimental .....	42
4.8.1. Características del campo experimental .....	42
4.9. Aleatorización de tratamientos en el campo .....	44

4.10. Análisis estadístico .....	44
4.11. Conducción del experimento .....	44
4.11.1. Medición de la parcela experimental.....	44
4.11.2. Tendido de las cintas de riego .....	45
4.11.3. Preparación de almácigos .....	45
4.11.4. Siembra en almácigo .....	45
4.11.5. Trasplante .....	46
4.11.6. Riego.....	46
4.11.7. Aplicación de <i>Azotobacter</i> .....	46
4.11.8. Deshoje .....	46
4.11.9. Fertilización .....	47
4.11.10. Control de malezas.....	47
4.11.11. Control de plagas y enfermedades .....	47
4.11.12. Cosecha .....	49

## **CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

5.1. Altura de planta (m) .....	50
5.2. Porcentaje de cuajado de frutos (%).....	52
5.3. Número de frutos por planta (ud.) .....	55
5.4. Número de frutos por racimo (ud.) .....	57
5.5. Peso unitario de fruto (g) .....	58
5.6. Peso de frutos por planta (kg).....	60

5.7. Diámetro polar de fruto (cm) .....	63
5.8. Diámetro ecuatorial de fruto (cm).....	66
5.9. Rendimiento de frutos (t/ha) .....	68
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>74</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>75</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>82</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables .....	9
Tabla 2. Análisis Físico – Químico del suelo experimental.....	36
Tabla 3. Temperatura, humedad relativa, precipitación y heliofanía registradas en el período experimental.....	38
Tabla 4. Combinación de los tratamientos en estudio.....	40
Tabla 5. Análisis de varianza de altura de planta.....	50
Tabla 6. Análisis de regresión de altura de planta .....	51
Tabla 7. Prueba de significación de los coeficientes de regresión .....	51
Tabla 8. Análisis de varianza para porcentaje de cuajado (%).....	52
Tabla 9. Análisis de regresión de porcentaje de cuajado (%).....	53
Tabla 10. Prueba de significación de los coeficientes de regresión .....	53
Tabla 11. Análisis de varianza de número de frutos por planta.....	55
Tabla 12. Análisis de regresión de número de frutos por planta .....	55
Tabla 13. Prueba de significación de los coeficientes de regresión .....	56
Tabla 14. Análisis de varianza de número de frutos por racimo .....	57
Tabla 15. Análisis de varianza de peso unitario de fruto (g).....	58
Tabla 16. Análisis de regresión de peso unitario de fruto.....	59
Tabla 17. Prueba de significación de los coeficientes de regresión .....	59
Tabla 18. Análisis de varianza de peso de frutos por planta .....	60

Tabla 19. Análisis de regresión de peso de frutos por planta.....	61
Tabla 20. Prueba de significación de los coeficientes de regresión .....	61
Tabla 21. Análisis de Varianza de Diámetro Polar (cm) .....	63
Tabla 22. Análisis de regresión de diámetro polar de fruto .....	64
Tabla 23. Prueba de significación de los coeficientes de regresión .....	64
Tabla 24. Análisis de varianza de diámetro ecuatorial .....	66
Tabla 25. Análisis de regresión de diámetro ecuatorial de fruto .....	66
Tabla 26. Prueba de significación de los coeficientes de regresión .....	67
Tabla 27. Análisis de varianza de rendimiento (t/ha).....	68
Tabla 28. Análisis de regresión de rendimiento de frutos.....	69
Tabla 29. Prueba de significación de los coeficientes de regresión .....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aleatorización de los tratamientos en el campo experimental .....	44
Figura 2. Efecto de niveles de nitrógeno aplicados al suelo en altura de planta de tomate .....	52
Figura 3. Interacción de los factores de nitrógeno y <i>Azotobacter</i> aplicados al suelo en la variación de porcentaje de cuajado (%).....	54
Figura 4. Interacción de los factores de nitrógeno y <i>Azotobacter</i> aplicados al suelo en la variación de número de frutos por planta.....	57
Figura 5. Efecto de niveles de nitrógeno aplicados al suelo en la variación de peso de fruto unitario de tomate.....	60
Figura 6. Efecto de niveles de nitrógeno aplicados al suelo en la variación de peso de frutos por planta .....	62
Figura 7. Efecto de dosis de <i>Azotobacter</i> aplicadas al suelo en la variación de peso de frutos por planta .....	63
Figura 8. Interacción de los factores de nitrógeno y <i>Azotobacter</i> aplicados al suelo en la variación de diámetro polar de fruto .....	65

Figura 9. Efecto de niveles de nitrógeno aplicadas al suelo en la variación de diámetro ecuatorial de fruto .....	68
Figura 10. Efecto de niveles de nitrógeno aplicados al suelo en la variación de rendimiento de frutos .....	70
Figura 11. Efecto de dosis de <i>Azotobacter</i> aplicadas al suelo en la variación de rendimiento de frutos .....	71

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Altura de planta (m) .....	83
Anexo 2. Porcentaje de cuajado .....	84
Anexo 3. Número de frutos por planta .....	85
Anexo 4. Número frutos por racimo .....	86
Anexo 5. Peso promedio de fruto unitario (g) .....	87
Anexo 6. Peso promedio de fruto por planta (kg) .....	88
Anexo 7. Diámetro polar (cm) .....	89
Anexo 8. Diámetro ecuatorial (cm).....	90
Anexo 9. Rendimiento (t/ha) .....	91
Anexo 10. Galería de fotos .....	92
Anexo 11. Análisis fisicoquímico de suelo .....	98

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental Agrícola III Los Pichones, Tacna, cuyo objetivo fue determinar el efecto de la aplicación de nitrógeno y *Azotobacter chroococcum* en el rendimiento del fruto de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) variedad Galilea, los factores en estudio fueron niveles de nitrógeno: 0,0; 150; 200 y 250 kg/ha y niveles de *Azotobacter*: 0,0; 200; 250 y 300 g/ha; el diseño experimental fue bloques completos aleatorios con el arreglo factorial de 4x4, y cuatro repeticiones. El análisis estadístico se realizó utilizando el análisis de varianza; la prueba estadística fue F a un nivel de significación de 5 y 1 %; para determinar la tendencia se utilizó el análisis de regresión, en el que la respuesta del rendimiento a los diferentes niveles de nitrógeno fue lineal, por lo tanto al incrementar un kg de nitrógeno el rendimiento se incrementa en 0,1081 t/ha, el rendimiento de tomate se incrementó en 0,0197 t/ha al incrementar un gramo de *Azotobacter*.

**Palabras clave:** *Azotobacter chroococcum*, *Lycopersicum esculentum* Mill., Nitrógeno

## ABSTRACT

The present research work was carried out in the Agricultural Experimental Center III Los Pichones, Tacna, whose objective was to determine the effect of the application of nitrogen and *Azotobacter chroococcum* on the yield of the tomato fruit (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Variety Galilea, the factors under study were nitrogen levels: 0.0; 150; 200 and 250 kg / ha and *Azotobacter* levels: 0.0; 200; 250 and 300 g / ha; the experimental design was randomized complete blocks with the factorial arrangement of 4x4, and four repetitions. The statistical analysis was performed using the analysis of variance; the statistical test was F at a significance level of 5 and 1 %; To determine the trend, the regression analysis was used, in which the response of the yield to the different nitrogen levels was linear, therefore when increasing one kg of nitrogen the yield increases by 0.1081 t / ha, the yield of tomato increased by 0.0197 t / ha by increasing one gram of *Azotobacter*.

**Keywords:** *Azotobacter chroococcum*, *Lycopersicum esculentum* Mill., Nitrogen

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es un cultivo de gran importancia en la región ya que es consumido por la gran mayoría de las personas en sus diferentes formas debido a las propiedades alimenticias y antioxidantes que presenta.

El aumento de la productividad del tomate es importante para la rentabilidad de este cultivo; sin embargo, esta se ve afectada por diversos factores limitantes entre ellos, la baja fertilidad del suelo, siendo necesaria la aplicación de nitrógeno y otros elementos como el fósforo y el potasio para asegurar el rendimiento adecuado (Loredo *et al.*, 2004).

Ante esta situación, es necesario contar con tecnologías adecuadas a la realidad social, económica y ambiental de los agricultores, que permitan obtener productos sanos y de buena calidad, y de esa manera reducir al mínimo el uso de fertilizantes químicos, ayudando al medio ambiente y a una alimentación más saludable para las personas.

Sin embargo, el uso indiscriminado de fertilizantes químicos ha causado pérdidas en la productividad de los suelos donde se realizan

prácticas agrícolas incorrectas, las cuales como consecuencia ocasionan la degradación de las propiedades biológica, físicas y químicas del suelo.

Por esta razón el uso de biofertilizantes a base de *Azotobacter* ha tomado cada vez más fuerza, ya que se puede recuperar la fertilidad de las tierras, al aportar microorganismos benéficos que ayudan, mediante la descomposición inicial de la materia orgánica, a conseguir un equilibrio ecológico por medio de la liberación de nutrientes inorgánicos aumentando la productividad de los suelos de cultivo. Estas bacterias son capaces de aumentar la disponibilidad de nitrógeno en el agro ecosistema. El nitrógeno es uno de los elementos más limitantes para el crecimiento de las plantas (Baca *et al.*, 2000).

Por esta razón, el empleo de *Azotobacter* representa una alternativa económica rentable para los agricultores de la región, debido a que su uso puede reducir hasta en un 50 % la aplicación de fertilizantes nitrogenados de síntesis química.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1. Planteamiento del problema**

Hace unos 10 000 años nuestros antepasados, que subsistían a partir de la recolección de frutos silvestres, comenzaron a domesticar y a cultivar algunos cereales. Eran los principios de la agricultura orgánica, una de las principales críticas de la agricultura orgánica a la convencional, es que el uso excesivo de fertilizantes químicos y técnicas incorrectas en el manejo de los cultivos, han reducido drásticamente la vida de los suelos, su estructura y como consecuencia su fertilidad, afectando la producción de los cultivos.

Dada la importancia del cultivo de esta hortaliza, se prevé que en los próximos 50 años será necesario un incremento sin precedentes en la producción agrícola para satisfacer la gran demanda de la población mundial. El cultivo de tomate en la región requiere de dosis altas de fertilizantes, por lo que es imperativa la búsqueda de nuevos métodos de producción agronómica y económicamente sustentables para proteger el entorno. Por lo tanto, la reducción en el uso de fertilizantes nitrogenados y

fosforados sintéticos (fuentes inorgánicas) por la fijación biológica del nitrógeno y solubilización biológica del fósforo; contribuirá en la reducción de la contaminación del aire y agua dando una alternativa de producción para los productores de tomate.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema principal**

¿Cuál será el efecto de la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno y *Azotobacter chroococcum* en el rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) variedad Galilea?

### **1.2.2. Problemas secundarios**

¿Cuál es la cantidad adecuada de nitrógeno para el rendimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) variedad Galilea?

¿Cuál es la cantidad adecuada de *Azotobacter chroococcum* para el rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) variedad Galilea?

### **1.3. Delimitación de la investigación**

#### **1.3.1. Espacio geográfico**

Se realizó la investigación en la provincia de Tacna, región Tacna, en el Centro Experimental Agrícola III, fundo “Los Pichones” Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, que está bajo la administración de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, y se encuentra ubicado geográficamente en: Latitud sur de 17°59'38"; Longitud oeste de 70°14'22"; y a una altitud de 508 msnm.

#### **1.3.2. Sujetos de observación**

Plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.)

#### **1.3.3. Tiempo**

El tiempo de duración del proyecto fue aproximadamente de 5 meses, se ejecutó desde el mes de marzo hasta julio del 2015.

### **1.4. Justificación**

Desde hace algunos años se viene introduciendo en nuestro país el uso de biofertilizantes y bioestimulantes del crecimiento vegetal, y especial énfasis ha cobrado la utilización de bacterias rizosféricas del género *Azotobacter* y *Glomus sp.*; debido fundamentalmente al papel

crucial que estas cumplen en la nutrición vegetal y su influencia en la actividad fisiológica de las plantas. Con el uso de biofertilizantes se han obtenido resultados muy alentadores en casi todos los cultivos agrícolas de interés agroeconómico y se ha acortado eficientemente el ciclo y el tiempo de cosecha de los mismos, incrementándose los rendimientos entre un 30 y un 50 %; lo que ha conllevado a una sustitución entre un 70 y un 80 % del fertilizante nitrogenado (Dibut, 2000).

En nuestro país y en el mundo se han realizado numerosas investigaciones acerca del efecto de estos bioproductos en el cultivo del tomate, y se han alcanzado resultados muy positivos; pero aún estos no son suficientes para resolver esta problemática.

## **CAPÍTULO II**

### **OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

#### **2.1. Objetivos**

##### **2.1.1. Objetivo general**

Determinar el efecto de la aplicación de nitrógeno y *Azotobacter chroococcum* en el rendimiento del fruto de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) variedad Galilea en el CEA III “Los Pichones”.

##### **2.1.2. Objetivo específico**

Determinar la cantidad adecuada de nitrógeno en el rendimiento de frutos de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) variedad Galilea en el CEA III “Los Pichones”.

Determinar la cantidad adecuada de *Azotobacter chroococcum* en el rendimiento de frutos de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) variedad Galilea en el CEA III “Los Pichones”.

## **2.2. Hipótesis**

### **2.2.1. Hipótesis general**

La aplicación de nitrógeno y *Azotobacter chroococcum* influirán significativamente en el rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) variedad Galilea en el CEA III “Los Pichones”.

### **2.2.3. Hipótesis específica**

Existe una cantidad adecuada de nitrógeno en rendimiento de frutos de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) variedad Galilea en el CEA III “Los Pichones”.

Existe una cantidad adecuada de *Azotobacter chroococcum* en el rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) variedad Galilea en el CEA III “Los Pichones”.

## **3.3. Variables**

### **Variables independientes**

Niveles de nitrógeno (**N**)

Dosis de *Azotobacter* (**A**)

## Variable dependiente

Rendimiento del cultivo de tomate (Y)

**Tabla 1. Operacionalización de variables**

<b>Variables</b>	<b>Indicador</b>
<b>Variables independientes</b>	
Nitrógeno	kg/ha
<i>Azotobacter</i>	g/ha
<b>Variables dependiente</b>	
Rendimiento de tomate	t/ha

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

#### **3.1. La biofertilización**

El término biofertilizante puede definirse como preparados que contiene células microbianas vivas o latentes que se usan para mejorar la fertilidad del suelo como las bacterias fijadoras de nitrógeno solubilizadores de fósforo, potencializadoras de diversos nutrientes o productos de sustancias activas (Peña, 1992).

##### **3.1.1. Características de los biofertilizantes**

La planta mejora su capacidad en la adquisición de agua y nutrientes a partir del suelo, así como su nivel de tolerancia a situaciones de estrés (sobre todo a la sequía) mientras que la bacteria obtiene sustratos carbonados procedentes de la fotosíntesis. En ambientes con deficiencia de agua y nutrientes las hifas externas pueden conducir a un incremento en el crecimiento vegetativo y reproductivo de las especies vegetales (Morales, 2005).

La aplicación práctica de la inoculación de este diazotrófo ha sido positiva, observándose notables incrementos en los rendimientos en diferentes cultivos, principalmente en cereales. Estos resultados obtenidos, especialmente con la inoculación de *Azotobacter chroococcum* y *Azospirillum brasilense*, no deben atribuirse exclusivamente a la ganancia de N<sub>2</sub> por las plantas, ya que estos microorganismos en determinadas condiciones tienen un efecto beneficioso que debe fundamentalmente a la capacidad de solubilizar fosfatos y sintetizar sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal, tales como, vitaminas y hormonas vegetales que intervienen directamente sobre el desarrollo de las plantas (González *et al.*, 2001).

Las bacterias del género *Azotobacter* muestran la doble función de fijar el nitrógeno atmosférico y producir sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal. Se calcula que estas bacterias pueden fijar 40 kg de N/ha, lo que equivale a 200 kg de sulfato de amonio, aunque parte de este es lixiviado por el agua de lluvia y pasa al subsuelo (Morales, 2005).

Entre los fijadores de nitrógeno atmosférico se destacan *Rhizobium sp.* y *Azotobacter sp.*, este último además productor de sustancias estimuladoras del crecimiento. Se desarrolla una tecnología para la producción de *Azospirillum spp.*, para uso en caña de azúcar, arroz,

pastos y otros cultivos. Se cuenta con una tecnología para la producción y el uso de compost a partir de desechos agrícolas cañeros y otros. Se producen micorrizas para optimizar la extracción de nutrientes del suelo (Martins & Castro, 1997).

La producción de estas sustancias por *Azotobacter* se ve influenciada por el estado fisiológico de la bacteria y por la edad de los cultivos, habiéndose demostrado que la presencia de nitrógeno combinado modifica la producción de auxinas y giberelinas. Concretamente la presencia de nitrato inhibe la liberación de auxinas, mientras que en sentido contrario incrementa la producción de giberelinas. La adición de exudados radicales de ciertos cereales colonizados por *Azotobacter*, determinan aumentos significativos en la producción de auxinas, giberelinas y citoquininas, siendo este efecto más evidente cuando los exudados se obtienen de plantas de más de 30 días de crecimiento (González & Lluch, 1992).

También se conocen microorganismos de vida libre que fijan nitrógeno atmosférico como *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Dexia*, *Rhodospirillum*, *Nostoc* y *Anabaena*; conocidos estos dos últimos como algas verde-azules (RAAA, 1999).

### 3.1.2. Ventajas del uso de bacterias como biofertilizantes

- a. Es una fuente de nitrógeno natural y favorece la solubilización de fosfatos: fija el nitrógeno presente en la atmósfera, de manera que quede accesible para la planta y favorece la solubilización de fosfatos y oligoelementos. Permite ahorro de fertilizantes nitrogenados.
- b. Acelera el crecimiento de la planta y raíces: Permite la liberación de citoquininas, auxinas y giberelinas como producto del metabolismo del *Azotobacter sp.*, estas fitohormonas son potenciadoras de la germinación.
- c. Es un suplemento vitamínico para sus plantas: el grupo de las vitaminas C y B juegan un papel importante en la salud de las plantas. *Azotobacter sp.* fabrica y provee suplementos de vitaminas en la zona de las raíces.
- d. Actúa como método de protección contra enfermedades: *Azotobacter sp.* produce antibióticos, que pueden ayudar a prevenir el establecimiento de patógenos, durante el periodo más vulnerable de la planta.
- e. Resisten mejor las sequias y zonas áridas.

- f. Producen enzimas que solubilizan los oligoelementos, ya que se forman alginatos en las raíces de la planta.

Estos microorganismos (*Azotobacter* sp., *Azospirillum* sp. y *Rhizobium* sp.) se pueden inocular o aplicar al suelo para facilitar su multiplicación en el medio, acelerando los procesos microbianos que consumen energía no renovable y que son limpios; es decir, no contaminantes del ambiente de tal forma que se aumente las cantidades de nutrientes para que puedan ser asimilados por las plantas y estimule con mayor rapidez los procesos fisiológicos que influyen sobre el desarrollo y en rendimiento de los cultivos (RAAA,1999).

### **3.1.3. Biofertilizantes de última generación**

En general, se puede decir que el funcionamiento de un ecosistema edáfico depende en gran medida de la actividad microbiana del suelo, dado que los microorganismos protagonizan diversas acciones que producen beneficios para las plantas a las que se asocian (Gutiérrez *et al.*, 2002).

Entre otras acciones, los microorganismos beneficiosos facilitan la captación de nutrientes, producen fitohormonas que favorecen el enraizamiento, protegen a la planta frente a patógenos, descomponen

sustancias tóxicas y mejoran la estructura del suelo (Martins & Castro, 1997).

## **3.2. Nutrición e importancia del nitrógeno**

### **3.2.1. Nitrógeno**

El nitrógeno es un constituyente esencial de toda materia viva de la planta, su rol principalmente radica en:

- Interviene en la formación de proteínas, es constituyente de todo el protoplasma, y por lo tanto, esencial en el crecimiento de la planta.
- Es responsable de la coloración verde de la planta, porque el nitrógeno interviene en la síntesis de la clorofila.
- El suministro del nitrógeno influye fuertemente en la proporción de proteínas a carbohidratos y, por lo tanto, una abundancia de nitrógeno incrementa la turgencia de las células vegetales, originando la formación de las paredes celulares delgadas (Barceló *et al.*, 2001)

### **3.2.2. Características del Nitrógeno**

El nitrógeno es un elemento primordial para las plantas, ya que forma parte de las proteínas y de otros compuestos orgánicos esenciales. En

menor proporción también se encuentra en formas inorgánicas de nitrógeno (amónicos, nitratos y nitritos), aumentando esta proporción cuando se presentan anomalías en el metabolismo que dificultan la síntesis de proteínas. Este elemento constituye un 2 %, aproximadamente, del peso total seco de la planta, concentrándose en los tejidos jóvenes.

A medida que avanza la edad de la planta disminuye el porcentaje de nitrógeno, a la vez que aumenta el contenido de celulosa. Las hojas suelen ser las partes de la planta más ricas en nitrógeno, disminuyendo su contenido a partir de la floración. El nitrógeno es esencial para procesos vitales de la planta, la deficiencia de este elemento afecta a su crecimiento, produciendo una vegetación raquítica; con poco desarrollo, hojas pequeñas y de color verde amarillento. Estas anomalías se producen, en primer lugar, en las hojas más viejas, debido a que este elemento se mueve con facilidad en la planta y se desplaza hacia las hojas más jóvenes. Además, se puede producir una maduración acelerada, con frutos pequeños y de poca calidad, lo que se traduce en un rendimiento escaso.

El exceso de nitrógeno provoca signos contrarios a los originados por la deficiencia. Las plantas adquieren gran desarrollo aéreo, las hojas

toman una coloración verdosa muy oscura y se retrasa la maduración. La calidad de los frutos desciende notablemente. El rápido y vigoroso crecimiento que adquieren las plantas causa una demanda extraordinaria de otros elementos, lo que produciría su deficiencia si no se encuentran disponibles en cantidad suficiente para satisfacer estas demandas. Un exceso de nitrógeno origina una mayor susceptibilidad de la planta a condiciones meteorológicas adversas y enfermedades (Davelouis, 1985).

### **3.2.3. Importancia del nitrógeno**

La importancia del nitrógeno en la planta, entre otros es que; el destino de este elemento dentro de la planta es múltiple. Es un constituyente de muchos compuestos como aminoácidos, proteínas, nucleótidos, coenzimas, etc., más del 70 % del nitrógeno de las hojas están en los cloroplastos, así mismo gran parte del nitrógeno se acumula en las vacuolas de las plantas en forma de amidas (glutamina y asparagina), estos compuestos luego se comportan como fuentes donantes de nitrógeno reducido para la biosíntesis de otros compuestos nitrogenados en la planta (Davelouis, 1995).

### **3.2.4. Fertilizantes y contenido nutritivo**

#### **a. Nitrato de Amonio**

El nitrato de amonio o nitrato amónico concentra un 33,5 % de nitrógeno, es una sal formada por iones de nitrato y de amonio, su fórmula es  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . Se trata de un compuesto incoloro e higroscópico, altamente soluble en el agua (Fuentes, 1994).

El nitrato de amonio se obtiene por neutralización de ácido nítrico con amoníaco tras la evaporación del agua:  $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$

Se utiliza como fertilizante por su buen contenido en nitrógeno. El nitrato es aprovechado directamente por las plantas mientras que el amonio es oxidado por los microorganismos presentes en el suelo a nitrito o nitrato y sirve de abono de larga duración (Fuentes, 1994).

#### **b. Superfosfatos**

El superfosfato concentra 46 % de  $\text{P}_2\text{O}_5$  en superfosfato triple donde también contiene una apreciable cantidad de calcio y azufre. Se presentan generalmente granulados, por ser más fácil su manejo. No conviene mezclarlos con otros productos que lleven cal activa, como nitrato cálcico o cianamida cálcica, sí se puede mezclar con urea y nitrato

amónico. Los mejores resultados de los superfosfatos se obtienen en suelos neutros o ligeramente ácidos (Fuentes, 1994).

### **3.2.5. Procesos de fijación de nitrógeno atmosférico**

El ciclo bioquímico del nitrógeno, el proceso de fijación de  $N_2$  es una etapa reguladora, donde el nitrógeno atmosférico pasa a la forma combinada con hidrogeno para formar amoniaco ( $NH_3$ ) y compensar de esta manera las perdidas por lixiviación y volatización del mismo (Davelouis, 1985).

Existen tres mecanismos o procesos de fijación de nitrógeno, la primera es la fijación espontanea, proceso a partir del cual se obtiene energía por descargas naturales como los relámpagos para originar óxidos de nitrógeno o amoniaco a partir de nitrógeno atmosférico.

Segundo, la fijación industrial química que consiste en la producción de amoniaco y fertilizantes nitrogenados por la industria a partir de nitrógeno del aire mediante el uso de catalizadores químicos por el método de Haber-Bosh.

El tercer y último proceso que aporta mayor cantidad de nitrógeno disponible a los sistemas biológicos es la fijación biológica del nitrógeno (FBN), el cual depende básicamente de la capacidad de algunos

microorganismos de convertir N<sub>2</sub> atmosférico en formas asimilables para las plantas como el amonio (NH<sub>4</sub>) mediante el complejo enzimático de la nitrogenasa (Barceló *et al.*, 2001).

Las bacterias constituyen un peldaño insalvable en la escala biológica de transformación, al proveer nutrientes “adecuados para la vida” y formación de proteínas de excelente calidad en las plantas, las que finalmente servirán de alimento para el hombre (Lázaro, 1999).

### **3.3. *Azotobacter***

#### **3.3.1. Ubicación taxonómica**

Reino: Procariota

Grupo: Protista

Sub grupo: Protistas inferiores

Clase: Esquizomicetes - bacterias

Orden: Eubacteriales

Familia: Azotobacteriaceae

Género: *Azotobacter*

Especie: *Azotobacter Chroococcum*

### **3.3.2. Generalidades del *Azotobacter***

En la actualidad se incluye especies clasificados de acuerdo a sus características morfológicas y fisiológicas como: *Azotobacter chroococcum*, *A. vinelandii*, *A. beijerinckii*, *A. nigricans*, *A. armeniacus*, *A. paspali*, *A. salinestris* (Bergey's, 1994).

### **3.3.3. Algunos microorganismos de fijación biológica de N<sub>2</sub> atmosférico**

La capacidad de fijación de nitrógeno se encuentra en diversos grupos fisiológicos. Estos tienen en común el hecho de ser procariota. La población BFN incluye a los siguientes microorganismos asimbióticas o de vida libre y simbiótica.

#### **De vida libre**

Bacterias aerobias; *Azotobacter*, *Azotomonas*, *Azotococcus*, *Beijerinckia*, *Derxia*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* y *Xanthobacter*.

#### **Asociativas**

Bacterias aerobias; *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Frankia* (actinomiceto), y *Nosioc* (Cianobacteria).

Bacterias anaerobias; *Agrobacterium*, *Azospirillum*, *Bacillus* y *Beikerinckia*.

### **Bacterias fotosintéticas**

*Rhodopseudomonas*, *Rhodomicrobium*, *Rhodospirillum*, *Chromatium* y *Chlorobium*.

Estos microorganismos viven intensamente en la rizósfera y en los suelos desérticos solo se han encontrado en la rizósfera (Bergey's, 1994).

### **3.3.4. Caracteres morfológicos y fisiológicos del *Azotobacter sp.***

Las bacterias del género *Azotobacter* son Gram - negativas que tienen una pared celular compleja que consiste de una membrana externa y una capa interna de peptidoglucano que contiene ácido murámico y murcina, se reproducen por fisión binaria, habitan en suelos rizosféricos (alrededor de raíces) y aguas frescas (Bergey's, 1994).

Son células grandes y ovoides de 1,5 a 2,0  $\mu\text{m}$  que de forma bacilar a cocoide, pleomorficas, solas en pares o agrupados de manera irregular algunas veces en cadenas de un tamaño variable (Bergey's, 1994).

*Azotobacter* no forma endosporas, pero en condiciones adversas forman quistes de resistencia a la desecación y en laboratorio puede

inducirse variando el cultivo en medio de glucosa a uno con B-hidroxibutirato como única fuente de carbono (Paramo, 1999).

Requieren de molibdeno para fijar nitrógeno que puede ser parcialmente reemplazado por vanadio. Son catalasa positiva. El rango de pH en el que crecen en presencia de nitrógeno combinado es de 4,8 a 8,5 el pH óptimo para crecer cuando fijan nitrógeno es de 7,0 a 7,5 son mesófilos y su temperatura óptimo para el crecimiento y fijación de nitrógeno se sitúa entre 28 a 30 °C (Bergey's, 1994).

### **3.3.5. Factores de crecimiento y desarrollo de *Azotobacter sp.***

El tipo de suelo que estimula las mayores poblaciones, son los suelos francos o francos arcillosos, el pH óptimo para el desarrollo de la bacteria varía con la especie (Peña, 1992).

La humedad del suelo también determina la tasa de crecimiento y por ende la tasa de fijación, así las ganancias son insignificantes cuando hay poco agua disponible (Martínez, 1994).

La temperatura del suelo también tiene una gran influencia en su crecimiento, desarrollo y fijación del nitrógeno, a temperaturas bajas hay muy poca actividad, el aumento de temperatura estimula la captación microbiana del gas. Así el proceso se lleva a cabo a temperaturas

moderadas, pero a pocos grados por encima de la temperatura optima que oscila entre los 25 – 35 °C aunque varía con la especie (Paramo, 1999).

### **3.3.6. Mecanismos bioquímicos de la fijación de nitrógeno por *Azotobacter sp.***

Desde el punto de vista bioquímico la fijación biológica de nitrógeno o reducción de  $N_2$  a  $NH_4$  es un proceso que pueden llevar a cabo las azotobacterias gracias a que poseen el complejo enzimático conocido como la “nitrogenasa” la cual está conformada por dos componentes metal proteínas solubles; la proteína molibdoférrica (Mo Fe-prot con un peso molecular de 200,000 Da) es una dinitrogenasa conocida también como componente I y la proteína del hierro (Fe-prot con 60,000 Da es una dinitrogenasa conocida con componente II (Martínez, 1994).

Las bacterias del genero *Azotobacter* muestran la doble función de fijar el nitrógeno atmosférico y producir sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal. Se calcula que estas bacterias pueden fijar 40 kg de N/ha, lo equivale a 200 kg de sulfato de amonio, aunque parte de este es lixiviado por el agua de lluvia y pasa al subsuelo (Martínez, 1994).

### 3.4. Antecedentes

Montesinos (2008), realizó su estudio utilizando cepas de *Azotobacter chroococcum* y niveles crecientes de nitrógeno en la variedad de tomate Río grande mejorado, los resultados señalaron que las dosis de *Azotobacter chroococcum* mas nitrógeno lograron mayor influencia sobre las variables rendimiento, peso del fruto, número de frutos, número de racimos, a diferencia de los tratamientos sin aplicación de *Azotobacter* obtuvieron valores inferiores.

Morales (2005), utilizó concentraciones de *Azotobacter* de 10 %, 20 %, 30 %, 40 % y 50 %, en cultivo de tomate incluyendo el testigo sin aplicación en cultivo de tomate de manera general, se obtuvieron incrementos significativos de la masa seca promedio de la planta (76,8 y 104,9 %); de la masa seca de los frutos por planta (212,83 y 260,53 %), de la masa seca de la parte aérea (81,79 y 110,78 %) y la altura promedio de la planta (13,79 y 32,13 %).

Condori (2003), determinó el efecto de *Azotobacter chroococcum* nativo y de *Azotobacter chroococcum* comercial Azotolam en el desarrollo del cultivo de *Allium cepa* L. (cebolla amarilla dulce) en al Yarada – Tacna donde obtuvo como conclusiones que la inoculación de *Azotobacter* influyó en la altura de planta, longitud radicular, diámetro y peso fresco del

bulbo y que se obtuvo como resultado en todos los parámetros un incremento de 70,9 % y 41,7 % en relación al tratamiento testigo sin inocular.

Arigo *et al.* (2004), reportan en refertilización de lechuga a campo, comparan los efectos de biofertilizantes caseros y de recetas de productores con otros biofertilizantes comerciales y con tratamientos convencionales (urea). Las conclusiones expresan que los biofertilizantes han tenido rendimientos parecidos a aquellos encontrados con tratamientos convencionales y con menor presencia de nitratos en hoja y ningún impacto medio-ambiental. Algunas experiencias con inoculación (siembra) de *pseudomonas* (bacterias que viven en la zona cercana a la raíz) en maíz efectuadas en la localidad de Pergamino, Argentina, afirman haber encontrado diferencias de hasta 700 kg/ha con respecto a los testigos (cultivos sin aplicaciones).

Padilla *et al.* (2004), evaluaron la aplicación de cuatro tratamientos, tres biofertilizantes: Probiótico 1, Probiótico 2, Probiótico 3 y el testigo. Se analizó el efecto de los biofertilizantes sobre los hongos filamentosos y micorrízicos asociados al cultivo, los factores químicos del suelo, rendimiento, calidad y vida de anaquel de melón. El peso, diámetro y número de frutos no mostró variaciones inherentes a la aplicación de los

biofertilizantes. Los factores de calidad evaluados al momento de la cosecha y durante ocho días de vida postcosecha del fruto: firmeza, pérdida de peso, sólidos solubles totales, acidez titulable y pH, tuvieron un comportamiento similar al testigo.

Bacilio (2001), estudió el efecto de la inoculación con *Azotobacter chroococcum* en la germinación y la altura de las plántulas en dos leguminosas: *Centrosema pubescens* cv. CIAT-423 y *Leucaena leucocephala* cv. CNIA-250 y en dos gramíneas: *Cenchrus ciliaris* cv. *Biloela* y *Panicum maximum* cv. Likoni. El inóculo de *Azotobacter* fue añadido diluyendo 1:40 (v/v) el caldo de cultivo con concentración superior a 10 1UFC/ml en agua. *C. pubescens* y *L. leucocephala* no mostraron marcados efectos en el incremento de la germinación al ser inoculados, aunque existió cierta tendencia a aumentar con respecto al tratamiento no inoculado; se produjeron incrementos de 3,7 y 2,2 % respectivamente a los 28 días después de la siembra y un ligero aumento en la altura de las plántulas.

Loayza (2007), en su trabajo de investigación utilizando cepas de *Azotobacter chroococcum* + nitrógeno combinado con materia en un cultivo de pepinillo obtuvo mayor rendimiento en comparación a los tratamientos sin aplicación de *Azotobacter chroococcum* por lo que la

combinación de ambos factores influyó en forma superior por su acción estimuladora.

Martínez (2008), en su trabajo de investigación en cultivo de pprika, utilizó cepas de *Azotobacter chroococcum* combinada con niveles crecientes de nitrógeno y sin aplicación de *Azotobacter* los mejores resultados en las variables de estudio peso seco, peso fresco, número de frutos, y altura de planta lo obtuvo con la aplicación de *Azotobacter* + niveles crecientes de nitrógeno habiéndose demostrado que la presencia de nitrógeno combinado modifica la producción de auxinas y giberelinas.

### **3.5. Generalidades del cultivo de tomate**

#### **3.5.1. Origen**

La planta del tomate es originaria del oeste de Sudamérica, específicamente de la región de los Andes, de una amplia zona que comprende desde Ecuador hasta Chile y Bolivia, su cultivo se extendió por Centroamérica el actual territorio mexicano antes de la llegada de los europeos. Estos frutos nativos y silvestres eran como pequeñas bayas, predominaban los de color amarillo y verde en vez de rojo (Anderline, 1989).

### **3.5.2. Taxonomía**

Reino: Vegetal

División: Fanerógama

Subdivisión: Angiosperma

Clase: Dicotiledónea

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Sub familia: Solanoideae

Tribu: Solaneae

Género: *Lycopersicum*

Especie: *Lycopersicum esculentum* Mill.

### **3.5.3. Botánica**

#### **3.5.3.1. Raíz**

La parte radicular puede ser modificado por las prácticas de cultivo, cuando se deriva de siembra directa es pivotante cuando sometidas a trasplante pierden el extremo de la raíz central desarrollando así una densa masa de raíces adventicias en forma superficial localizada fundamentalmente entre 5 y 25 cm de profundidad (Anderline, 1996).

### **3.5.3.2. Tallo**

El tallo del tomate es anguloso, recubierta en toda su longitud de pelos perfectamente visibles, mucho de los cuales, al ser de naturaleza glandular, le confieren a la planta un olor característico. De crecimiento determinado, puesto que se detiene a consecuencia de la formación de la inflorescencia terminal (Chamarro, 1995).

### **3.5.3.3. Hojas**

Las hojas se disponen sobre los tallos alternadamente y son compuestas imparipinnadas constituidas por 7 a 9 folíolos lobulados o dentados (Chamarro, 1995).

### **3.5.3.4. Flores**

La floración de tomate se produce en forma de racimos simples o ramificados (distintos tipos de cimbras) en diferentes pisos o estratos, siendo lo normal que en cada inflorescencia puede haber 3 a 10 flores. Los racimos simples se ubican en la parte inferior de la planta y son los primeros en formarse, los racimos ramificados se forman en uno o varios ejes (Chamarro, 1995).

### **3.5.3.5. Fruto**

El fruto del tomate es una baya cuadrada, de color rojo intenso en la maduración, pedúnculo desprendible usado en la industria y consumo fresco, posee de 4,8 a 5,5 °brix (Anderline, 1996).

### **3.5.3.6. Semilla**

La semilla de tomate es pequeña mide 3 y 5 mm de diámetro, tiene forma discoidal y su color es café o grisáceo.

Un gramo contiene 250 a 280 semillas. Es una semilla que en condiciones normales puede mantener un alto poder germinativo por cuatro años (Anderline, 1996).

### **3.5.4. Características de la variedad Galilea**

Esta variedad le permite al agricultor sembrar casi todo el año, posee un color rojo intenso y brillante, extra duro y larga vida post cosecha.

#### **Especificaciones:**

1. Planta muy vigorosa
2. Frutos tipo Rio Grande

3. Frutos carnosos, de muy buena firmeza y larga vida postcosecha
4. Alto rendimiento, frutos de gran tamaño y peso
5. Alto porcentaje de primeras
6. Color rojo brillante intenso
7. Buen cuaje a bajas temperaturas
8. Con resistencia a *Verticillium*, *Fusarium* (Raza 1 y 2), ToMV, Nematodos, TSWV y *Pseudomonas*

### **3.5.5. Requerimientos edafoclimáticos**

#### **3.5.5.1. Temperatura**

La temperatura óptima para su desarrollo se sitúa entre 21 y 24 °C como promedio. Las máximas no deben sobrepasar de 37 °C y las mínimas no deben ser inferiores a 15 °C. La temperatura nocturna puede ser determinante en el cuaje de frutos y debe oscilar entre 15 y 20 °C (Nuez, 2001).

### **3.5.5.2. Humedad**

La humedad relativa óptima para el cultivo oscila entre 60 % y un 80 %, humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades fungosas y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores (Von Haef, 1990).

### **3.5.5.3. Luminosidad**

Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de floración, fecundación así como el desarrollo vegetativo de la planta.

La poca luminosidad afecta el proceso de floración fecundación y el desarrollo vegetativo de la planta. La luminosidad mínima es 1500 horas luz/año (Aderline, 1989).

### **3.5.5.4. Suelo**

La planta de tomate es muy exigente en cuanto a suelos excepto en lo que se refiere al drenaje, aunque prefiere suelos sueltos de textura silíceo - arcillosa y ricos en materia orgánica. En cuanto el pH los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligeramente alcalinos cuando están enarenados (Matamoros, 1990).

### **3.5.6. Fertilización**

Los principales nutrientes del suelo que ocupa el cultivo de tomate son: nitrógeno, el fosforo y potasio, las hortalizas prefieren suelos con alto contenido de materia orgánica, el cual se puede mantener e incrementar a través de buenas técnicas de manejo agronómico y con adicción regular de fuentes de materia orgánica manejados adecuadamente, de esta forma se logra maximizar la eficiencia de la aplicación de nutrientes, como el aporte necesario que requiere el cultivo (Von Haef, 1990).

### **3.5.7. Cosecha**

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. La primera cosecha se realiza entre los 85 a 90 días después de siembra (Aderline, 1989).

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **4.1. Tipo de investigación**

La investigación fue de tipo experimental.

#### **4.2. Población y muestra**

##### **4.2.1. Población**

La población estuvo constituida por plantas de tomate variedad Galilea.

##### **4.2.2. Muestra**

Para la muestra se eligieron 5 plantas en forma aleatoria de cada unidad experimental.

#### **4.3. Material experimental**

Como material experimental se utilizaron plantas de tomate variedad Galilea, urea como fuente nitrogenada y *Azotobacter chroococcum*.

#### 4.4. Características del suelo

**Tabla 2. Análisis Físico – Químico del suelo experimental**

Análisis físico	Resultados
Arena	46,4 %
Limo	42,6 %
Arcilla	11%
Textura	Franco

Análisis químico	Resultados
pH	5,52
CE	9,71 mS/cm
CaCO <sub>3</sub>	0,0%
MO.	2,13%
N	0,085%
P	63,35 ppm
K	2,250 ppm
CIC.	17,80 me/100 g
PSI	9,27%

Fuente: Laboratorio de Análisis Químicos & Servicios E. I. R. L. (Arequipa- 2015).

La tabla 2, análisis físico-químico del suelo experimental, en el que se observa que el pH fue de 5,52 la cual es clasificada como moderadamente ácido; el mejor pH para la mayoría de las plantas oscila entre 6,7 a 7,2 es decir neutro.

El pH influye especialmente sobre la disponibilidad de nutrientes (fósforo, potasio, hierro, cobre, boro, etc.) que hay en el suelo para que lo puedan tomar las raíces de las plantas, a esto se llama solubilidad y todo depende del pH.

Se ha observado en la determinación común, que para pH menores a 5,5 se puede sospechar la presencia de aluminio intercambiable, aunque esto es más probable cuando el pH es igual o inferior a 4,5.

Los suelos fuertemente ácidos tienen valores de pH menores a 5,5 y presentan a su vez problemas de toxicidad por aluminio, hierro y manganeso, toxinas orgánicas y un escaso aprovechamiento de nitrógeno y boro por las plantas. La conductividad eléctrica nos mide la cantidad total de sales solubles, la muestra ha sido clasificada como muy salina.

El nitrógeno fue bajo, el fósforo y el potasio fue muy alto.

Estos suelos presentan características físicas ideales para el desarrollo satisfactorio de los cultivos, son los más ideales y aptos para la producción agrícola. Su capacidad de retención de la humedad es satisfactoria, su riqueza y disponibilidad de nutrimentos es buena. Los suelos de esta textura, son ideales.

Para la obtención de altos rendimientos, alta productividad y para mantener su fertilidad en condiciones óptimas, se requiere ejecutar trabajos de un buen manejo de suelos.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC), fue medio, esta es una propiedad del suelo que se relaciona con la disponibilidad de nutrientes

para la planta y es una medida de la fertilidad potencial del suelo. El porcentaje de sodio intercambiable (PSI), que es la cantidad de sodio absorbido por las partículas de suelo, los ha clasificado como suelos ligeramente sódicos lo que no es favorable, porque el sodio cuando es elevado tiene efecto adverso sobre la estructura del suelo; en este caso las partículas de arcilla están dispersas, por tanto, la capacidad de oxigenación en la zona radicular no es buena para el crecimiento normal de las plantas.

#### 4.5. Datos Meteorológicos

**Tabla 3. Temperatura, humedad relativa, precipitación y heliofanía registradas en el período experimental**

Meses	Temperatura (°C)		Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)	Heliofanía
	Máxima	Mínima			
Abril	24,30	12,80	73,00	0,00	8,80
Mayo	21,90	12,70	78,00	0,20	5,70
Junio	19,70	10,80	80,00	0,40	5,00
Julio	18,90	10,00	82,00	0,90	5,60

Fuente: SENAMHI – TACNA (2015)

La tabla 3, muestra los registros meteorológicos durante la etapa del experimento en los meses de abril a julio donde la mayor temperatura se registró en el mes de abril con 24,30 °C y la mínima en el mes de julio con 10,0 °C, la humedad relativa, el máximo, se registró en el mes julio con 82 %, y la mínima en el mes de abril con 73 %; la precipitación, el mayor

promedio se obtuvo en el mes de julio con 0,9 mm y el menor promedio en el mes de abril con 0,0 mm. El mayor promedio de heliofanía se registró en el mes de abril con 9,3 y el menor promedio en el mes de junio con 5,0.

#### **4.6. Factores de estudio**

Los factores a estudiar en la presente investigación fueron los siguientes:

Factor A: Niveles de nitrógeno (kg/ha)

$a_0$ : 0,0 (testigo)

$a_1$ : 150

$a_2$ : 200

$a_3$ : 250

Factor B: Dosis de *Azotobacter* (g/ha)

$b_0$ : 0,0 (testigo)

$b_1$ : 200

$b_2$ : 250

$b_3$ : 300

**Tabla 4. Combinación de los tratamientos en estudio**

<b>Niveles de nitrógeno</b>	<b>Dosis de <i>Azotobacter</i></b>	<b>Tratamientos</b>
a <sub>0</sub>	b <sub>0</sub>	t <sub>1</sub>
	b <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>
	b <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>
	b <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>
a <sub>1</sub>	b <sub>0</sub>	t <sub>5</sub>
	b <sub>1</sub>	t <sub>6</sub>
	b <sub>2</sub>	t <sub>7</sub>
	b <sub>3</sub>	t <sub>8</sub>
a <sub>2</sub>	b <sub>0</sub>	t <sub>9</sub>
	b <sub>1</sub>	t <sub>10</sub>
	b <sub>2</sub>	t <sub>11</sub>
	b <sub>3</sub>	t <sub>12</sub>
a <sub>3</sub>	b <sub>0</sub>	t <sub>13</sub>
	b <sub>1</sub>	t <sub>14</sub>
	b <sub>2</sub>	t <sub>15</sub>
	b <sub>3</sub>	t <sub>16</sub>

Fuente: Elaboración propia.

## **4.7. Variables de respuesta**

### **4.7.1. Altura de planta**

Se midió la altura de la planta con cinta métrica desde la base hasta la parte apical, en 5 plantas al azar por unidad experimental.

### **4.7.2. Porcentaje de cuajado de frutos**

Se evaluó tomando 5 plantas al azar de cada unidad experimental cuando alcanzaron el 50 % del cuajado.

#### **4.7.3. Número de frutos por planta**

Se realizó el conteo de frutos de 5 plantas seleccionadas al azar por unidad experimental, luego se promedió para obtener el número de frutos por planta.

#### **4.7.4. Número de racimo por planta**

Se realizó el conteo de racimos florales de 5 plantas seleccionadas aleatoriamente de cada unidad experimental, posteriormente se promedió.

#### **4.7.5. Número de frutos por racimo**

Se efectuó el conteo de frutos por racimo de 5 plantas seleccionadas al azar por unidad experimental.

#### **4.7.6. Peso promedio de fruto unitario**

Se seleccionaron 25 frutos al azar por unidad experimental y se obtuvo el promedio para el peso de fruto unitario.

#### **4.7.7. Peso promedio de fruto por planta**

Se registró el peso de frutos de 5 plantas tomadas aleatoriamente por unidad experimental, luego se promediaron para obtener el peso de fruto por planta, utilizando una balanza de precisión.

#### **4.7.8. Diámetro polar de fruto**

Se determinó midiendo el diámetro polar de 25 frutos al azar por unidad experimental con la ayuda de un vernier, esta observación se realizó después de cada cosecha.

#### **4.7.9. Diámetro ecuatorial de fruto**

Se observó el diámetro ecuatorial de 25 frutos al azar por unidad experimental con la ayuda de un vernier, esta evaluación se realizó después de cada cosecha.

#### **4.7.10. Rendimiento t/ha**

Se determinó pesando todos los frutos cosechados de cada unidad experimental y se llevó a hectárea.

### **4.8. Diseño experimental**

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con estructura factorial de 4x4 y cuatro repeticiones.

#### **4.8.1. Características del campo experimental**

El campo experimental presentó las siguientes características:

### **A. Campo experimental**

- Largo: 23 m
- Ancho: 20 m
- Área total: 460 m<sup>2</sup>

### **B. Bloques**

- Largo: 23 m
- Ancho: 5 m
- Área: 115 m<sup>2</sup>

### **C. Unidad experimental**

- Largo: 5,0 m
- Ancho: 1,5 m
- Área: 7,5 m<sup>2</sup>

Número de líneas por unidad experimental: 1

Separación entre líneas: 1,5 m

Distanciamiento entre plantas : 0,50 m

#### 4.9. Aleatorización de tratamientos en el campo



Figura 1. Aleatorización de los tratamientos en el campo experimental

Fuente: Elaboración propia

#### 4.10. Análisis estadístico

Para el análisis de datos se utilizó la técnica del análisis de varianza, la prueba estadística fue F al nivel de significación de 0,05 y 0,01; para relacionar las variables se utilizó el análisis de regresión lineal.

#### 4.11. Conducción del experimento

##### 4.11.1. Medición de la parcela experimental

Se realizó el muestreo de suelo del campo experimental para su análisis; posteriormente se realizaron las siguientes labores: limpieza de restos de vegetales (rastros) que quedaron de la campaña anterior,

luego se procedió a la roturación del suelo con la ayuda de un pico con el que se consiguió el mullido del suelo, posteriormente se incorporó materia orgánica (estiércol) 20,0 t/ha; e inmediatamente se incorporó el abono de fondo de acuerdo a la fórmula de abonamiento y finalmente se repasó con un rastrillo con la finalidad de que el terreno quede nivelado.

#### **4.11.2. Tendido de las cintas de riego**

El tendido de las cintas de riego se realizó en forma manual a lo largo de cada banda lineal usándose 16 líneas de riego, posteriormente se realizó los riegos respectivos a fin de acelerar la descomposición de la materia orgánica.

#### **4.11.3. Preparación de almácigos**

El sustrato que se utilizó fue turba y se procedió a llenar las bandejas de germinación.

#### **4.11.4. Siembra en almácigo**

La siembra se realizó en cada bandeja aproximadamente de 0,01 a 0,02 m de profundidad donde se colocó una sola semilla de tomate, cubriéndose con el mismo sustrato.

#### **4.11.5. Trasplante**

El trasplante se efectuó cuando las plántulas alcanzaron 12 a 15 cm de altura; el distanciamiento entre golpes fue de 0,50 m y 1,5 m entre líneas. Se efectuó en forma manual a un costado de la cinta de riego, se colocó una plántula por golpe, terminada esta labor se realizó el riego y fumigación respectiva.

#### **4.11.6. Riego**

Se utilizó el sistema de riego localizado de alta frecuencia (RLAF), conocido como riego por goteo, para ello se requirió de cintas de riego con emisores de 20 cm.

#### **4.11.7. Aplicación de *Azotobacter***

La aplicación de *Azotobacter chroococcum* se realizó a los 20 días del trasplante mediante el método llamado drench, a una dosis de 1g por 1 litro de agua, considerando la dosis para cada tratamiento.

#### **4.11.8. Deshoje**

Consistió en eliminar las hojas muy viejas o manchadas por enfermedades para mejorar la ventilación y para disminuir la presencia de enfermedades.

#### **4.11.9. Fertilización**

Para los requerimientos nutricionales del cultivo de tomate se empleó los niveles de nitrógeno de 0,0; 200; 250 y 300 kg/ha; para el abonamiento de fondo se usó fósforo ( $P_2O_5$ ) 180 kg/ha y potasio ( $K_2O$ ) 160 kg/ha, la cual se realizó al momento de la preparación del terreno, a diferencia del tratamiento nitrógeno que se aplicó a los 30 y 60 días después del trasplante.

#### **4.11.10. Control de malezas**

Las malezas que se presentaron fueron:

- *Cynodon dactylon* (grama china)
- *Paspalum notatum* ( grama dulce)
- *Bidens pilosa* ( amor seco)
- *Malva sylvestris* ( malva dulce)
- *Portulaca oleracea* (verdolaga)

El control se efectuó manualmente cuando las malezas alcanzaron una altura de 5 a 10 cm y se realizó cada 15 días.

#### **4.11.11. Control de plagas y enfermedades**

Las plagas que se presentaron fueron las siguientes:

- *Agrotis ipsilon*, (gusano de tierra) se controló haciendo aplicación de Clorpirifos (Lorsban) a razón de 0,5 l/cil.
- *Liriomyza huidobrensis*, (mosca minadora) se controló con la aplicación de Abamectina (Abamex) a razón de 0,25 l/cil.
- *Tuta absoluta*, (polilla del tomate) se controló con la aplicación de Clorfenapir (Sunfire) a razón de 0,25 l/cil.
- *Bemisia tabaci*, (mosca blanca) se controló haciendo la aplicación de Acetamiprid (Trimmex) a razón de 100 g/cil.

Las enfermedades que se presentaron fueron las siguientes:

- *Rhizoctonia solani*, (chupadera fungosa) se controló con la aplicación de Carbendazim (Protexin) a razón de 0,5 l/cil.
- *Phytophthora infestans*, (mancha azul) se controló con Metalaxyl (Fitoklin) a razón de 0,25 g/cil.
- *Leveillula taurica*, (oidium) se controló con Triadimenol (Bayfidan) a razón de 0,15 l/cil.
- *Botrytis cineria*, (pudrición gris) se controló haciendo la aplicación de Carbendazim (Protexin) a razón de 0,5 l/cil.

#### **4.11.12. Cosecha**

Se realizó a los 120 días después del trasplante cuando los frutos alcanzaron su madurez fisiológica y comercial, para lo cual se utilizaron jabas de plástico de 20 kg de capacidad y luego se tomaron los datos para el análisis estadístico.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1. Altura de planta (m)

**Tabla 5. Análisis de varianza de altura de planta**

F de V	GL	SC	CM	Fc	F $\alpha$ 0,05	F $\alpha$ 0,01	
Bloques	3	0,0029	0,0010	2,3381	2,8115	4,2492	ns
Nitrógeno	3	0,8902	0,2967	710,4568	2,8115	4,2492	**
<i>Azotobacter</i>	3	0,0052	0,0017	4,1138	2,8115	4,2492	*
NA	9	0,0064	0,0007	1,7096	2,0958	2,8301	ns
Error exp	45	0,0188	0,0004				
TOTAL	63	0,9235					

CV= 5,81 %

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5, el análisis de varianza de altura de planta indica que no hubo diferencias entre bloques; para el factor nitrógeno resultó altamente significativo, para el factor *Azotobacter* resultó significativo, en tanto que la interacción de nitrógeno por *Azotobacter* no fue significativo, lo que hace pensar que los factores actúan independientemente en la altura de planta de tomate. El coeficiente de variabilidad fue de 5,81 %.

El factor nitrógeno y *Azotobacter* fueron cuantitativos, por lo que se estableció el modelo de regresión lineal considerando la dispersión de puntos.

**Tabla 6. Análisis de regresión de altura de planta**

F de V	gl	sc	cm	Fc	F $\alpha$
Regresión	1	0,8281	0,8281	538,3269	3,9959 **
Residuos	62	0,0954	0,0015		
Total	63	0,9235			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6, el análisis de varianza de regresión resultó con alta significación estadística, lo que indica que los niveles de nitrógeno y altura de planta están relacionados.

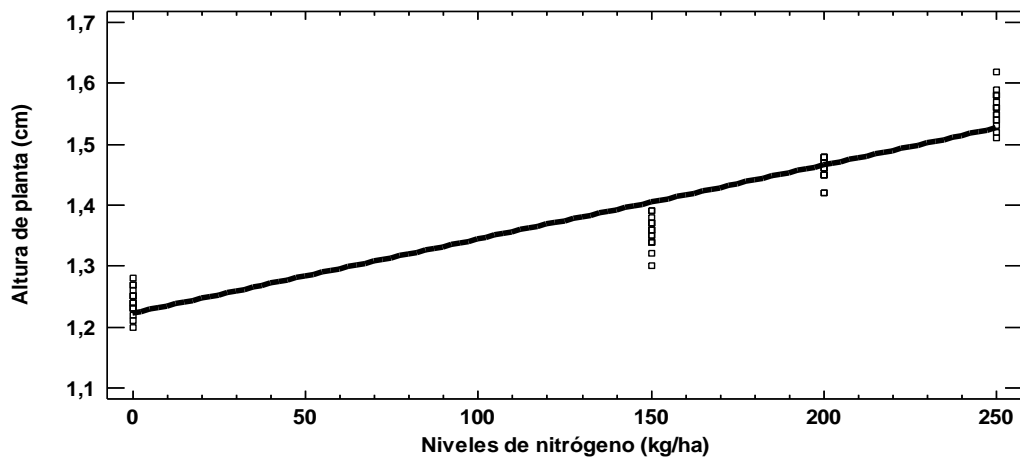
**Tabla 7. Prueba de significación de los coeficientes de regresión**

	Coefficientes	Error típico	t	Probabilidad
Intercepción	1,2215	0,0093	131,8350	1,1996E-77
Nitrógeno	0,0012	0,0001	23,2019	2,8907E-32 **

Fuente: Elaboración propia

Al realizar la prueba de hipótesis del coeficiente de regresión resultó altamente significativo indicando que por cada kg de nitrógeno la altura de planta se incrementa en 0,0012 m; obteniendo la siguiente función de respuesta:

$$\hat{y} = 1,2215 + 0,0012 N$$



**Figura 2. Efecto de niveles de nitrógeno aplicados al suelo en altura de planta de tomate**

Fuente Elaboración propia

En la figura 2, se expresa la tendencia lineal, en la que se observa que al aumentar las unidades de nitrógeno, se incrementa la altura de planta.

## 5.2. Porcentaje de cuajado de frutos (%)

**Tabla 8. Análisis de varianza para porcentaje de cuajado (%)**

F de V	GL	SC	CM	Fc	F $\alpha$ 0,05	F $\alpha$ 0,01	
Bloques	3	63,3125	21,1042	0,8463	2,8115	4,2492	ns
Nitrógeno	3	229,1371	76,3790	3,0628	2,8115	4,2492	*
<i>Azotobacter</i>	3	169,1861	56,3954	2,2615	2,8115	4,2492	ns
NA	9	697,8032	77,5337	3,1091	2,0958	2,8301	*
Error exp.	45	1 122,1875	24,9375				
TOTAL	63	2281,6264					

CV= 7,13 %

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza de porcentaje de cuajado de frutos, tabla 8, se observa que no hubo diferencias entre bloques. El factor nitrógeno, resultó estadísticamente significativo; el factor *Azotobacter* no presentó diferencias significativas, en tanto que la interacción de nitrógeno por *Azotobacter* resultó estadísticamente significativo, el coeficiente de variabilidad fue de 7,13 %.

Al existir la interacción de los factores se consideró un modelo de regresión lineal múltiple, cuyo análisis de varianza de regresión, tabla 9 indica que el modelo considerado fue adecuado.

**Tabla 9. Análisis de regresión de porcentaje de cuajado (%)**

F de V	gl	sc	cm	Fc	F $\alpha$
Regresión	3	334,9778	111,6593	3,4416	2,758 *
Residuos	60	1946,6486	32,4441		
Total	63	2281,6264			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9, el análisis de regresión resultó estadísticamente significativo, lo que indica que la interacción de nitrógeno por *Azotobacter* y el porcentaje de cuajado están relacionados.

**Tabla 10. Prueba de significación de los coeficientes de regresión**

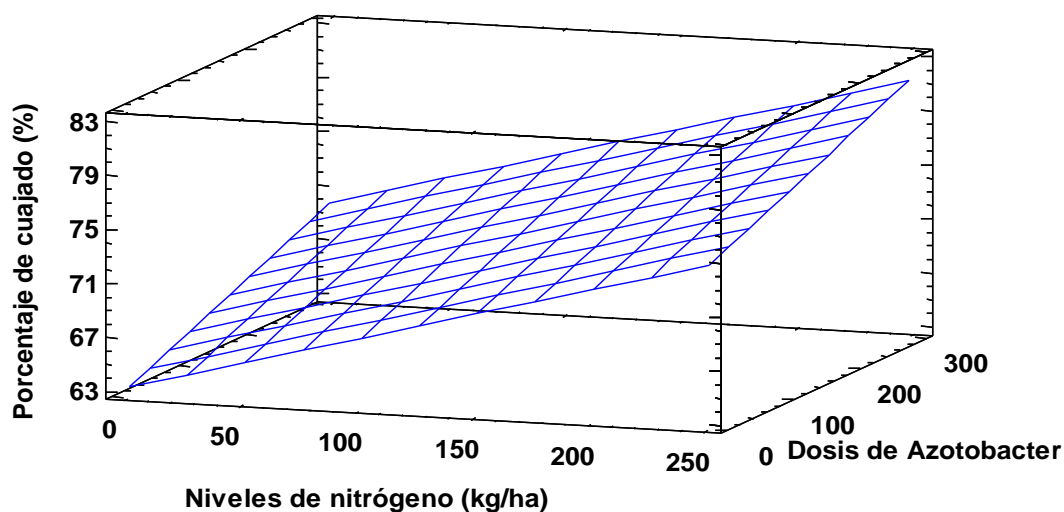
	Coefficientes	Error típico	t	Probabilidad
Intercepción	63,2149	2,5920	24,3884	7,8088E-33
Nitrógeno	0,0456	0,0147	3,1088	0,0028713 **
<i>Azotobacter</i>	0,0225	0,0118	1,9068	0,06133805 *
NA	-0,0001	0,0001	-2,2355	0,02911972 *

Fuente: Elaboración propia

Al realizar la prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión, tabla 10, resultó significativo el efecto lineal de nitrógeno (N) y el efecto de la interacción nitrógeno por *Azotobacter* (NA), cuyo coeficiente fue negativo, lo que indica que al cambiar los niveles de nitrógeno y *Azotobacter* (A) el porcentaje de cuajado se incrementa; obteniendo la siguiente función de respuesta:

$$\hat{y} = 63,2149 + 0,0456N + 0,0225A - 0,0001NA$$

Lo que será útil para la predicción. En la figura 3, se observa la interacción de los factores nitrógeno y *Azotobacter*.



**Figura 3. Interacción de los factores de nitrógeno y *Azotobacter* aplicados al suelo en la variación de porcentaje de cuajado (%)**

Fuente: Elaboración propia

### 5.3. Número de frutos por planta (ud.)

**Tabla 11. Análisis de varianza de número de frutos por planta**

F de V	GL	SC	CM	Fc	F $\alpha$ 0,05	F $\alpha$ 0,01
Bloques	3	15,2500	5,0833	2,8328	2,8115	4,2492 *
Nitrógeno	3	194,625	64,875	36,1533	2,8115	4,2492 **
<i>Azotobacter</i>	3	77,375	25,7917	14,3731	2,8115	4,2492 **
NA	9	59,75	6,6389	3,6997	2,0958	2,8301 **
Error exp.	45	80,75	1,7944			
TOTAL	63	427,75				

CV= 4,61 %

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 11, el análisis de varianza de número de frutos por planta se observa que; existen diferencias significativas entre bloques, el factor nitrógeno, *Azotobacter* y la interacción de ambos factores resultaron altamente significativos. El coeficiente de variabilidad fue de 4,61 %.

Al existir la interacción de los factores se consideró un modelo de regresión lineal múltiple, cuyo análisis de varianza de regresión, tabla 12 indica que el modelo considerado fue adecuado.

**Tabla 12. Análisis de regresión de número de frutos por planta**

F de V	gl	sc	cm	Fc	F $\alpha$
Regresión	3	220,0725	73,3575	21,1937	2,7581 **
Residuos	60	207,6775	3,4613		
Total	63	427,75			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12, el análisis de varianza de regresión indica que los niveles de nitrógeno, *Azotobacter* y la interacción de los factores nitrógeno por *Azotobacter* están relacionados con el número de frutos por planta.

**Tabla 13. Prueba de significación de los coeficientes de regresión**

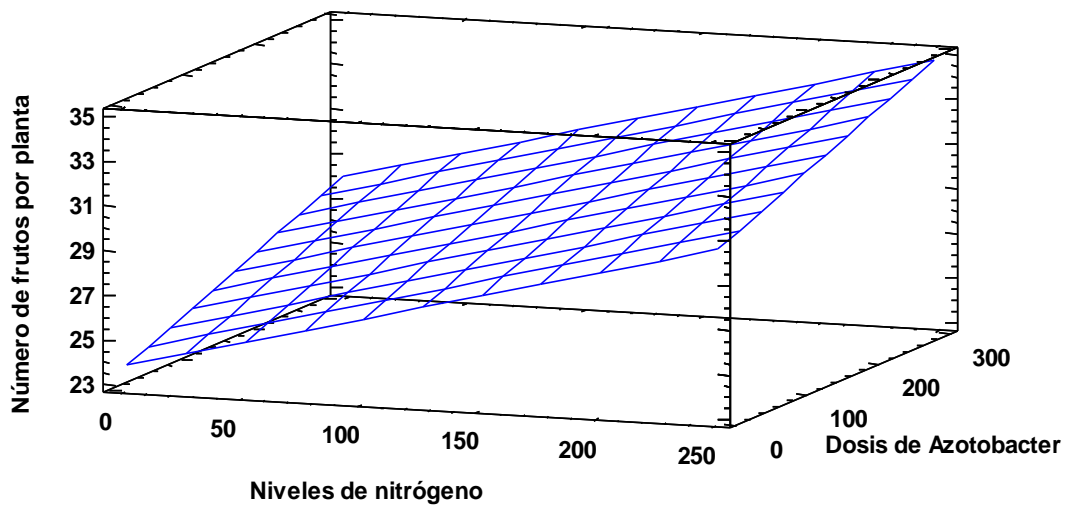
	Coeficientes	Error típico	t	Probabilidad
Intercepción	23,7847	0,8466	28,0939	3,1596E-36
Nitrógeno	0,0268	0,0048	5,5858	5,9697E-07 **
<i>Azotobacter</i>	0,0145	0,0039	3,7586	0,00038937 ns
NA	-0,0001	0,0000	-2,3691	0,02106458 *

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar la prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión, tabla 13, resultó significativo el efecto lineal de nitrógeno (N) y el efecto de la interacción nitrógeno por *Azotobacter* (NA), cuyo coeficiente fue negativo, lo que indica que al cambiar los niveles de nitrógeno y *Azotobacter* el número de frutos por planta también cambia; la función de respuesta fue:

$$\hat{y} = 23,7847 + 0,0268N + 0,0145A - 0,0001NA$$

Lo que será útil para la predicción. En la figura 4, se observa la interacción de los factores nitrógeno por *Azotobacter*.



**Figura 4. Interacción de los factores de nitrógeno y *Azotobacter* aplicados al suelo en la variación de número de frutos por planta**

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4. Número de frutos por racimo (ud.)

**Tabla 14. Análisis de varianza de número de frutos por racimo**

F de V	GL	SC	CM	Fc	F $\alpha$ 0,05	F $\alpha$ 0,01	
Bloques	3	0,9219	0,3073	0,9021	2,8115	4,2492	ns
Nitrógeno	3	1,0469	0,3490	1,0245	2,8115	4,2492	ns
<i>Azotobacter</i>	3	0,9219	0,3073	0,9021	2,8115	4,2492	ns
NA	9	1,6406	0,1823	0,5352	2,0958	2,8301	ns
Error exp	45	15,3281	0,3406				
TOTAL	63	19,8594					

CV= 12,84 %

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14, el análisis de varianza de número de frutos por racimo se observa que entre bloques no se encontraron diferencias estadísticas, para el factor nitrógeno y *Azotobacter* fueron no significativos, la

interacción de nitrógeno por *Azotobacter* ambos factores no existieron diferencias estadísticas. El coeficiente de variabilidad fue de 12,84 %.

### 5.5 Peso unitario de fruto (g)

**Tabla 15. Análisis de varianza de peso unitario de fruto (g)**

F de V	GL	SC	CM	Fc	F $\alpha$ 0,05	F $\alpha$ 0,01
Bloques	3	1 852,6235	617,5412	15,4417	2,8115	4,2492 **
Nitrógeno	3	12 965,9852	4 321,9951	108,0721	2,8115	4,2492 **
<i>Azotobacter</i>	3	98,5508	32,8503	0,8214	2,8115	4,2492 ns
NA	9	685,3796	76,1533	1,9042	2,0958	2,8301 ns
Error exp	45	1 799,6300	39,9918			
TOTAL	63	17 402,1690				

CV= 4,14 %

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15, el análisis de varianza de peso unitario de fruto muestra que existen diferencias altamente significativas para bloques, para el factor nitrógeno resultó altamente significativo, el factor *Azotobacter* y la interacción de nitrógeno por *Azotobacter* no fueron significativos. El coeficiente de variabilidad fue de 4,14 %.

Para el factor nitrógeno, al ser cuantitativo, se estableció el modelo de regresión lineal (tabla 16).

**Tabla 16. Análisis de regresión de peso unitario de fruto**

F de V	gl	sc	cm	F	Fa
Regresión	1	10 075,0676	10 075,0676	90,7637	3,9959 **
Residuos	62	6 882,2005	111,0032		
Total	63	16 957,2681			

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 16, el análisis de varianza de regresión lineal simple resultó altamente significativo, lo que indica que los niveles de nitrógeno y peso unitario de fruto están relacionados.

**Tabla 17. Prueba de significación de los coeficientes de regresión**

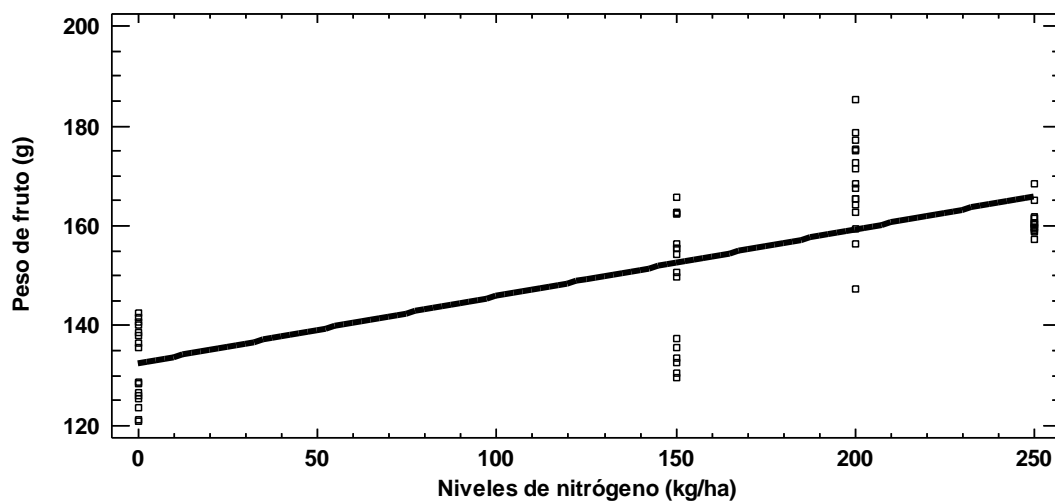
	Coefficientes	Error típico	t	Probabilidad
Intercepción	132,2905	2,4889	53,1532	1,9843E-53
Nitrógeno	0,1341	0,0141	9,5270	9,3765E-14 *

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar la prueba de hipótesis del coeficiente de regresión resultó altamente significativo indicando que por cada kg de nitrógeno el peso unitario de fruto se incrementa en 0,1341 g; obteniendo la siguiente función de respuesta:

$$\hat{y} = 132,2905 + 0,1341N$$

En la figura 5, está expresado la tendencia lineal, en el que se observa que al aumentar las unidades de nitrógeno se incrementa el peso unitario de fruto.



**Figura 5. Efecto de niveles de nitrógeno aplicados al suelo en la variación de peso de fruto unitario de tomate**

Fuente: Elaboración propia

### 5.6. Peso de frutos por planta (kg)

**Tabla 18. Análisis de varianza de peso de frutos por planta**

F de V	GL	SC	CM	Fc	F $\alpha$ 0,05	F $\alpha$ 0,01	
Bloques	3	0,0466	0,0155	0,9312	2,8115	4,2492	ns
Nitrógeno	3	6,3813	2,1271	127,5624	2,8115	4,2492	**
<i>Azotobacter</i>	3	0,1518	0,0506	3,0348	2,8115	4,2492	*
NA	9	0,1606	0,0178	1,0701	2,0958	2,8301	ns
Error exp.	45	0,7504	0,0167				
TOTAL	63	7,4907					

CV= 4,06 %

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18, el análisis de varianza de peso de frutos por planta se observa que para bloques no presentó diferencias, para el factor nitrógeno resultó altamente significativo, el factor *Azotobacter* mostró

diferencias significativas, en tanto que la interacción nitrógeno por *Azotobacter* resultó no significativo, por lo que los factores actúan independientemente en el peso de fruto por planta de tomate. El coeficiente de variabilidad fue de 4,06 %.

El factor nitrógeno y *Azotobacter* fueron cuantitativos, por lo que se estableció el modelo de regresión lineal considerando la dispersión de puntos.

**Tabla 19. Análisis de regresión de peso de frutos por planta**

<i>F de V</i>	<i>gl</i>	<i>sc</i>	<i>cm</i>	<i>F</i>	<i>fa</i>
Regresión	2	6,775	3,1887	174,7289	5,5959E-26 **
Residuos	61	1,1132	0,0182		
Total	63	7,4907			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19, el análisis de varianza de regresión lineal múltiple indica que los niveles de nitrógeno y *Azotobacter* están relacionados con peso de frutos por planta.

**Tabla 20. Prueba de significación de los coeficientes de regresión**

	Coeficientes	Error típico	t	Probabilidad
Intercepción	2,6105	0,0423	61,6779	1,1344E-56
Nitrógeno	0,0033	0,0002	18,5215	9,9582E-27 **
<i>Azotobacter</i>	0,0004	0,0001	2,5318	0,01393937 *

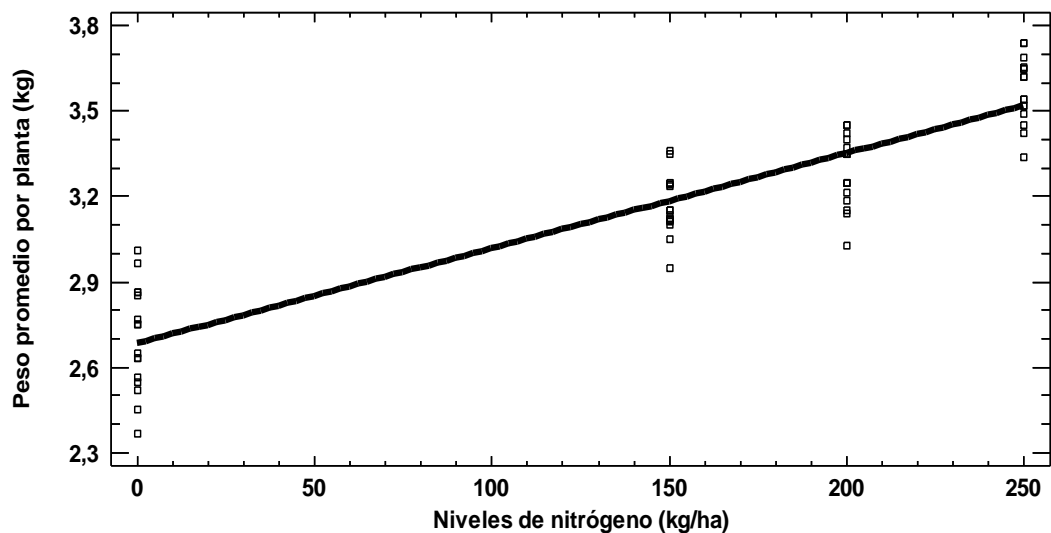
Fuente: Elaboración propia

Al realizar la prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión resultó altamente significativo indicando que por cada kg de nitrógeno (N)

el peso de fruto por planta se incrementa en 0,0033 kg; por cada gramo de *Azotobacter* (A) el peso de fruto se incrementa en 0,0004 kg; obteniendo la siguiente función de respuesta:

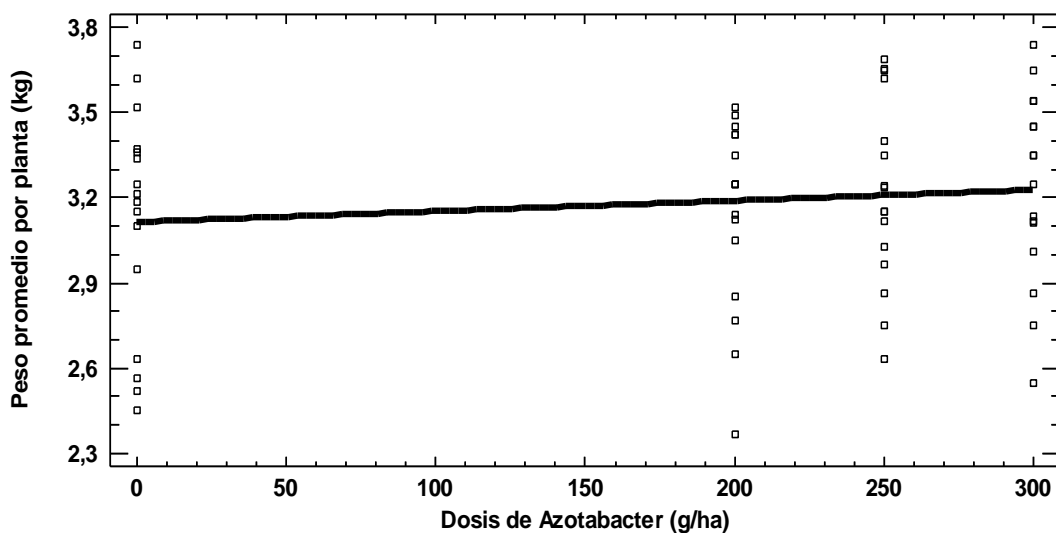
$$\hat{y} = 2,6105 + 0,0033N + 0,0004A$$

En la figura 6 y 7, se expresan la tendencia lineal, en las que se observa que al aumentar las unidades de nitrógeno y *Azotobacter* respectivamente, se incrementa el peso de frutos por planta.



**Figura 6. Efecto de niveles de nitrógeno aplicados al suelo en la variación de peso de frutos por planta**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 7. Efecto de dosis de *Azotobacter* aplicadas al suelo en la variación de peso de frutos por planta**

Fuente: Elaboración propia

### 5.7. Diámetro polar de fruto (cm)

**Tabla 21. Análisis de Varianza de Diámetro Polar (cm)**

F de V	GL	SC	CM	Fc	F $\alpha$ 0,05	F $\alpha$ 0,01	
Bloques	3	0,2122	0,0707	1,7320	2,8115	4,2492	ns
Nitrógeno	3	49,9428	16,6476	407,5946	2,8115	4,2492	**
<i>Azotobacter</i>	3	1,3612	0,4537	11,1090	2,8115	4,2492	**
NA	9	1,5089	0,1677	4,1049	2,0958	2,8301	**
Error exp	45	1,8380	0,0408				
TOTAL	63	54,8631					

CV. 3,08 %

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 21, el análisis de varianza de diámetro polar se observa que no existieron diferencias significativas entre bloques, los factores nitrógeno, *Azotobacter* y la interacción de nitrógeno por *Azotobacter*

resultaron altamente significativos. El coeficiente de variabilidad fue de 3,08 %.

Al existir la interacción de los factores se consideró un modelo de regresión lineal múltiple, cuyo análisis de varianza de regresión, tabla 22 indica que el modelo considerado fue adecuado.

**Tabla 22. Análisis de regresión de diámetro polar de fruto**

F de V	gl	sc	cm	F	Fa
Regresión	3	48,4274	16,1425	150,4957	2,7580783 **
Residuos	60	6,4357	0,1073		
Total	63	54,8631			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 22, el análisis de varianza de regresión resultó altamente significativo, lo que implica que los factores nitrógeno, *Azotobacter* y la interacción de nitrógeno por *Azotobacter* están relacionados con el diámetro polar de fruto.

**Tabla 23. Prueba de significación de los coeficientes de regresión**

	Coefficientes	Error típico	t	Probabilidad
Intercepción	4,699050	0,149036	31,529714	4,7991E-39
Nitrógeno	0,010795	0,000843	12,803801	2,00029782 **
<i>Azotobacter</i>	0,002598	0,000679	3,824208	2,00029782 *
NA	-0,000009	0,000004	-2,329330	2,00029782 *

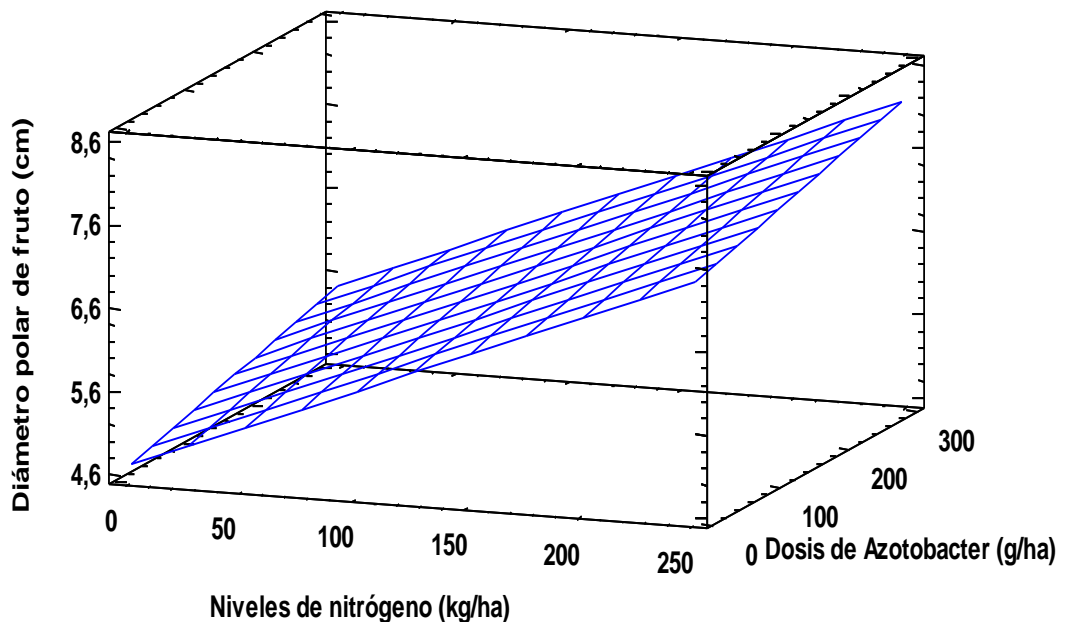
Fuente: Elaboración propia

Al realizar la prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión, tabla 23, resultó significativo el efecto lineal de nitrógeno (N) y el efecto de la

interacción nitrógeno por *Azotobacter* (NA), cuyo coeficiente fue negativo, lo que indica que al cambiar los niveles de nitrógeno y *Azotobacter* el diámetro polar de fruto se incrementa; obteniendo la siguiente función de respuesta:

$$\hat{y} = 4,699050 + 0,010795N + 0,002598A - 0,000009NA$$

Lo que será útil para la predicción. En la figura 8, se observa la interacción de los factores nitrógeno y *Azotobacter*.



**Figura 8. Interacción de los factores de nitrógeno y *Azotobacter* aplicados al suelo en la variación de diámetro polar de fruto**

Fuente: Elaboración propia

## 5.8. Diámetro ecuatorial de fruto (cm)

**Tabla 24. Análisis de varianza de diámetro ecuatorial**

F de V	GL	SC	CM	Fc	F $\alpha$ 0,05	F $\alpha$ 0,01	
Bloques	3	0,2115	0,0705	1,9750	2,8115	4,2492	ns
Nitrógeno	3	19,0360	6,3453	177,7547	2,8115	4,2492	**
<i>Azotobacter</i>	3	0,1258	0,0419	1,1749	2,8115	4,2492	ns
NA	9	0,3231	0,0359	1,0058	2,0958	2,8301	ns
Error exp.	45	1,6064	0,0357				
TOTAL	63	21,3028					

CV. 3,58 %

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 24, el análisis de varianza de diámetro ecuatorial se observa que no existen diferencias entre bloques, para el factor nitrógeno resultó altamente significativo; el factor *Azotobacter* y la interacción de nitrógeno por *Azotobacter* no fueron significativos, su coeficiente de variabilidad fue 3,58 %.

Para el factor nitrógeno, al ser cuantitativo se estableció el modelo de regresión lineal considerando la dispersión de puntos.

**Tabla 25. Análisis de regresión de diámetro ecuatorial de fruto**

F de V	gl	sc	cm	F	f $\alpha$
Regresión	2	18,8891	9,4446	238,6868	1,4273E-29 **
Residuos	61	2,4137	0,0396		
Total	63	21,3028			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 25, el análisis de varianza de regresión resultó altamente significativo, lo cual indica que los niveles de nitrógeno y diámetro polar de fruto están relacionados.

**Tabla 26. Prueba de significación de los coeficientes de regresión**

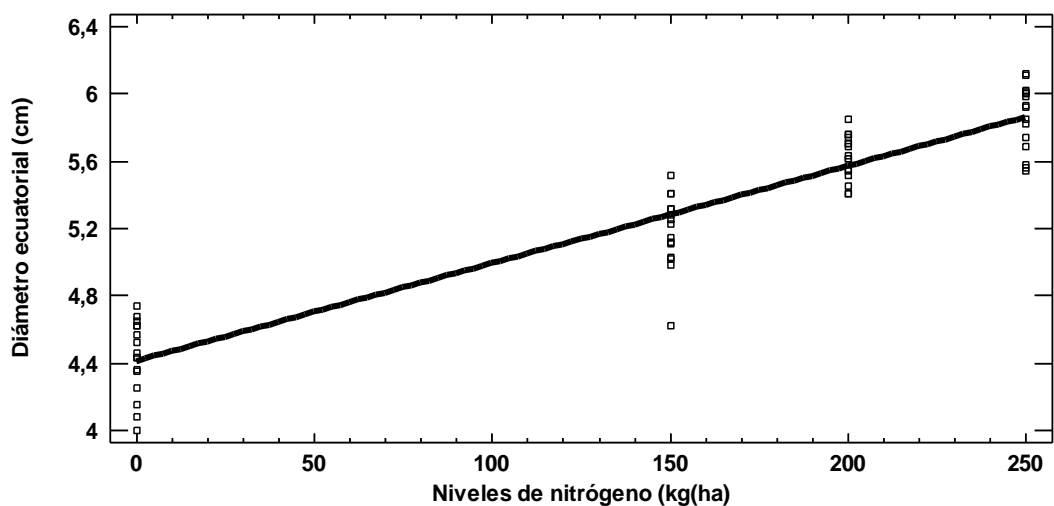
	<b>Coefficientes</b>	<b>Error típico</b>	<b>t</b>	<b>Probabilidad</b>
Intercepción	4,3742	0,0623	70,1870	4,764E-60
Nitrógeno	0,0058	0,0003	21,8330	1,601E-30 **
<i>Azotobacter</i>	0,0002	0,0002	0,8339	0,40758391 *

Fuente: Elaboración propia

Al realizar la prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión resultó altamente significativo indicando que por cada kg de nitrógeno el diámetro ecuatorial del fruto se incrementa en 0,0058 cm; obteniendo la siguiente función de respuesta:

$$\hat{y} = 4,3742 + 0,0058N + 0,0002A$$

En la figura 9, se expresa la tendencia lineal, en la que se observa que al aumentar las unidades de nitrógeno, se incrementa el diámetro ecuatorial del fruto.



**Figura 9. Efecto de niveles de nitrógeno aplicadas al suelo en la variación de diámetro ecuatorial de fruto**

Fuente: Elaboración propia

### 5.9. Rendimiento de frutos (t/ha)

**Tabla 27. Análisis de varianza de rendimiento (t/ha)**

F de V	GL	SC	CM	Fc	F $\alpha$ 0,05	F $\alpha$ 0,01
Bloques	3	36,3213	12,1071	3,3639	2,8115	4,2492 *
Nitrógeno	3	7 317,6590	2 439,2197	677,7196	2,8115	4,2492 **
Azotobacter	3	373,2596	124,4199	34,5692	2,8115	4,2492 **
NA	9	22,2890	2,4766	0,6881	2,0958	2,8301 ns
Error exp	45	161,9621	3,5992			
TOTAL	63	7 911,49102				

CV. 5,09 %

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 27, el análisis de varianza de rendimiento se observa que hubo diferencias estadísticas significativas entre bloques, los factores nitrógeno y *Azotobacter* resultaron altamente significativos, en tanto que

la interacción de nitrógeno por *Azotobacter* resultó no significativo, indicando que los factores actúan independientemente en el rendimiento de tomate. El coeficiente de variabilidad fue de 5,09 %.

Los factores nitrógeno y *Azotobacter* al ser cuantitativos, se estableció el modelo de regresión lineal múltiple considerando la dispersión de puntos.

**Tabla 28. Análisis de regresión de rendimiento de frutos**

F de V	gl	sc	cm	F	Fa
Regresión	2	6 866,4402	3 433,2201	200,3983	3,1478 **
Residuos	61	1 045,0508	17,1320		
Total	63	7 911,4910			

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza de regresión, tabla 28, indica que los niveles de nitrógeno y diámetro polar de fruto están relacionados con el rendimiento de tomate.

**Tabla 29. Prueba de significación de los coeficientes de regresión**

	Coefficientes	Error típico	t	Probabilidad
Intercepción	17,3548	1,2968	13,3828	8,3067E-20
Nitrógeno	0,1081	0,0055	19,5423	6,008E-28 **
<i>Azotobacter</i>	0,0197	0,0045	4,3467	5,3273E-05 **

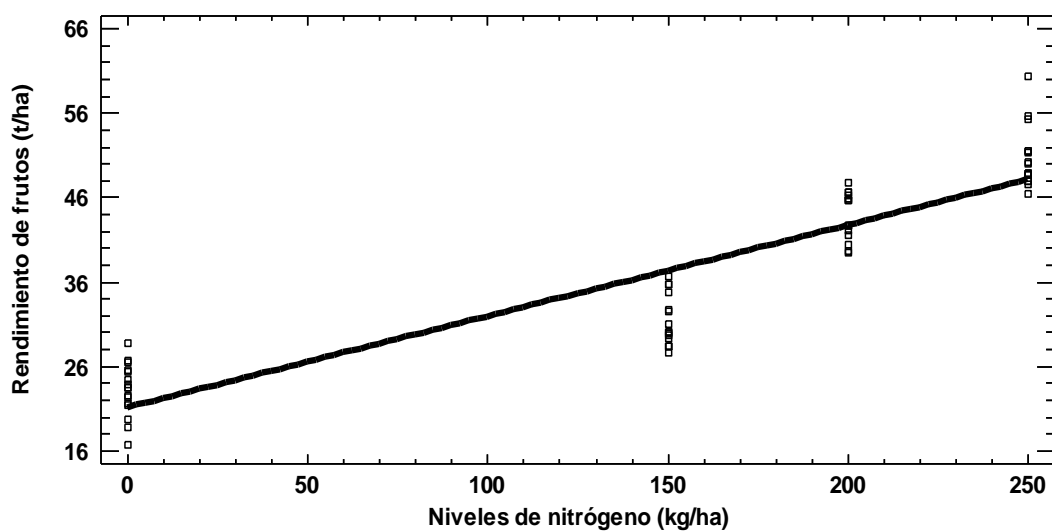
Fuente: Elaboración propia

Al realizar la prueba de hipótesis del coeficiente de regresión resultó altamente significativo indicando que por cada kg de nitrógeno (N) el rendimiento del fruto se incrementa en 0,1081 t/ha; por cada gramo de

*Azotobacter* (A) el rendimiento del fruto se incrementa en 0,0197 t/ha; obteniendo la siguiente función de respuesta:

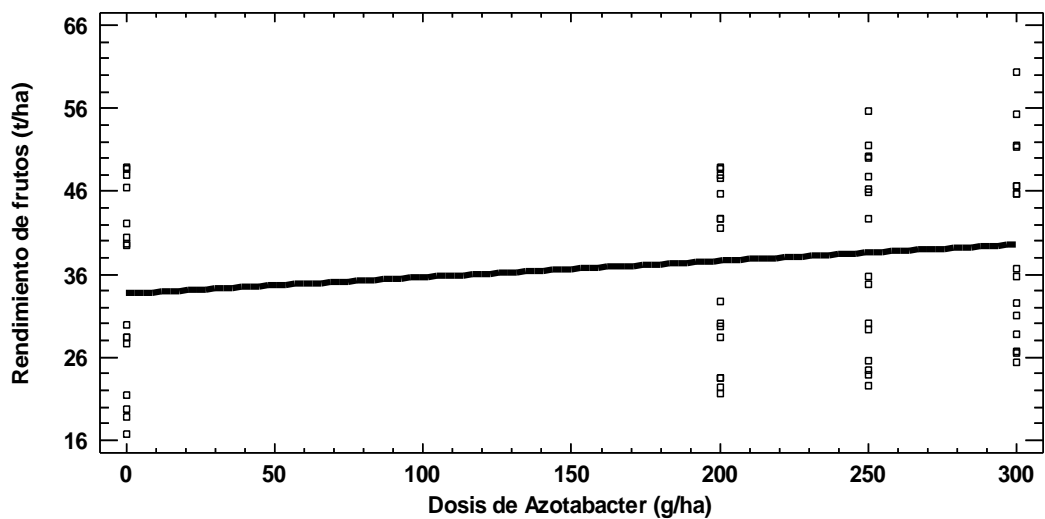
$$\hat{y} = 17,3548 + 0,1081N + 0,0197A$$

En la figura 10 y 11, se expresan la tendencia lineal, en las que se observa que al aumentar las unidades de nitrógeno y *Azotobacter* respectivamente, se incrementa el rendimiento de frutos por planta.



**Figura 10. Efecto de niveles de nitrógeno aplicados al suelo en la variación de rendimiento de frutos**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 11. Efecto de dosis de *Azotobacter* aplicadas al suelo en la variación de rendimiento de frutos**

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en este trabajo están en correspondencia con los reportados por Dibut *et al.* (1990); Acosta & Martínez (1995), quienes coinciden en señalar que la inoculación de *Azotobacter* mejora notablemente el crecimiento y el desarrollo de esta planta hortícola, lo que repercute de manera positiva posteriormente en la producción de materia seca y en los rendimientos agroindustriales de este cultivo.

Por otra parte, Dibut *et al.* (1994), realizaron un experimento acerca del efecto de la inoculación con *A. chroococcum* sobre distintas características fisiológicas de las plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en la fase de semillero y comprobaron que la aplicación de este bioproducto

favoreció el incremento del área foliar y el contenido de pigmentos fotosintéticos (clorofila y carotenoides), lo que produjo a su vez un incremento en la dinámica de crecimiento y en el desarrollo fisiológico de las plantas de este cultivo.

De la Cruz (2014), en su investigación utilizó la variedad Río Grande Mejorado y obtuvo resultados inferiores con *Azotobacter chroococcum* + *Glomus sp.*, con 33,82 t/ha; seguido del tratamiento con Fertilización química con 30,94 t/ha; la menor producción se obtuvo con el tratamiento de *Azotobacter chroococcum* con 27,18 t/ha.

Por otra parte, Morales (2005), utilizando concentraciones de *Azotobacter* de 10; 20; 30; 40 y 50 %, que fueron inoculados en el cultivo de tomate obtuvo, en las plantas inoculadas con *Azotobacter*, una masa seca promedio de la planta de 104,9 %; de la masa seca de los frutos por planta de 260,53 %; de la masa seca de la parte aérea de 110,78 % y de la altura promedio de la planta de 32,13 %.

Sin embargo, Montesinos (2008), utilizando cepas de *A. chroococcum* y niveles crecientes de nitrógenos al inocularlos en las plantas de tomate de la variedad Río grande mejorado encontró que *Azotobacter* tuvo mayor influencia sobre la variable rendimiento, a diferencia de los tratamientos sin aplicación de *Azotobacter* donde obtuvo valores inferiores de *A.*

*chroococcum* en la producción y calidad de cebollas se debe a que esta bacteria es fijadora de nitrógeno; este proceso está catalizado por una enzima compleja denominada nitrogenasa que reduce el gas nitrógeno hasta amonio, el cual es rápidamente convertido en aminoácidos y proteínas. El amonio restante y otros compuestos nitrogenados son eliminados a la rizósfera los cuales son aprovechados por las plantas (Frioni, 1999). Por otra parte, Alarcón & Alarcón (2001), indican que el efecto beneficioso de esta bacteria no solo se debe a su capacidad bioestimulante, sino también a su acción nitrofixadora y a que en sus excreciones metabólicas liberan ciertas proteínas y enzimas que pueden producir modificaciones fisiológicas y metabólicas en las plantas.

Ávila (2009), en su investigación con doce cultivares de tomate de consumo fresco la variedad Galilea registró el mayor peso promedio de frutos con pesos superiores a los 200 g superando estadísticamente el peso promedio obtenido en la presente investigación.

## CONCLUSIONES

1. La respuesta del rendimiento a los diferentes niveles de nitrógeno fue lineal, por lo tanto al incrementar un kg de nitrógeno el rendimiento se incrementa en 0,1081 t/ha.
2. El rendimiento de tomate se incrementó en 0,0197 t/ha al incrementar un gramo de *Azotobacter*.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar trabajos en el cultivo de tomate con dosis de *Azotobacter chroococcum* mayores de 300 g/ha y niveles de nitrógeno mayores de 250 kg/ha, para encontrar el óptimo en el rendimiento.
2. Se recomienda implementar los cursos de agricultura orgánica para obtener profesionales con perspectivas de cambiar la agricultura convencional por una agricultura sana y natural.
3. Reducir el uso indiscriminado de fertilizantes químicos y optar por el uso de biofertilizantes, ya que al tener más inversión obtendrán más ganancias por la calidad del producto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, M., Bousol, A. (1995). *Uso de Biofertilizantes en la fase de adaptación de vitro plantas de papa, banano y caña de azúcar*. Centro Agrícola, 54-67p.
- Aderline, R. (1989). *El cultivo de tomate*. 3ra. Edición. Madrid, España. Ediciones CEAC. 110pp.
- Arigo et al. (2004). *Refertilización de lechuga a campo biofertilizantes caseros y de recetas de productores con otros biofertilizantes comerciales y con tratamientos convencionales (Urea)*.
- Ávila, G. (2009). *Desempeño de doce cultivares de tomate de consumo fresco y once tipos romas y/o proceso evaluados en Comayagua, Honduras*.
- Bacilio-Jiménez, F. J. (2001). Endophytic bacteria in rice seeds inhibit early colonization of roots by *Azospirillum brasilense*. *Soil Biology and Biochemistry*. 33(2):167-172.
- Barceló, J., Nicolás, G., Sabater, B., & Sánchez, R. (2001). *Fisiología Vegetal*. Madrid. Editorial Pirámide.

- Bergey's. (1994). *Manual of determinative bacteriology*. 9na Edition. Baltimore; USA. Jhon G. Holt. 173 pp.
- Chamorro, J. (1995). *Anatomía y fisiología de la planta*. In: Nuez, F. ed. El cultivo del tomate. Madrid, Mundi-Prensa. pp. 44-91
- Chiluvane, A. (1994). *Influencia de diferentes biofertilizantes en el rendimiento del maíz y en el ahorro del nitrógeno*. (Tesis de diploma).
- Condori, D. (2003). *Efecto de Azotobacter chroococcum nativo y del Azotobacter chroococcum comercial Azotolam en el desarrollo del cultivo de Allium cepa L. (cebolla amarilla dulce) en la Yarada – Tacna*. (Tesis Biólogo – Microbiólogo). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú.
- Davelouis, M.E. (1985). *Nutrición y Fertilización de los Cultivos*. Lima, Perú. Edit. La Molina.
- De la Cruz, F. (2014). *Evaluación de repuesta del cultivo de tomate (Lycopersicum esculentum L.) a la inoculación con Azotobacter chroococcum y Glomus sp .en condiciones de campo, en Pocollay*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna.

Dibut, B. et al. (1993). Evaluación de cepas de *Azotobacter chroococcum* aisladas de suelos de Cuba. I Actividad estimuladora del crecimiento vegetal en plántulas de tomate. *Ciencia y Técnica de la Agricultura* (40): 11-16

Dibut, B., Martínez, R., González, R., Delgado, L. y Martín, B. (1994). Evaluación de cepas de *Azotobacter chroococcum*, aisladas de suelos de Cuba. Actividad estimuladora del crecimiento de plántulas de tomate. *Rev. Ciencias de la Agricultura*. (02): 11-16

Domini, María. E. (1996). *Nueva estructura varietal de tomate (Lycopersicum esculentum Mill.) para diferentes épocas de siembras*. (Tesis de Maestría en Ciencias Agrícolas). La Habana.

FAO. (1993). *Desarrollo Agropecuario*. 3ra. Edición. De la dependencia al protagonismo del agricultor. FAO. 140p.

Frioni, L. (1999). *Procesos microbianos*. Primera edición. Editorial: Plant and Soil. Fundación. Universidad Nacional de Río Cuarto. Argentina

Fuentes, J. L. (1994). *El suelo y los fertilizantes*. Servicio de Extensión Agraria. MAPA. Mundi-Prensa. Madrid.

- González, R. (1995). Efectividad de 8 cepas de *Azotobacter sp.* En la fase de adaptación de vitroplantas de piña (*Ananas comusus L.*) Merrer), cv cayena lisa. *Centro Agrícola* 3:68-75.
- Hamdi, Y.A. (1985). *La fijación del nitrógeno en la explotación de los suelos*. Boletín de suelos de la FAO. 49, 188p.
- Hernández, Y., Sarmiento, M., & García, O. (1996). Influencia del método de inoculación con *Azospirillum* en el comportamiento de gramíneas de pastos. *Rev. Cubana de ciencias Agrícolas*. 30:225.
- Lázaro, N. (1999). *Produciendo nuestro propio abono foliar*. Ediciones RAAA. Lima-Perú.
- Loayza, J. (2007). *Efecto de la aplicación de rizobacterias promotoras del crecimiento de plantas (PGPR) Azotobacter sp con niveles de nitrógeno en el rendimiento del fruto del pepinillo (Cucumis sativus) en el fundo Los Pichones C.E.A. III – Tacna*. (Tesis Ing. Agrónomo). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna. 98 pp.
- Martínez, L. (2008). *Efecto de la aplicación del biofertilizante Azotolam (Azotobacter sp.) con niveles crecientes de nitrógeno en el rendimiento del cultivo de ají paprika (Capsicum annum) bajo*

- condiciones del PROTER – Sama.* (Tesis Ing. Agrónomo).  
Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna. 101 pp.
- Martins, M. B., Castro, P. R. (1997). De Morphological and anatomical aspects of fruits of tomato "Angela Gigante"; Submitted to treatments with plant growth regulators. *Bragantia, Campinas.* 56(2): 225-236.
- Martínez, V. (1994). Acción estimuladora de *Azotobacter Chroococcum* sobre el cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en suelo Ferralítico Rojo. Efecto sobre el semillero. *Agrotecnia.* Cuba. 27pp.
- Montesinos, W. (2008) *Efecto de la inoculación de Azotobacter chroococcum en el rendimiento del cultivo de tomate (Lycopersicum esculentum Mill.).* (Tesis Ing. Agrónomo).  
Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna. 110 pp
- Nuez, F. (2001). *El cultivo de tomate.* Madrid, España. Edit. Mundi-Prensa. 793 pp.
- Padilla, Erik., Esqueda, Martín., Sánchez, Alfonso., Troncoso Rojas, Rosalba., y Sánchez, Alberto. (2004). Efecto de biofertilizantes en cultivo de melón con acolchado plástico *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(4): 321-329.

- Páramo, A. (2004). *Una Alternativa biológica amigable con el ambiente. Características microbiológicas, producción y ejemplos de aplicación práctica*. Universidad Nacional de ingeniería (UNI). Managua, Nicaragua, 8 pp.
- Peña, E (1992). *La lombricultura como alternativa de descontaminación ambiental y de nutrición*. 1ra. edición. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical «Alejandro de Humboldt». (Ed. E. Martínez y María Elena Herrería). La Habana, Cuba. 134 p.
- RAAA (1999). *Red de Acción en Alternativas al uso de Agroquímicos*  
Treto Eolia. La nutrición de las plantas por la vía de la Agricultura Orgánica. Clase práctica. ISCAH.
- Treto, Eolia. (1993). *La nutrición de las plantas por la vía de la Agricultura Orgánica*. Clase práctica. ISCAH.
- Villareal, R. (1982). *Tomates*. Costa Rica. Instituto Latinoamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Von Haeff, J. (1990). *Tomates*. México. Edit. Trillas. 2da Edición. 150 pp.

## **ANEXOS**

### Anexo 1. Altura de planta (m)

Clave	Tratamientos	I	II	III	IV
1	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub>	1,20	1,22	1,21	1,24
2	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub>	1,25	1,27	1,28	1,27
3	a <sub>0</sub> b <sub>2</sub>	1,23	1,25	1,26	1,24
4	a <sub>0</sub> b <sub>3</sub>	1,24	1,23	1,23	1,25
5	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	1,36	1,32	1,35	1,30
6	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	1,34	1,36	1,37	1,36
7	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	1,37	1,39	1,38	1,35
8	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	1,34	1,34	1,39	1,37
9	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	1,42	1,42	1,45	1,46
10	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	1,45	1,46	1,48	1,48
11	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	1,47	1,47	1,46	1,45
12	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	1,48	1,45	1,48	1,47
13	a <sub>3</sub> b <sub>0</sub>	1,52	1,56	1,57	1,62
14	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	1,55	1,58	1,58	1,51
15	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	1,54	1,58	1,54	1,56
16	a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	1,53	1,56	1,55	1,59

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 2. Porcentaje de cuajado

Clave	Tratamientos	I	II	III	IV
1	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub>	65,00	56,00	65,00	55,00
2	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub>	78,00	78,00	78,00	68,00
3	a <sub>0</sub> b <sub>2</sub>	66,00	55,00	66,00	66,00
4	a <sub>0</sub> b <sub>3</sub>	69,00	66,00	69,00	79,00
5	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	78,00	77,00	68,00	68,00
6	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	66,00	65,00	66,00	66,00
7	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	65,00	74,00	65,00	75,00
8	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	66,50	66,50	76,50	66,50
9	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	78,45	69,45	78,45	78,45
10	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	69,00	76,00	79,00	69,00
11	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	68,74	62,74	68,74	68,74
12	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	79,00	66,00	69,00	79,00
13	a <sub>3</sub> b <sub>0</sub>	66,00	74,00	66,00	76,00
14	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	68,00	76,00	68,00	78,00
15	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	72,00	66,00	72,00	69,00
16	a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	76,00	68,00	66,00	76,00

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 3. Número de frutos por planta

Clave	Tratamientos	I	II	III	IV
1	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub>	26,00	22,00	24,00	24,00
2	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub>	27,00	25,00	26,00	28,00
3	a <sub>0</sub> b <sub>2</sub>	25,00	28,00	24,00	27,00
4	a <sub>0</sub> b <sub>3</sub>	28,00	30,00	30,00	28,00
5	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	26,00	28,00	26,00	28,00
6	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	27,00	29,00	28,00	29,00
7	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	28,00	30,00	26,00	28,00
8	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	30,00	32,00	32,00	34,00
9	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	31,00	32,00	32,00	33,00
10	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	32,00	30,00	30,00	32,00
11	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	30,00	30,00	29,00	29,00
12	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	30,00	31,00	32,00	34,00
13	a <sub>3</sub> b <sub>0</sub>	29,00	28,00	31,00	30,00
14	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	28,00	27,00	29,00	31,00
15	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	30,00	28,00	33,00	32,00
16	a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	31,00	30,00	32,00	31,00

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 4. Número frutos por racimo

Clave	Tratamientos	I	II	III	IV
1	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub>	5	4	4	4
2	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub>	4	5	5	5
3	a <sub>0</sub> b <sub>2</sub>	4	5	4	5
4	a <sub>0</sub> b <sub>3</sub>	4	4	4	5
5	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	4	5	4	4
6	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	5	5	5	4
7	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	4	5	5	4
8	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	4	5	4	4
9	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	4	5	4	4
10	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	5	4	5	5
11	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	5	5	4	5
12	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	5	4	4	5
13	a <sub>3</sub> b <sub>0</sub>	6	5	4	4
14	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	5	4	5	4
15	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	4	5	5	5
16	a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	6	5	4	5

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 5. Peso promedio de fruto unitario (g)

Clave	Tratamientos	I	II	III	IV
1	a0b0	142,52	140,03	125,85	121,12
2	a0b1	135,52	136,41	128,62	126,45
3	a0b2	137,96	138,52	125,26	128,32
4	a0b3	141,65	140,62	123,41	120,74
5	a1b0	156,30	150,65	132,52	129,54
6	a1b1	165,63	162,52	135,52	130,41
7	a1b2	154,32	155,63	137,52	133,45
8	a1b3	162,42	162,74	155,42	149,62
9	a2b0	172,62	185,32	177,32	162,74
10	a2b1	175,12	164,32	159,41	156,42
11	a2b2	165,42	171,33	167,62	178,62
12	a2b3	174,36	175,32	168,45	165,42
13	a3b0	160,32	159,42	161,41	160,74
14	a3b1	168,52	161,74	158,96	159,74
15	a3b2	165,21	160,18	159,60	160,21
16	a3b3	160,52	157,32	161,63	158,71

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 6. Peso promedio de fruto por planta (kg)

Clave	Tratamientos	I	II	III	IV
1	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub>	2,562	2,632	2,452	2,520
2	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub>	2,765	2,850	2,369	2,650
3	a <sub>0</sub> b <sub>2</sub>	2,862	2,963	2,630	2,751
4	a <sub>0</sub> b <sub>3</sub>	2,751	2,550	3,010	2,862
5	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	2,950	3,150	3,362	3,102
6	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	3,250	3,052	3,250	3,123
7	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	3,150	3,241	3,120	3,236
8	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	3,112	3,115	3,135	3,350
9	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	3,213	3,187	3,250	3,374
10	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	3,352	3,245	3,142	3,421
11	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	3,400	3,350	3,025	3,152
12	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	3,250	3,450	3,350	3,452
13	a <sub>3</sub> b <sub>0</sub>	3,340	3,520	3,620	3,741
14	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	3,450	3,490	3,420	3,521
15	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	3,620	3,650	3,652	3,687
16	a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	3,542	3,741	3,650	3,542

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 7. Diámetro polar (cm)

Clave	Tratamientos	I	II	III	IV
1	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub>	5,52	4,98	4,06	5,04
2	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub>	5,51	5,52	5,21	5,21
3	a <sub>0</sub> b <sub>2</sub>	5,48	5,42	5,53	5,42
4	a <sub>0</sub> b <sub>3</sub>	5,62	5,63	5,42	5,39
5	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	6,02	6,02	5,58	5,65
6	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	6,04	6,01	6,04	6,01
7	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	6,15	6,17	6,62	6,11
8	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	6,42	6,63	6,42	6,62
9	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	7,02	6,98	6,87	6,92
10	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	7,23	7,12	7,03	7,12
11	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	7,21	7,32	7,06	7,21
12	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	7,63	7,22	7,55	7,45
13	a <sub>3</sub> b <sub>0</sub>	7,65	7,56	7,82	7,62
14	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	7,45	7,56	7,63	7,62
15	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	7,65	7,62	7,72	7,71
16	a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	7,69	7,15	7,21	7,36

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 8. Diámetro ecuatorial (cm)

Clave	Tratamientos	I	II	III	IV
1	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub>	4,52	4,15	4,35	4,62
2	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub>	4,43	4,43	4,46	4,74
3	a <sub>0</sub> b <sub>2</sub>	4,65	4,57	4,25	4,36
4	a <sub>0</sub> b <sub>3</sub>	4,68	4,62	4,00	4,08
5	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	5,02	5,03	5,11	5,52
6	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	5,32	5,15	4,98	4,62
7	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	5,23	5,32	5,12	5,41
8	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	5,25	5,28	5,41	5,32
9	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	5,85	5,71	5,45	5,55
10	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	5,74	5,63	5,52	5,41
11	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	5,62	5,62	5,54	5,69
12	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	5,76	5,41	5,71	5,76
13	a <sub>3</sub> b <sub>0</sub>	6,01	5,56	6,02	5,58
14	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	5,99	5,54	5,69	6,00
15	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	6,00	6,12	6,11	5,93
16	a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	5,85	5,82	5,74	5,92

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 9. Rendimiento (t/ha)

Clave	Tratamientos	I	II	III	IV
1	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub>	21,42	19,74	18,74	16,78
2	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub>	23,41	21,63	22,41	23,41
3	a <sub>0</sub> b <sub>2</sub>	22,62	24,41	23,78	25,62
4	a <sub>0</sub> b <sub>3</sub>	25,42	26,41	26,74	28,74
5	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	28,36	27,62	28,32	29,84
6	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	28,45	29,74	30,14	32,74
7	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	29,41	30,01	34,74	35,78
8	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	32,45	31,00	35,75	36,65
9	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	39,42	42,06	40,36	39,74
10	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	42,62	45,63	42,62	41,52
11	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	42,74	47,85	46,32	45,87
12	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	45,79	46,74	45,67	46,74
13	a <sub>3</sub> b <sub>0</sub>	48,74	46,52	47,94	49,00
14	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	47,63	48,74	48,84	47,98
15	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	50,06	50,14	55,62	51,63
16	a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	51,45	51,32	60,45	55,32

Fuente; Elaboración propia

## Anexo 10. Galería de fotos



Fotografía 01: Preparación del terreno



Fotografía 02: Almacigo de tomate



Fotografía 03: Trasplante de tomate



Fotografía 04: Crecimiento de planta



Fotografía 05: Inicio de racimo floral



Fotografía 06: Aplicación de tratamientos



Fotografía 07: Aplicación de tratamientos



Fotografía 08: Desarrollo de fruto



Fotografía 09: Control fitosanitario



Fotografía 10: Control fitosanitario



Fotografía 11: Cosecha de tomate



Fotografía 12: Recolección y evaluación de muestras

## Anexo 11. Análisis fisicoquímico de suelo



### LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICOS & SERVICIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD: ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS;  
ANÁLISIS DE AGUAS: POTABLE, SUPERFICIALES, CALDEROS, EFLUENTES INDUSTRIALES, RIEGO  
ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE ALIMENTOS, PLANTAS, ANÁLISIS DE FERTILIZANTES Y ABONOS

INFORME DE ENSAYO Nº 013-03 - SUE - 2015

#### ANÁLISIS DE SUELO

##### I. INFORMACION PRELIMINAR

**SOLICITANTE** : LESLIE AQUISE MAMANI  
**DIRECCION** : Centro Experimental Agrícola III "Los Pichones" de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann  
**TIPO DE MUESTRA** : SUELO  
**DESCRIPCION** : Centro Experimental Agrícola III "Los Pichones" Latitud Sur de 17°59'38" longitud Oeste de 70°14'22" altitud 532 m.s.n.m. y una extensión de 7,000 Has. TACNA  
: ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELO  
**SERVICIO SOLICITADO** : M-1 = 122  
**CODIGO REGISTR. LABORATORIO** : 24 de Marzo del 2015  
**FECHA DE MUESTREO** : Maíz  
**CULTIVO ANTERIOR** : Tomate Sistema de Riego : GOTEO  
**CULTIVO A ESTABLECER** : 01 bolsa de plástico con 1.5 Kg. de muestra aprox.  
**PRESENTACION** : 25 de Marzo del 2015  
**FECHA DE RECEPCION** : 30 de Marzo del 2015  
**FECHA ENTREGA RESULTADO**

#### II-RESULTADO ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN EN SUELOS

Mitra	ANÁLISIS MECANICO				ANÁLISIS QUIMICO				ELEMENTOS DISPONIBLES		
Cod. Lab.	Arena %	Arcilla %	Limo %	Clase Textural	CO <sub>2</sub> Ca %	pH	C.E. mS/cm	Mat. Org. %	Nitróg. % N	Fósforo ppm P	Potasio ppm K
122	46.4	11.0	42.6	FRANCO	0.0	5.52	9.71	2.13	0.085	63.35	2,250

Abreviaturas  
C.E. = Conductividad Eléctrica C.E. y pH = relación suelo/agua = 1/2.5 mS/cm = miliosiemens por cm = milmo por cm %  
= Porcentaje ppm = partes por millón CO<sub>2</sub>Ca = Carbonato de Calcio Mat. Org. = Materia Orgánica Nitróg. = Nitrógeno

Cod. Lab.	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO DE CATIONES CAMBIABLES				CIC Capacidad de Intercambio Catiónico meq/100gs	PSI Porcentaje de Sodio Intercambiable %
	Ca <sup>++</sup> meq/100gs	Mg <sup>++</sup> meq/100gs	K <sup>+</sup> meq/100gs	Na <sup>+</sup> meq/100gs		
122	9.98	2.08	4.09	1.65	17.8	9.27

Abreviaturas  
CIC= Capacidad de Intercambio Catiónico meq/100gs= miliequivalentes x 100gs de suelo PSI=Porcentaje de Sodio Intercambiable

#### III- INTERPRETACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN

Cod. Lab.	CO <sub>2</sub> Ca	pH	C.E.	MAT. ORG.	NITROG.	FOSFORO	POTASIO
	Deficiente	Moderadam. Acido	Muy Salino	Bajo	Bajo	Excesivo	Muy Alto
122	Medio	Bajo	Muy Alto	Alto	Medio	Ligeram. Sódico	

Abreviaturas  
Moderadam. Acido = Moderadamente Acido Ligeram. Sódico = Ligeramente Sódico

PROHIBIDA DE REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE INFORME  
VALIDO SOLO PARA LA MUESTRA ANALIZADA

Victoria Haydee Frutosco Motta  
Licenciada en Química CEP-CRS Nº 276  
Calle Roma Nº 227 - Santa Rosa  
M. Vespucio - Arequipa



Pág. 1 de 3

OF. PRINCIPAL: SOR ANA DE LOS ÁNGELES D-207 TELF.: 054 401288 - CEL.: 95 9458551 EMAIL: lab\_laquis@hotmail.com  
PARTE POSTERIOR COLEGIO NEPTALI VALDERRAMA AMPUERO (PLAYA DE ESTACIONAMIENTO) - PAUCARPATA  
www.laboratoriolaquis.com  
AREQUIPA - PERU