

## Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas

Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica y Agrícola



**DIFERENTES DOSIS DE LA BACTERIA *AZOTOBACTER* EN EL RENDIMIENTO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD ÚNICA BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN EL FUNDO “LA BANDA”. HUASACACHE. AREQUIPA. 2016.**

**Tesis presentada por el Bachiller:  
Juárez Paredes, Gustavo Enrique  
Para optar el título Profesional de  
Ingeniero Agrónomo**

**Asesor:  
Mg Sc. Ing. Torres Lizárraga, José Miguel**

**Arequipa – Perú  
2018**

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA  
URB. SAN JOSE S/N - UMACOLLO

**DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS**  
(Jurado)

Señor  
**Mgter. FROY COLOMA DONGO**  
Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica y Agrícola  
Presente.

Mediante el presente, comunicamos a usted. Que se ha procedido a revisar el BORRADOR de Tesis titulado:

**DIFERENTES DOSIS DE LA BACTERIA AZOTOBACTER EN EL RENDIMIENTO DE PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM L.*) VARIEDAD ÚNICA BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN EL FUNDO "LA BANDA ". HUASACACHE. AREQUIPA. 2016.**

**Bachiller: Gustavo Enrique Juárez Paredes**  
**Asesor: Ing. Jose Torres Lizarraga**

El jurado Dictaminador presidido por, **Ing. Jorge Zegarra Flores, Ing. Humberto Stretz Chavez, Ing. Froy Coloma Dongo.**

DICTAMINAN

*Procede Sustentación*

OBSERVACIONES

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

Arequipa, \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de \_\_\_\_

-----  
Ing. Jorge Zegarra Flores

-----  
Ing. Humberto Stretz Chavez

-----  
Ing. Froy Coloma Dongo

## AGRADECIMIENTOS

Les doy las gracias a mi familia por el apoyo para la realización de este proyecto de investigación.

Le agradezco al ing. José Miguel Torres Lizárraga y al ingeniero José Pinto por su gran ayuda en el proyecto en la zona de Huasacache Arequipa, porque que sería del hombre en este mundo si no nos apoyamos los unos a los otros.

Les agradezco a mis jurados, Ing. Jorge Zegarra Flores, Ing. Froy Coloma Dongo y Ing. Humberto José Stretz Chávez por su paciencia y consideración para la culminación de este proyecto.

## DEDICATORIA

Les dedico este trabajo de investigación a mis padres Francisco Dagoberto Juárez Pacheco y Gloria Luz Paredes Gonzales; gracias a su gran esfuerzo y mucho amor logre ser un profesional correcto y con grandes expectativas.

A mis abuelos Victor Paredes Curi y Claudina Gonzales Calderón; gracias a ellos logre comprendí la importancia de la perseverancia, y fuerza de voluntad.

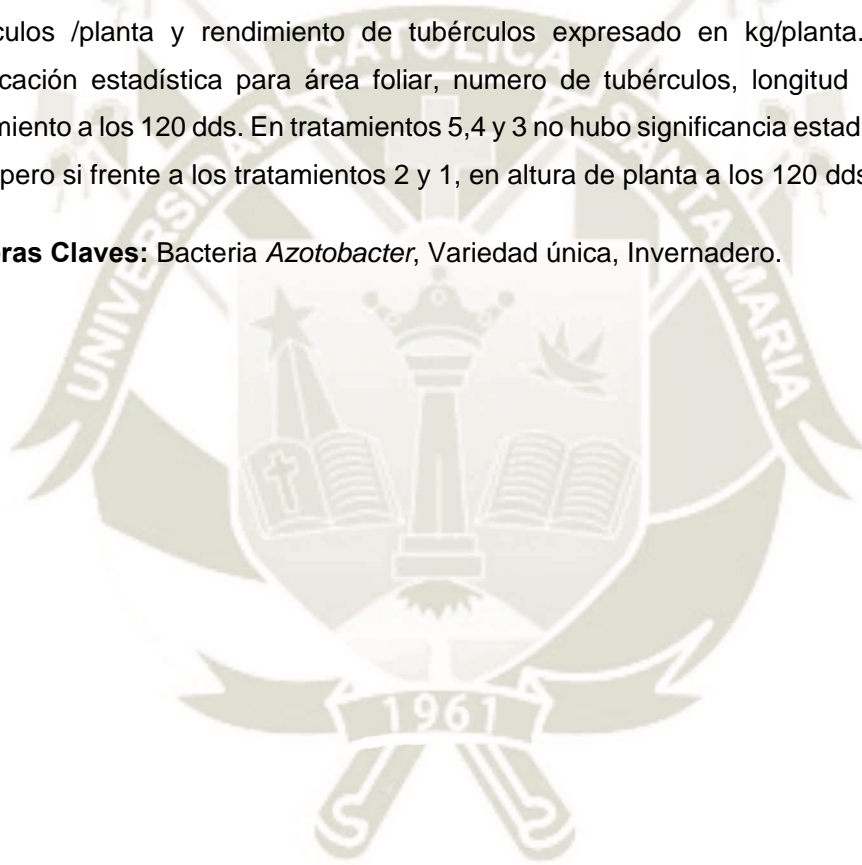
Por ultimo a Cielo Brisa Valencia Guevara; por el gran apoyo moral para la realización de este proyecto.



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo bajo las condiciones edafoclimáticas del Fundo “La Banda”, Huasacache (Arequipa). Se estudiaron tres dosis de Bacteria *Azotobacter*, una dosis de fertilización química y un Tratamiento Testigo, aplicadas al Cultivo papa (*Solanum tuberosum L.*). Las dosis del biofertilizante fueron 1 litro/200 litros, 1.5 litros/200 litros y 2 litros/200 litros, y fertilización química (150-120-90). Se empleó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con cinco Tratamientos y tres repeticiones. El experimento se condujo en macetas, bajo cobertura de plástico. Las variables evaluadas fueron, longitud radicular, altura de planta, área foliar, número de tubérculos /planta y rendimiento de tubérculos expresado en kg/planta. No hubo significación estadística para área foliar, numero de tubérculos, longitud radicular y rendimiento a los 120 dds. En tratamientos 5,4 y 3 no hubo significancia estadística entre ellos; pero si frente a los tratamientos 2 y 1, en altura de planta a los 120 dds

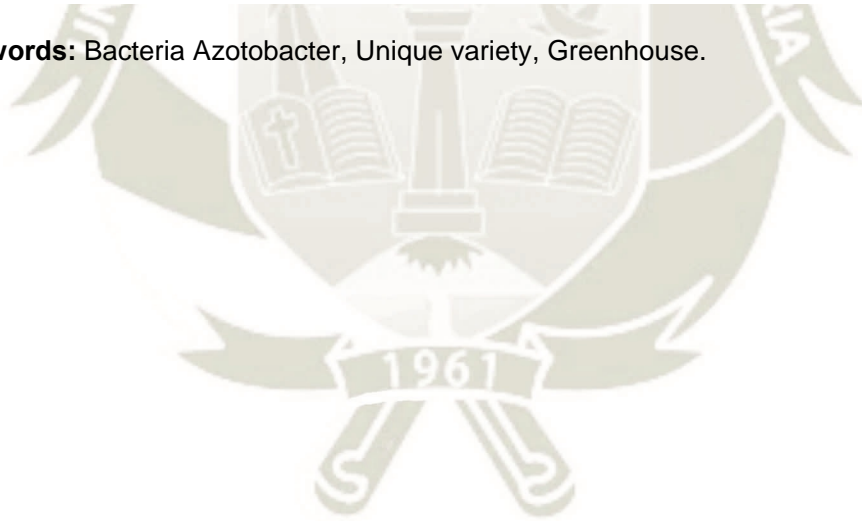
**Palabras Claves:** Bacteria *Azotobacter*, Variedad única, Invernadero.



## SUMMARY

The present research work was carried out under the edaphoclimatic conditions of the "La Banda" Farm, Huasacache (Arequipa). Three doses of Bacteria Azotobacter, one dose of chemical fertilization and one Control Treatment were studied, applied to the potato crop (*Solanum tuberosum* L.). The biofertilizer doses were 1 liter / 200 liters, 1.5 liters / 200 liters and 2 liters / 200 liters, and chemical fertilization (150-120-90). The Completely Random Design (DCA) was used with five treatments and three repetitions. The experiment was conducted in pots, under plastic cover. The variables evaluated were: root length, plant height, leaf area, number of tubers / plant and yield of tubers expressed in kg / plant. There was no statistical significance for leaf area, number of tubers, root length and yield at 120 dds. In treatments 5, 4 and 3 there was no statistical significance between them; but if compared to treatments 2 and 1, in plant height at 120 dds.

**Key words:** Bacteria Azotobacter, Unique variety, Greenhouse.



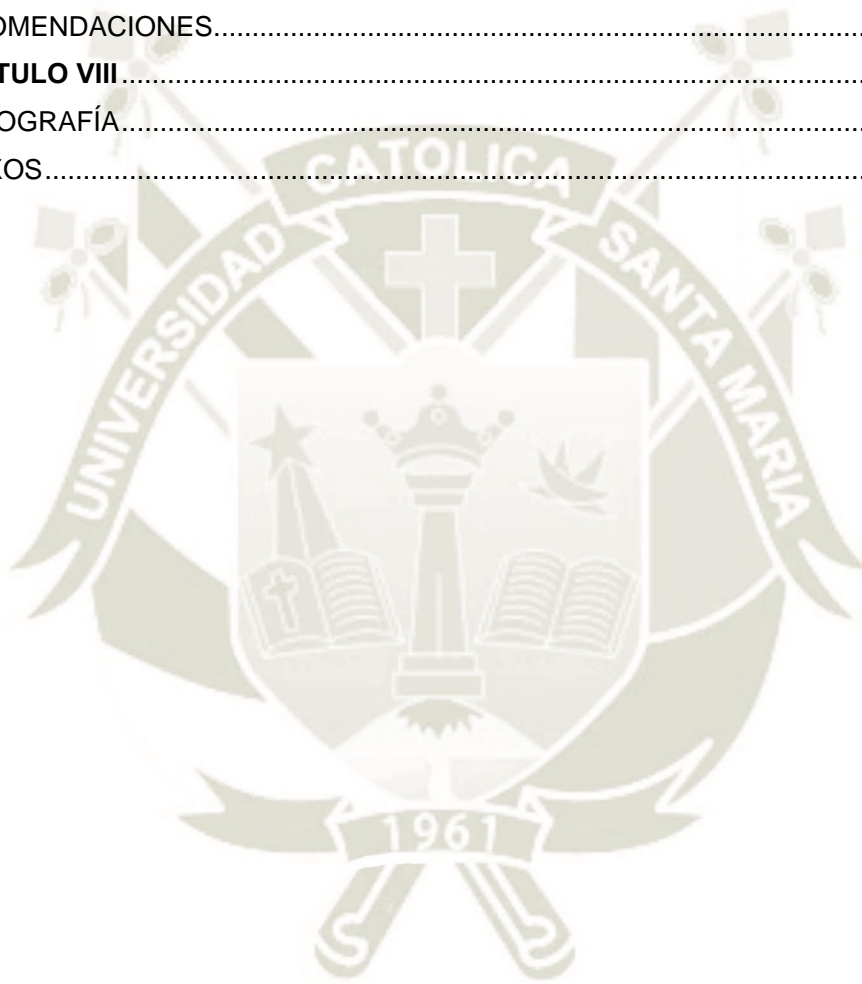
## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	II
DEDICATORIA .....	III
RESUMEN.....	IV
SUMMARY .....	V
ÍNDICE.....	IV
LISTA DE CUADROS.....	VII
LISTA DE ANEXOS.....	X
LISTA DE GRÁFICOS.....	XII
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. GENERALIDADES.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	2
1.3. HIPÓTESIS.....	2
1.4. OBJETIVOS .....	2
1.4.1. OBJETIVO GENERAL .....	2
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
<b>CAPÍTULO II</b> .....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1. FERTILIZANTES QUÍMICOS.....	4
2.1.1. ANTECEDENTES .....	4
2.1.2. ALTERNATIVA A LOS FERTILIZANTES QUIMICOS .....	6
2.2. BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO .....	6
2.2.1. BACTERIAS DIAZOTRÓFICAS.....	7
2.2.2. BACTERIA GÉNERO ( <i>Azotobacter chroococcum</i> ).....	7
2.2.2.1. Clasificación.....	7
2.2.2.2. Comportamiento de ( <i>Azotobacter chroococcum</i> ). .....	8
2.2.2.3. Características biológicas .....	9
2.2.2.4. Protección de las células de oxígeno.....	11
2.2.2.5. Autoprotección .....	12
2.2.2.6. Importancia .....	12
2.3. CULTIVO DE PAPA ( <i>Solanum tuberosum</i> ).....	13
2.3.1. ORIGEN.....	13
2.3.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA .....	14
2.3.3. MORFOLOGÍA DE LA PLANTA .....	14

2.3.3.1.	Raíz.....	14
2.3.3.2.	Tallo .....	15
2.3.3.3.	Flor.....	15
2.3.4.	EXIGENCIAS AGROCLIMÁTICAS .....	15
2.3.4.1.	Suelo.....	16
2.3.4.2.	Agua.....	16
2.3.5.	LABORES AGRONÓMICAS.....	17
2.3.5.1.	Semilla .....	17
2.3.5.2.	Siembra.....	18
2.3.5.3.	Tapado de semillas.....	19
2.3.5.4.	Germinación.....	19
2.3.5.5.	Emergencia.....	19
2.3.5.6.	Formación de tubérculos .....	20
2.3.5.7.	Fertilización.....	20
2.3.5.8.	Riego.....	21
2.3.5.9.	Aporque .....	22
2.3.5.10.	Cosecha.....	23
2.3.6.	VARIEDAD DE PAPA ÚNICA .....	23
2.3.6.1.	Generalidades sobre papa Única .....	23
2.3.6.2.	Descripción varietal.....	24
2.3.6.3.	Comportamiento agronómico.....	25
2.3.6.4.	Resistencia a factores bióticos .....	26
2.4.	TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN REALIZADOS .....	27
<b>CAPÍTULO III</b>	.....	<b>31</b>
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>31</b>
3.1.	UBICACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL.....	31
3.2.	FECHA DE INICIO Y TÉRMINO .....	31
3.3.	CLIMATOLOGÍA .....	31
3.4.	RECURSO AGUA .....	33
3.5.	RECURSO SUSTRATOS .....	33
3.6.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
3.7.	COMPONENTES EN ESTUDIO .....	38
3.8.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	38
3.9.	CROQUIS EXPERIMENTAL (DCA).....	41
3.10.	EVALUACIONES REALIZADAS. ....	41
3.11.	PROCESAMIENTO DE DATOS.....	43



<b>CAPÍTULO IV</b> .....	44
4. RESULTADOS .....	44
<b>CAPÍTULO V</b> .....	66
5. DISCUSIÓN.....	66
<b>CAPÍTULO VI</b> .....	70
CONCLUSIONES.....	70
<b>CAPÍTULO VII</b> .....	71
RECOMENDACIONES.....	71
<b>CAPÍTULO VIII</b> .....	72
BIBLIOGRAFÍA.....	72
ANEXOS.....	77



## LISTA DE CUADROS

CUADRO 1.	Registros meteorológicos Estación Huasacache. SENAMHI. 2016.....	32
CUADRO 2.	Análisis de agua. Fundo “La Banda”. Huasacache. 2016.....	33
CUADRO 3.	Concentrado de materiales. ....	34
CUADRO 4.	Análisis de Varianza (ANVA) para Longitud radicular 25 dds. (1°Evaluación). Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo La Banda. Huasacache. Arequipa. 2016.....	44
CUADRO 5.	Análisis de Varianza (ANVA) para Longitud radicular 50 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo La Banda. Huasacache. Arequipa. 2016. .....	45
CUADRO 6.	Análisis de Varianza (ANVA) para Longitud radicular 75 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo La Banda. Huasacache. Arequipa. 2016. .....	46
CUADRO 7.	Prueba de Rango Múltiple de Tukey para Longitud radicular 75 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo La Banda Huasacache. Arequipa. 2016. ....	46
CUADRO 8.	Análisis de Varianza (ANVA) para longitud radicular 100 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo La Banda. Huasacache. Arequipa. 2016. .....	47
CUADRO 9.	Análisis de Varianza (ANVA) para Longitud radicular 120 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo La Banda. Huasacache. Arequipa. 2016. .....	48
CUADRO 10.	Análisis de Varianza (ANVA) para Altura de planta 25 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. ....	50
CUADRO 11.	Prueba de Rango Múltiple de Tukey Altura área foliar 25 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. ....	50

CUADRO 12.	Análisis de Varianza (ANVA) para Altura de planta 50 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. ....	51
CUADRO 13.	Análisis de Varianza (ANVA) para Altura de planta 75 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. ....	52
CUADRO 14.	Prueba de Rango Múltiple de Tukey Altura de planta 75 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. ....	52
CUADRO 15.	Análisis de Varianza (ANVA) para Altura de planta 100 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. ....	53
CUADRO 16.	Prueba de Rango Múltiple de Tukey Altura de planta 100 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. ....	53
CUADRO 17.	Análisis de Varianza (ANVA) para Área de planta 120 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. ....	55
CUADRO 18.	Prueba de Rango Múltiple de Tukey Altura de planta 120 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. ....	55
CUADRO 19.	Análisis de Varianza (ANVA) para Área foliar 25 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. ....	56
CUADRO 20.	Análisis de Varianza (ANVA) para Área foliar 50 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. ....	57
CUADRO 21.	Análisis de Varianza (ANVA) para Área foliar 75 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de	



	invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. ....	58
CUADRO 22.	Análisis de Varianza (ANVA) para Área foliar 100 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. ....	59
CUADRO 23.	Análisis de Varianza (ANVA) para Área foliar 120 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. ....	60
CUADRO 24.	Análisis de Varianza (ANVA) para Número de tubérculos/planta 50 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. ....	61
CUADRO 25.	Análisis de Varianza (ANVA) para Número de tubérculos/planta 75 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. ....	62
CUADRO 26.	Análisis de Varianza (ANVA) para Número de tubérculos/planta 100 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. ....	63
CUADRO 27.	Análisis de Varianza (ANVA) para Número de tubérculos/planta 120 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. ....	64
CUADRO 28.	Análisis de Varianza (ANVA) para Rendimiento de tubérculos/planta. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. ....	65



## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1.	Longitud radicular (cm). (Evaluación 1). Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. .... 77
ANEXO 2.	Longitud radicular (cm). (Evaluación 2). Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. .... 77
ANEXO 3.	Longitud radicular (cm). (Evaluación 3). Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. .... 77
ANEXO 4.	Longitud radicular (cm). (Evaluación 4). Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. .... 77
ANEXO 5.	Longitud radicular (cm). (Evaluación 5). Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. .... 78
ANEXO 6.	Altura de planta (cm). (Evaluación 1). Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. .... 78
ANEXO 7.	Altura foliar (cm). (Evaluación 2). Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016..... 78
ANEXO 8.	Altura de planta (cm). (Evaluación 3). Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. .... 78
ANEXO 9.	Altura de planta (cm). (Evaluación 4). Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. .... 79
ANEXO 10.	Altura de planta (cm). (Evaluación 5). Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. .... 79
ANEXO 11.	Área foliar (cm <sup>2</sup> ). 25 d.d.s. (1° Evaluación). Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016. .... 79

ANEXO 12.	Área foliar (cm <sup>2</sup> ). 50 d.d.s. (2°Evaluación). Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo La Banda. Huasacache. Arequipa. 2016.....	79
ANEXO 13.	Área foliar (cm <sup>2</sup> ). 75 d.d.s. (3°Evaluación). Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo "La Banda". Huasacache. Arequipa. 2016. ....	80
ANEXO 14.	Área foliar (cm <sup>2</sup> ). 100 d.d.s. (4°Evaluación). Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo "La Banda". Huasacache. Arequipa. 2016. ....	80
ANEXO 15.	Área foliar (cm <sup>2</sup> ). 120 d.d.s. (5°Evaluación). Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo La Banda. Huasacache. Arequipa. 2016.....	80
ANEXO 16.	Número de tubérculos/planta (Evaluación 1). Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo "La Banda". Huasacache. Arequipa. 2016. ....	80
ANEXO 17.	Número de tubérculos/planta (Evaluación 2). Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo La Banda. Huasacache. Arequipa. 2016.....	81
ANEXO 18.	Número de tubérculos/planta (Evaluación 3). Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo La Banda. Huasacache. Arequipa. 2016.....	81
ANEXO 19.	Número de tubérculos/planta (Evaluación 4). Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo La Banda. Huasacache. Arequipa. 2016.....	81
ANEXO 20.	Rendimiento de Tubérculos/planta en Kg. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo La Banda. Huasacache. Arequipa. 2016.....	81

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1.	Temperaturas en el Fundo “La Banda” (Enero 2016-Mayo 2016) .....	32
GRÁFICO 2.	Longitud de raíces 25 dds. (1° Evaluación) .....	44
GRÁFICO 3.	Longitud de raíces 50 dds. (2° Evaluación) .....	45
GRÁFICO 4.	Longitud de raíces 75 dds. (3° Evaluación) .....	47
GRÁFICO 5.	Longitud de raíces 100 dds. (4° Evaluación) .....	48
GRÁFICO 6.	Longitud de raíces 120 dds (5° Evaluación) .....	49
GRÁFICO 7.	Altura de planta 25 dds. (1° Evaluación).....	50
GRÁFICO 8.	Altura de planta 50 dds. (2° Evaluación).....	51
GRÁFICO 9.	Altura de planta 75 dds (3° Evaluación).....	52
GRÁFICO 10.	Altura de planta 100 dds. (4° Evaluación).....	54
GRÁFICO 11.	Altura de planta 120 dds. (5° Evaluación).....	55
GRÁFICO 12.	Área foliar en plantas de papa 25 dds. (1° Evaluación) .....	56
GRÁFICO 13.	Área foliar en plantas de papa. 50 dds (2° Evaluación).....	57
GRÁFICO 14.	Área foliar en plantas de papa. 75 dds. (3° Evaluación) .....	58
GRÁFICO 15.	Área foliar en plantas de papa. 100 dds (4° Evaluación).....	59
GRÁFICO 16.	Área foliar 120 dds. (5° Evaluación).....	60
GRÁFICO 17.	Número de tubérculos/planta 50 dds. (1° Evaluación).....	61
GRÁFICO 18.	Número de tubérculos/planta75 dds (2° Evaluación).....	62
GRÁFICO 19.	Número de tubérculos/planta 100 dds (3° Evaluación).....	63
GRÁFICO 20.	Número de tubérculos/planta 120 dds. (4° Evaluación).....	64
GRÁFICO 21.	Rendimiento de tubérculos/planta (Kg).....	65



## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1. GENERALIDADES

Las bacterias *diazótrofas* fijadoras de nitrógeno fueron las primeras en producirse comercialmente con fines de biofertilización. Posteriormente, las bacterias diazótrofas asimbióticas cobraron importancia en la agricultura. De este grupo, las más utilizadas como biofertilizantes corresponden al Género *Azotobacter*, el cual se encuentra en abundancia en la rizósfera de suelos con alto contenido de materia orgánica, fosfatos y valores de pH cercanos a la neutralidad. Las bacterias del Género *Azotobacter* son fijadoras de nitrógeno de vida libre, solubilizadoras de fósforo y productoras de sustancias promotoras del crecimiento. El método más utilizado para aislar bacterias de este género, implica el aislamiento en medios de cultivo libre de nitrógeno, como Ashby, Burk y Jensen. Para su identificación preliminar se emplean pruebas bioquímicas, así como la morfología colonial y celular. Sin embargo, también se complementan con la identificación a nivel molecular mediante la secuenciación de los genes involucrados en la fijación de nitrógeno y de ADN. Los efectos en la productividad y rendimientos de diferentes cultivos por la inoculación de *Azotobacter* han sido demostrados por distintos autores, confirmando con ello que la aplicación de este biofertilizante favorece la interacción suelo microorganismo planta. (Flores et. al., 2014).

Por otro lado, la variedad peruana Única es para el mercado en fresco y para papa frita, con tolerancia y resistencia para condiciones climáticas adversas. Fue desarrollada por la División de Mejoramiento y Utilización de Recursos Genéticos del Centro Internacional de la papa (CIP), con la colaboración de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica. Entre sus principales atributos resaltan la resistencia a virus (PVX), y su tolerancia al calor, su moderada resistencia al nematodo del nudo (*Meloidogyne* ssp), su precocidad, su estabilidad de rendimiento en varias épocas de siembra y su leve tolerancia a sales. (Flores et. al., 2014).



## 1.2. JUSTIFICACIÓN

La adopción y uso eficaz de biofertilizantes microbianos (inoculantes) en agricultura está llamada a ser una de las tecnologías clave para asegurar la sustentabilidad de las economías y las sociedades de los países iberoamericanos. Las bacterias *Diazotroficas* son utilizadas por sus múltiples beneficios promotores del crecimiento en las plantas verificados en diversos cultivos; en este caso se utilizara el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*). (Flores et. al., 2014).

La investigación pretende evidenciar la posibilidad de obtener elevados rendimientos agrícolas utilizando el organismo unicelular *Azotobacter* con la finalidad de comprobar la efectividad que tiene esta bacteria frente a pesticidas inorgánicos; hay estudios de esta bacteria que indican ser un gran fijador de nitrógeno y además cumple 2 funciones; esta bacteria exuda sustancias toxicas las cuales se denominan sideroforas y evitan que se creen patógenos no benéficos para la plantas puesto que este organismo utiliza hierro (Fe) existente en el suelo como fuente de energía para realizar las actividades de sintetización. (Flores et. al., 2014).

Este trabajo se enfoca en demostrar la importancia de las bacterias fijadoras de nitrógeno. Estas, pueden elevar rendimientos de los cultivos y evitar daños contra el medio ambiente; además, el uso de bacterias nitrificantes, son usadas en zonas alto andinas como alternativa ante los fertilizantes químicos por su bajo costo.

## 1.3. HIPÓTESIS

Dado que las bacterias microbianas son fijadoras de nutrientes de forma natural, es probable que con el uso de microorganismos nitrificantes del género *azotobacter*, se logre reemplazar el uso de fertilizantes químicos logrando rendimientos esperados.

## 1.4. OBJETIVOS

### 1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- ✍ Determinar la dosis adecuada de bacterias *Azotobacter* en el cultivo.

#### 1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✍ Evaluar el comportamiento del cultivo en respuesta a la acción de la bacteria *Azotobacter*.
- ✍ Cuantificar el mayor número de tubérculos por planta y rendimiento en kilogramos por planta, usando bacterias *Azotobacter*.



## CAPÍTULO II

### 2. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. FERTILIZANTES QUÍMICOS

##### 2.1.1. ANTECEDENTES

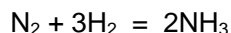
Los fertilizantes químicos han sido benéficos para el sector agrícola en general, sin embargo, el abuso en la utilización de ellos genera residuos químicos de las sales que contienen produciendo la salinización, problemas en el drenaje, compactación del suelo y disminución de la actividad microbiana comprometida en el proceso de nutrición vegetal. Se ha comprobado que cada año se incrementa la cantidad de fertilizantes por aplicar, debido a la menor eficiencia de absorción en el suelo y absorción en la planta, aumentando los costos en la producción. A lo anteriormente dicho se suma el problema ambiental, debido a la producción de gases tóxicos que se desprenden de los fertilizantes, como los óxidos de nitrógeno que dañan la capa de ozono. (Kiehi, et al., 1995).

La fijación del nitrógeno se define como la oxidación o reducción del nitrógeno para dar amonio u óxidos. Consiste en la conversión del nitrógeno atmosférico a formas metabolizables, que puedan ser incorporadas por los seres vivos. Estas formas son el ion amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) o los iones nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Otras sustancias como el dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) reaccionan fácilmente para originar algunas de las anteriores. Existen dos tipos de fijación del nitrógeno: abiótica o biológica. La fijación abiótica engloba aquellos procesos químicos espontáneos, en las cuales se forman óxidos como consecuencia de la combustión de compuestos orgánicos. Una forma de fijación abióticas produce mediante descargas eléctricas, o mediante la oxidación producida por los rayos, que forman óxidos de nitrógeno. El ser humano también ha conseguido fijar el nitrógeno atmosférico de forma abiótica mediante el Método de Haber Bosch. En 1909 el químico alemán Fritz Haber descubrió un método para la síntesis del amoniaco. Este método supuso un gran avance para los alemanes y revolucionó la economía, ya que permitió obtener fertilizantes baratos y explosivos.

Fritz Haber jugó un papel importante en la Primera Guerra Mundial y gracias a su método, Alemania no se quedó sin municiones ni alimentos. Durante este conflicto bélico, Haber desarrolló gases de Fosgeno, Cloro o Iperita, todos ellos



venenosos. Su método consiste en la formación de dos moléculas de amoníaco combinando con una molécula de nitrógeno y tres de Hidrógeno. La reacción se produce a una temperatura de 500 °C y una presión de 200 atmósferas. Como fuente de Hidrógeno se utiliza normalmente el Metano (CH<sub>4</sub>) del gas natural. Para que esta reacción se lleve a cabo se necesita la presencia de un catalizador, que generalmente es Níquel. (Sergio, 2011).



El segundo paso del Método de Haber Bosch es oxidar el amoníaco hasta ácido (HNO<sup>3</sup>), que al combinarse de nuevo con amoníaco rinde nitrato amónico. El nitrato amónico es el producto final y se utiliza como explosivo o fertilizante. Otro proceso abiótico de fijación de nitrógeno es la producción de cianamida. Esto es empleado normalmente para elaborar cianuro y en ocasiones como fertilizante. Este proceso se realiza haciendo pasar nitrógeno atmosférico sobre cianuro de calcio caliente. Al igual que el Método de Bosch, la elaboración de cianamida también necesita la presencia de un catalizador. Por su parte, la fijación biológica de nitrógeno la realizan algunos organismos que pueden aprovechar directamente el nitrógeno del aire a través de bacterias, formando nódulos. Los nódulos son unas estructuras radiculares resultantes de la simbiosis entre la planta y la bacteria. Estas bacterias forman parte de la denominada rizófora, que es una zona de interacción única y dinámica entre raíces de plantas y microorganismos del suelo. La comunidad de la rizófora consiste en una microbiota (bacterias, hongos y algas) y una microfauna (protozoos, nematodos y ácaros). Las bacterias en simbiosis con una planta hospedante fijan el nitrógeno del aire, es decir, originan compuestos solubles por las planta, como amoníaco. Con posterioridad, el amoníaco entra en la cadena alimenticia mediante su incorporación a los aminoácidos y proteínas. El enlace que une los dos átomos de nitrógeno tiene un alto costo energético de rotura. Para romper este triple enlace son necesarias grandes cantidades de energía. La enzima nitrogenasa es la encargada de romper dicho enlace, para lo cual necesita 16 moléculas de ATP por N<sub>2</sub> reducido. (Sergio, 2011).



Reacción de la fijación de Nitrógeno

Fuente: (Baca et al., 2000).



### 2.1.2. ALTERNATIVA A LOS FERTILIZANTES QUÍMICOS

Como una alternativa a los fertilizantes químicos está la posibilidad de utilizar bacterias del suelo, que como parte de su metabolismo incrementan la fertilidad y benefician a las plantas, por lo que se le ha denominado promotoras del crecimiento de las plantas. Entre sus actividades están la fijación del Nitrógeno, solubilización de fosfatos, producción de hormonas, antibióticos y otros compuestos de importancia para el desarrollo de los cultivos. Estas bacterias y otros microorganismos usados en la fertilización de los suelos agrícolas constituyen los biofertilizantes y existen algunos comercializados, sin embargo algunas veces no son efectivos debido a que proceden de condiciones edafoclimáticas totalmente diferentes, por lo que se prefiere el uso de microorganismos propios de los suelos donde van a ser utilizados, adaptados a las condiciones ecológicas y que puedan ser utilizados, compitiendo exitosamente con la biota nativa. (Lara, et al., 2007). (Fotografía 01).



FOTOGRAFÍA 1. Fertilizantes químicos

### 2.2. BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO

Las bacterias fijadoras de nitrógeno incluyen dos variantes: los fijadores simbióticos que fijan nitrógeno en asociación con plantas y los no simbióticos (asimbióticas) o de vida libre que proporcionan al medio compuestos nitrogenados como amonio, aprovechados por los vegetales. (Hernandez, et. al., 1998).

Numerosas bacterias de los géneros *Azotobacter sp.*, *Azospirillum sp.*,

*Pseudomonas sp.*, *Enterobacter sp.* y *Klebsiella sp.*, son fijadoras asimbióticas de nitrógeno contribuyendo sustancialmente a que los agricultores economícen en fertilizantes nitrogenados conservando el ambiente. (Martínez, 1999). (Fotografía 02).



**FOTOGRAFÍA 2. Cultivo de *Azotobacter chroococcum*.**

### 2.2.1. BACTERIAS DIAZOTRÓFICAS

Las bacterias *diazotróficas* asimbióticas, son aquellas que pueden fijar nitrógeno atmosférico sin la necesidad de formar una simbiosis con la planta, ya que estas poseen diferentes estrategias para proteger el complejo nitrogenasa. Estas bacterias se encuentran prácticamente en todos los hábitats: suelo, mar, fuentes de agua dulce y sedimentos. Entre los principales géneros bacterianos que se hallan en vida libre o endófitos asociados a la rizósfera se encuentran:

*Azotobacter spp.*, *Azotococcus spp.*, *Azospirillum spp.*, *Beijerinckia spp.*, *Azotomonas spp.*, *Bacillus spp.*, *Citrobacter spp.*, *Clostridium spp.*, *Chromatium spp.*, *Chlorobium spp.*, *Desulfovibrio spp.*, *Desulfomonas spp.*, *Gluconacetobacter spp.*, *Herbaspirillum spp.*, *Klebsiella spp.* (Rodríguez et al., 2003).

### 2.2.2. BACTERIA GÉNERO (*Azotobacter chroococcum*).

#### 2.2.2.1. Clasificación

Dominio: Bacteria.  
Filo: Proteobacteria.  
Clase: Gammaproteobacteria.  
Orden: Pseudomonadales.  
Familia: Pseudomonadaceae. (Tchan & New, 1984).

Estudios de DNA ribosomal (DNAr 16S) han identificado dos géneros en esta familia:

- *Azotobacter*.

- *Azomonas*.

El género *Azotobacter* se diferencia de *Azomonas* por la presencia de quistes pero no se puede diferenciar morfológicamente de muchos otros géneros de bacterias diazotróficas como *Azospirillum* y *Beijerinckia*.

Comprende siete especies:

- *A. chroococcum*.
- *A. vinelandii*.
- *A. beijerinckii*.
- *A. paspali*. (Dobereiner & Day, 1975).
- *A. Armeniacus*.
- *A. nigrica*NS. (Tchan & New, 1984).
- *A. Azospirillum*. (Page & Shivprasad, 1991).

Los miembros de esta familia *Azotobacter aceae* tienen la capacidad de sintetizar antibióticos y generar sustancias promotoras del crecimiento vegetal, además de fijar nitrógeno no simbióticamente. (Pandey & Kumar, 1990).

Especies como *A. chroococcum*, *A. vinelandii*, son utilizadas como bioinoculantes en suelos tropicales y alcalinos. Igualmente muchos miembros de la familia *Azotobacter aceae* son utilizados para producción de compuestos de interés comercial como polisacáridos (Sabra, et al., 2001) vitaminas y pigmentos. (Pandfey et al., 1998).

#### **2.2.2.2. Comportamiento de (*Azotobacter chroococcum*).**

Es un género que suele ser de forma ovalada o esférica, bacterias que forman paredes gruesas, pueden producir grandes cantidades de capsulas fango. Son bacterias Gram-negativas, se encuentran en suelos neutros y alcalinos, en el agua y en asociación con algunas plantas.

Son aerobias, de vida libre del suelo, microbios que desempeñan un papel importante en el ciclo del nitrógeno en la naturaleza, la unión atmosférica de nitrógeno que es accesible a las plantas y liberarlo en forma de amonio iones en el suelo. Aparte de ser un organismo modelo, es utilizado por los seres humanos para la producción de biofertilizantes, los aditivos alimentarios y algunos biopolímeros. El primer representante del género *Azotobacter chroococcum* fue



descubierta y descrita en 1901 por los holandeses, el microbiólogo y botánico Martinus Beijerinck *Azotobacter*. (Mar, et al., 2002).

En medios libres de nitrógeno *Azotobacter chroococcum*, produce un pigmento café negro no difusible, estos se producen en presencia de benzoato. También produce pigmentos grises cafés en medios adicionados con 0.25 de gluconato. Sobre medios libres de nitrógeno, esta bacteria forma colonias mucilaginosas pardas, las cuales aparecen a las 48 horas a 30 °C. *Azotobacter chroococcum* presenta colonias mucosas opacas, inicialmente el color del pigmento es claro y brillante, pero a medida que la colonia se desarrolla se torna a café oscuro, la fuente principal de carbono es el manitol (Santana et al., 2002). *Azotobacter chroococcum* puede llegar a crecer en un pH alrededor de 5.5. (Saribay, G. 2003).

### 2.2.2.3. Características biológicas

#### a) Morfología

Las células del género *Azotobacter* son relativamente grandes para las bacterias (1-2 micrómetro de diámetro). Por lo general son ovaladas, pero pueden adoptar diversas formas de varillas a las esferas. En las preparaciones microscópicas, las células pueden ser dispersados o formar grupos irregulares o en ocasiones cadenas de varias longitudes. En cultivos frescos, las células son móviles debido a los numerosos flagelos. Más tarde, las células pierden su movilidad, convertido casi esférica y producir una gruesa capa de moco formando la célula cápsula. La forma de la célula se ve afectada por el amino ácido glicina que está presente en el medio nutriente peptona. (Mar, et. al., 2005).

#### b) Propiedades fisiológicas

*Azotobacter* respira aeróbicamente, recibiendo energía desde redox reacciones, utilizando compuestos orgánicos como donadores de electrones.

*Azotobacter* puede utilizar una variedad de carbohidratos, alcoholes y sales de ácidos orgánicos como fuentes de carbono y puede fijar al menos 10 microgramos de nitrógeno por gramo de glucosa consumida. La fijación de nitrógeno requiere de molibdeno iones, pero pueden ser parcialmente sustituidos por vanadio iones o incluso olvidarse de todo. La fuente de nitrógeno puede ser nitratos, amonio o iones aminoácidos. El óptimo de pH para la fijación de nitrógeno es el crecimiento y el 7.0 a 7.5 pero el crecimiento se mantiene en el rango de pH entre 4.8 y 8.5.

*Azotobacter* produce colonias viscosas, pastosas, con un diámetro de 5-10 mm



que pueden formar películas en medios nutritivos líquidos. Las colonias pueden tener colores oscuros, marrones, verde y otros; o puede ser incoloro, dependiendo de la especie. El crecimiento se favorece a una temperatura de 20 - 30 °C. (Mar, et. al., 2005).

### c) Distribución

*Azotobacter* están presentes en suelos neutros, pero no en suelos ácidos. También se encuentran en el Ártico y la Antártida, los suelos a pesar del frío, corto periodo de cultivo y valores de pH relativamente bajos. En suelos secos, *Azotobacter* puede sobrevivir en forma de quistes de hasta 24 años. (Mar, et al., 2005).

Los representantes del género *Azotobacter* son de vida libre, sin tener simbióticas relaciones con las plantas, son bacterias fijadoras de nitrógeno, en contraste con *Rhizobium*, que normalmente fijan el nitrógeno molecular e la atmósfera; algunas especies *Azotobacter* están asociadas con las plantas. La fijación de nitrógeno es inhibida en presencia de las fuentes disponibles de nitrógeno, tales como iones de amonio y nitratos. *Azotobacter chroococcum*, puede utilizar diferentes fuentes de nitrógeno inorgánico como amonio, nitrato, nitrito o dinitrógeno, este microorganismo realiza la asimilación de nitrógeno en tres pasos: (Mar, et al., 2005).

- Transporte del nitrato dentro de la célula.
- Reducción del nitrato a nitrito.
- Reducción de nitrito a amonio.

Se ha reportado la presencia de dos polipeptidos con masas moleculares de 22kDa (P22) y 35kDa (P35), la expresión de estos genes es regulada por las fuentes de nitrógeno. La P22 está asociada a la membrana citoplasmática y es fosforilada en respuesta al nitrato, este polipeptido es una proteína sensorial para la asimilación de nitrato en *Azotobacter chroococcum*. (Muñoz et. al., 1996).

*Azotobacter* tiene una amplia gama de enzimas necesarias para llevar a cabo la fijación de nitrógeno: Ferredoxina, hidrogenasa y una importante enzima nitrogenasa. El proceso de fijación de nitrógeno requiere un influjo de energía en la forma de trifosfato de adenosina (ATP). La fijación de nitrógeno es muy sensible a la presencia de oxígeno y por lo tanto *Azotobacter* desarrolló un mecanismo especial de defensa contra el oxígeno, a saber, una intensificación significativa del

metabolismo que reduce la concentración de oxígeno en las células. También hay una proteína especial que protege nitrogenasa y está implicado a la protección de las células de oxígeno. Los mutantes no producen esta proteína, se notaron por el oxígeno durante la fijación del nitrógeno en la ausencia de una fuente de nitrógeno en el medio. (Mar, et al., 2005).

La nitrogenasa es la enzima más importante implicada en la fijación de nitrógeno. Especies de *Azotobacter* tiene varios tipos de nitrogenasa. El básico es el molibdeno hierro nitrogenasa. Un tipo alternativo contiene vanadio, es independiente de los iones de molibdeno y es más activa que la nitrogenasa Mo-Fe a bajas temperaturas. Por lo tanto, puede fijar el nitrógeno a temperaturas tan bajas como 5°C y su actividad a baja temperatura es 10 veces mayor que la de Mo-Fe nitrogenasa. (Mar, et al., 2005).

#### 2.2.2.4. Protección de las células de oxígeno

La fijación biológica del nitrógeno es una importante vía de acceso de N a los seres vivos, el proceso requiere de un aporte considerable de ATP para su actividad como para su síntesis, que exige un consumo significativo de Oxígeno ( $O_2$ ) durante la respiración celular. (Lucia, et. al., 2001).

El complejo enzimático nitrogenasa (NASA) responsable de este proceso es inactivado por el  $O_2$ , por lo que los diazótrofos han desarrollado una serie de estrategias dependiendo de su estilo de vida para resolver esta aparente paradoja y proteger a la NASA de su inactividad irreversible. (Mar, et al., 2005).

#### Estrategias:

- Evasión del  $O_2$  y desarrollo en ambientes anaeróbicos.
- Generación de barreras físicas de protección que impidan la difusión de  $O_2$  hacia la NASA, sin embargo en aerobios obligados, estas barreras no excluyen completamente el  $O_2$ , la composición de la barrera es importante, ya que no debe afectar la difusión del sustrato  $N_2$  al sitio activo del complejo enzimático.
- Eliminación metabólica del  $O_2$  para reducir su concentración a niveles aceptables cerca del complejo enzimático.
- Modificación de la NASA de tal manera que sea resistente a la inactivación.
- Síntesis de NOVO de la NASA alterando el equilibrio entre la inactivación y la síntesis. (Mantelin, et al., 2004).
- En teoría, un microorganismo puede proteger a su NASA del  $O_2$  por más de

un mecanismo. (Mantelin, et al., 2004).

#### **2.2.2.5. Autoprotección**

En *Azotobacter chroococcum* cuando el mecanismo de protección respiratoria no está funcionando al máximo nivel, la reducción del  $O_2$  por la NASA puede cooperar para evitar su inactivación. Esta reacción denominada autoprotección implica que la NASA es capaz de reducir el  $O_2$  siempre y cuando las células mantengan un aporte de poder reductor y energía (ATP). La reacción de la NASA y el  $O_2$  generan radicales de  $O_2$  tóxicos que depende de las concentraciones de  $O_2$  y Fe-proteína-Mg ADP, el  $O_2$  es reducido por ese componente al radical su peróxido  $O_2$  o  $H_2O_2$ . Estos productos serían eliminados por la catalasa y la superóxido dismutasa (SOD), por lo que esas enzimas tienen una función crucial en la fijación de nitrógeno aeróbica. (Mantelin, et al., 2004).

#### **2.2.2.6. Importancia**

*Azotobacter* también sintetizan algunas sustancias biológicamente activas, entre ellas algunas fitohormonas como las auxinas, lo que estimula el crecimiento de la planta. También facilitan la movilidad de los metales pesados en el suelo y por lo tanto mejoran la biorremediación del suelo con metales pesados, tales como el cadmio, mercurio y plomo. Algunos tipos de *Azotobacter* también pueden degradar cloro que contienen compuestos aromáticos, tales como 2,4,6-triclorofenol. Este último se utilizó anteriormente como insecticida, fungicida y herbicida, pero más tarde descubrió mutagénicos y carcinogénicos. (Mar, et al., 2005).

Además de la fijación de nitrógeno y excreción de amonio al medio, esta especie tiene la propiedad y la capacidad de biodegradar compuestos tóxicos y contaminantes; tener efecto antagónico con patógenos (Hongos, nematodos) en cultivos agrícolas, solubilizar fosfato tricálcico y producir fitohormonas. Es una bacteria que metaboliza compuestos fenólicos como ácido hidroxibenzoico, vanilínico, p-cumarico, ferulico y 4-hidroxifenilacético compuestos que se encuentran en aguas residuales procedentes de la extracción de aceite de oliva, estos ácidos tienen un efecto antibacterial, fitotóxico y generan coloración a las aguas residuales, debido a esto, son compuestos con alta carga contaminante para el ambiente. (Juárez et al., 2004).

También la capacidad de degradar plaguicidas cloroaromáticos contaminantes como el endosulfan por medio de enzimas deshalógenasas, dioxigenasas e



hidroxilasas. (Castillo et al., 2005).

Tiene la capacidad de inhibir el crecimiento de *Rhizoctonia solani* en cultivos de papa a temperaturas de 15 °C. (Sudhir, et al., 1983).

El efecto de bacterias rizosféricas en cultivos de maíz infectados con el nematodo *Heterodera avenae*, reportando que la máxima reducción de infección la produjo *Azotobacter chroococcum*, con un 48% seguido por *Pseudomonas* con 11% y *Azospirillum* con 4%. (Bansal et al., 1999).

### 2.3. CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*).

La papa, *Solanum tuberosum*, es el cuarto cultivo en la escala de alimentación en el Perú, después del trigo, arroz y maíz, sembrado en más de 100 países y es el alimento básico de los países Sudamericanos.

La papa contiene proteína de alta calidad (2%) cuenta con todos los aminoácidos esenciales y vitamina C.

En Europa a nivel industrial es utilizada en la producción de vodka, whisky, almidón y otras industrias la emplean como comidas rápidas (papas a la francesa) y chips (hojuelas) como es el caso de El Salvador. (Hurtado y Román, 2002). (Fotografía 03).



**FOTOGRAFÍA 3. Cultivo de papa en primeros estadios (*Solanum tuberosum*).**

#### 2.3.1. ORIGEN

El centro de origen de la papa se ubica entre Perú y Bolivia, cerca del lago Titicaca para la subespecie *andigenum*, aunque existen muchas especies silvestres en México, Guatemala, Ecuador y Chile; en este último, la Isla Chile se considera el centro secundario de la subespecie *tuberosum*. (Hurtado y Román 2002).

## 2.3.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino:	Plantae.
División:	Magoliophyta.
Clase:	Magnoliopsida.
Subclase:	Asteridae.
Orden:	Solanales.
Familia:	Solanáceas.
Género:	Solanum.
Especie:	<i>Solanum tuberosum L.</i>

## 2.3.3. MORFOLOGÍA DE LA PLANTA

### 2.3.3.1. Raíz

En las plantas provenientes de semilla sexual, la raíz principal es filiforme, a partir de la cual aparecen ramificaciones laterales que forman un sistema fibroso.

La raíz formada a partir de semilla tubérculo es fibrosa, no existe una raíz principal y posee muchas raíces adventicias. Su mayor crecimiento lo desarrolla en los primeros 0.20 m de profundidad, extendiéndose lateralmente de 0.30 hasta 0.60 m. Las raíces laterales fibrosas pueden llegar hasta 1.20m de profundidad, en suelos francos y profundos. (Tapia y Fries, 2007). (Fotografía 04).



**FOTOGRAFÍA 4.** Raíces del cultivo papa (*Solanum tuberosum*).

#### **2.3.3.2. Tallo**

La planta proveniente de semilla sexual tiene crecimiento inicial lento, con un tallo único que algunas veces ramifica, llegando a alcanzar una altura de 0.40 a 0.90 m a los 60 días, cuando comienza la floración (esto es cuando florece). Las hojas son compuestas, similares a las de la papa tubérculo. (Tapia y Fries, 2007).

Las plantas provenientes de semilla tubérculo emiten tallos herbáceos, erectos, que pueden explicar o determinar su crecimiento rastrero o semirastrero y algunas veces ramifican. Las hojas son compuestas, presentando un folíolo terminal, algunos laterales secundarios, pecíolos, raquis y hojas pseudoestipulares; alcanza su máximo crecimiento a los 35 y 40 días. La altura de la planta varía de 0.40 a 0.90 m. (Tapia y Fries, A. 2007).

#### **2.3.3.3. Flor**

La flor es pentámera tetracíclica, posee 5 estambres de color amarillo, anaranjado y un solo pistilo. La inflorescencia de la papa es una cima terminal que puede ser simple o compuesta. El color de las flores es variable: rosado, blanco, morado (varios tonos) o mezcla de 2 colores.

No todas las variedades provenientes de papa tubérculo y de semilla sexual florecen y forman bayas, en las variedades provenientes de semilla sexual la floración se retarda unas dos semanas más. (Tapia, y Fries, 2007).

#### **2.3.4. EXIGENCIAS AGROCLIMÁTICAS**



#### **2.3.4.1. Suelo**

Los suelos pesados con arcilla y limo son menos adecuados para este cultivo. Las papas pueden crecer casi en todos los tipos de suelos, salvo donde son muy salinos o alcalinos. Los suelos naturalmente que ofrecen menos resistencia al crecimiento de los tubérculos son los más convenientes, y los suelos arcillosos o de arena con arcilla y abundante materia orgánica con buen drenaje y ventilación, son los mejores. Se considera ideal un pH de 5,2 a 7.5 en el suelo y con una profundidad entre 25 y 30 cm. (Tapia y Fries, 2007).

El cultivo de papas requiere una gran preparación del suelo. Es necesario rastrillar el suelo hasta eliminar todas las raíces de la maleza hasta una profundidad de por lo menos 40 cm. Por lo general es necesario arar dos veces, pasar la rastra en forma cruzada y si es necesario aplicar el rodillo o desmenuzador, para que el suelo adquiera la condición adecuada: suave, bien drenado y bien ventilado. En algunos casos, se puede usar el tablón o nivelador. (Tapia y Fries, 2007).

#### **2.3.4.2. Agua**

Las variedades modernas de papa son sensibles a la falta de agua en el suelo y necesitan una irrigación frecuente y superficial. Un cultivo de papa de 120 a 150 días consume de 500 a 700 mm de agua, y la producción se reduce si se agota más del 50 % del total del agua disponible en el suelo durante el período de crecimiento. (Tapia y Fries, 2007).

Se debe considerar que el exceso de agua en el suelo, provoca una falta de oxígeno, un desarrollo pobre de las raíces, la pudrición de los tubérculos recién formados y de los que se utilizan como semilla, los cuales son especialmente susceptibles a la pudrición, máximo si se siembran y tapan estando húmedos. (Tapia y Fries, 2007).

La papa puede cultivarse tanto bajo condiciones de lluvia natural, como bajo riego, pero un exceso de la humedad ambiental alta favorece el desarrollo de la enfermedad conocida como tizón tardío. (Tapia y Fries, 2007).

La etapa más crítica en que la deficiencia de humedad en el suelo perjudica el cultivo, es al inicio de la formación de tubérculos hasta el final de la tuberización. (Tapia y Fries, 2007).

La excesiva variación de la humedad del suelo afecta la calidad de los tubérculos. Además, después de una sequía prolongada, el agua puede causar un segundo crecimiento de las plantas y presencia de “corazón vacío”. (Tapia y Fries, 2007).

Los métodos más comunes de irrigación para la papa utilizan sistemas de surcos o aspersión. La irrigación de surcos es relativamente poco eficaz en el uso del agua, y es conveniente cuando hay un suministro abundante de la misma. Donde hay escasez de agua es preferible la irrigación por aspersión o por goteo, sobre todo en suelos con poca capacidad de retención. El cultivo de la papa bajo condiciones de riego a gravedad consume entre 12,000 y 14,000 m<sup>3</sup> en los valles costeros. (Tapia y Fries, 2007).

### 2.3.5. LABORES AGRONÓMICAS

#### 2.3.5.1. Semilla

Generalmente se llama semilla al tubérculo seleccionado o destinado para la reproducción y producción de la papa; pero la verdadera semilla es producida en una baya de forma redonda, ovoide o cónica alargada y con un diámetro entre 1 a 3 cm, de color verde, en cuyo interior se encuentra la semilla sexual de papa, la forma y color de ésta es similar a la del tomate, pero con la mitad de su tamaño; es dicotiledónea, con un peso de 0.5 mg. En un gramo existen 1600 semillas y un promedio de 200 semillas por baya y 20 bayas por planta. (Tapia y Fries, 2007). (Fotografía 05).



FOTOGRAFÍA 5. Semillas sexuales de papa (*Solanum tuberosum* L.).

### 2.3.5.2. Siembra

La siembra es la instalación del campo de papa. Una buena siembra es aquella en la que las plantas emergen uniformemente y en el tiempo más corto posible. Normalmente las plantas emergen a la tercera o cuarta semana después de la siembra. En la fecha de siembra el terreno debe estar en condiciones óptimas al igual que las semillas; de la misma manera, en la siembra se debe tener disponibles al personal, los equipos, herramientas y los insumos agrícolas necesarios. Además de la semilla, en la siembra se incorpora al suelo los abonos y fertilizantes y, si fuera necesario, plaguicidas para reducir daños de plagas que pudieran presentarse en la zona. (Catalán y Egúsquiza, 2011).

#### 2.3.5.2.1. Condiciones que determinan los distanciamientos de siembra

- ✍ Si las semillas son viejas los distanciamientos serán más cortas.
- ✍ Si las semillas son grandes las distancias serán mayores.
- ✍ Si la variedad es de plantas altas, los distanciamientos serán mayores.
- ✍ Si el suelo es pesado (arcilloso) los distanciamientos serán mayores.
- ✍ Si el suelo es fértil, los distanciamientos serán mayores.
- ✍ Si la zona es muy lluviosa los distanciamientos serán mayores.
- ✍ Si la siembra es para producción de semilla, los distanciamientos serán menores. (Catalán y Egúsquiza, 2011).

Semilla vieja	Semilla nueva
Emergencia más rápida	Emergencia tardía
Tuberización temprana	Tuberización tardía
Mayor número de tallos	Menor número de tallos
Menor desarrollo del follaje	Mayor desarrollo del follaje
Maduración temprana	Maduración tardía
Rendimiento bajo	Rendimiento alto
Senescencia más temprana	Senescencia más temprana

**FOTOGRAFÍA 6. Distanciamiento de Siembra.**



### 2.3.5.2.2. Colocación de la semilla

Las semillas deben colocarse en el surco de siembra con cuidado y con los brotes hacia arriba. Los distanciamientos de siembra entre surcos y entre semillas varían según las condiciones que se muestran en el gráfico 08 pero, mayormente, los surcos se trazan de 100 cm (un metro) y las semillas se distancian 30 cm. (Catalán y Egúsqiza, 2011).

### 2.3.5.3. Tapado de semillas

La cantidad de tierra con la que se tapa la semilla determina la profundidad de siembra. Tomar en cuenta que la profundidad varía en los siguientes casos:

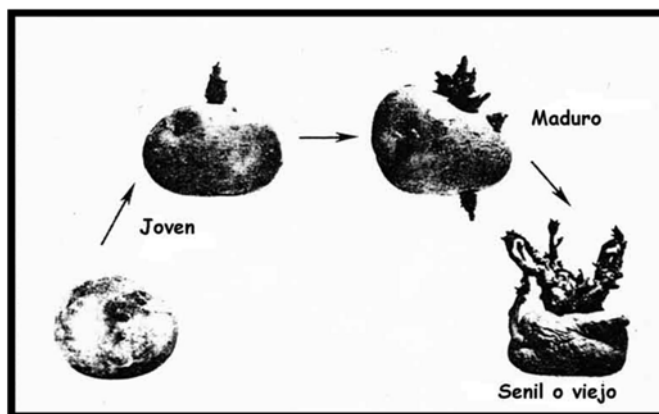
Si la semilla esta envejecida, la profundidad debe ser menor. Si la semilla es pequeña, la profundidad debe ser menor Si se siembra en época de mucha lluvia, la profundidad debe ser menor. Si el suelo es suelto (arenoso) la profundidad debe ser mayor. Si se siembra en seco por ausencia de lluvia, la profundidad debe ser mayor. (Catalán y Egúsqiza, 2011).

### 2.3.5.4. Germinación

La semilla tubérculo, para germinar, tiene que pasar por un período de reposo o dormancia de 2 a 3 meses; después de ese período emite brotes de 0.5 a 1 cm de longitud, y es cuando el tubérculo está apto para la siembra. La emergencia de la planta sucede después de 12 días de haber sido sembrada. (Tapia y Fries, 2007).

### 2.3.5.5. Emergencia

Los brotes emergen a los 10-12 días en tubérculos y de 8 a 10 días en semilla sexual, cuando son plantados en el campo y tienen las condiciones adecuadas de temperatura y humedad en el suelo, para su desarrollo. (Hurtado y Román, 2002). (Fotografía 07).



**FOTOGRAFÍA 7. Papa (*Solanum tuberosum L.*) en diferentes fases de brotación.****2.3.5.6. Formación de tubérculos**

Los tubérculos comienzan a formarse a partir de los estolones, que son tallos laterales que crecen dentro del suelo y son emitidos por los tallos principales, cuando la planta comienza la floración (en variedades que florecen); generalmente esto ocurre de 35 a 45 días después de la siembra. Los tubérculos están formados a los 60 días, desarrollándose hasta cuando la planta alcanza su madurez fisiológica: 90 días para variedades precoces, y 110 a 120 para variedades de ciclo intermedio, y más de 120 para variedades tardías. (Tapia y Fries, A. 2007). (Fotografía 08).

**FOTOGRAFÍA 8. Cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) en tuberización.****2.3.5.7. Fertilización**

El gasto en fertilizantes representa entre 7 a 10% del costo de producción; en algunos casos hasta un 30%, esto de acuerdo con el grado de tecnificación del cultivo. (Hurtado y Román, 2002).

Para tomar la decisión de cómo fertilizar la papa y adicionar las cantidades necesarias y adecuadas de nutrición al suelo, es necesario la realización del análisis de suelo; debiendo determinarse el contenido de Nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), aluminio (Al), materia orgánica, acidez total, densidad aparente, textura y pH. Los requerimientos nutricionales de la papa son: 150 kg. N, 120 kg. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 90 kg K<sub>2</sub>O. Además requiere cantidades moderadas de Mg, S y algunos microelementos como: B, Ca, Mo, Mn, Fe, Cu, y Zn. (Hurtado y Román, 2002).

Cuando se aplican cantidades de nitrógeno muy altas, en relación con la disponibilidad de los otros elementos, se induce a la producción de papas extra grandes, pero se reduce su contenido de almidones. Además aumenta la susceptibilidad de las plantas a las plagas, especialmente a las enfermedades causadas por hongos y bacterias. (Hurtado y Román, 2002).

El  $P_2O_5$  y el  $K_2O$  deben aplicarse en su totalidad al momento de la siembra; como fuente de nitrógeno se puede usar la Urea 45%, Nitrato de Amonio 33%; como fuente de  $P_2O_5$  el triple superfosfato 46% y fosfato simple 20% y como  $K_2O$  Muriato de Potasio 0-0-60, Sulfato de Potasio (formula 0-0-50-17), o bien fórmulas completas como la 15-15-15,18-46-0, 12-24-12. (Hurtado y Román, 2002).

#### 2.3.5.8. Riego

En el país, el cultivo de la papa prospera satisfactoriamente en lugares donde hay abundancia de lluvia o disponibilidad de agua para riego, ya que el sistema radical efectivo de la papa se encuentra entre los 0.20 a 0.60 m de profundidad necesitando de 500 a 700 mm de agua durante su período vegetativo. (Hurtado y Román, 2002).

En época seca el cultivo demanda la aplicación de riegos frecuentes y ligeros, para tratar de mantener el suelo a capacidad de campo, debido a que los niveles bajos de humedad afectan negativamente el rendimiento, tamaño y calidad de la papa. (Hurtado y Román, 2002).

Los cambios bruscos en el contenido de humedad en el suelo causan deformaciones en los tubérculos y mayor ataque de larvas de polillas de la papa. Los excesos de humedad favorecen la diseminación de bacterias (*Ralstonia solanacearum*), hongos (*Phytophthora infestans*), recomendándose mantener el agotamiento permisible entre el 30 al 35% del agua útil en el suelo. (Hurtado y Román, 2002).

Las modalidades de riego utilizadas son: por gravedad (en surcos rectos y corrugaciones): aplicando el agua por medio de canales y tubos sifones; aspersion: en el cual se utilizan aspersores comerciales y artesanales; estos últimos tienen el inconveniente que las descargas (caudal) y la presión de operación varían en la línea de riego. (Hurtado y Román, 2002).

En suelos planos, donde se cultive papa, es recomendable nivelarlos y dejarlos con una pendiente muy suave de 1:1000, dependiendo del tipo de suelo;



empleando para ello maquinaria adecuada para este fin; además debe diseñarse el sistema de distribución del agua dentro de la parcela, por ejemplo: canales, surcos y drenes. (Hurtado y Román, 2002).

La papa es relativamente sensible al déficit de agua, por lo que ésta no debe agotarse más de un 30 a 35% del total disponible, especialmente durante la formación y crecimiento de los tubérculos. Se recomienda el uso de tensiómetros para determinar el momento que debe regarse; calibrando estos según el tipo de suelo y la localidad. (Hurtado y Román, 2002).

### **2.3.5.9. Aporque**

El aporque o calza consiste en depositar suelo en el tronco o cuello de la planta, para mejorar su sostén y producción de tubérculos. En variedades de estolón corto, se recomienda 1 aporque a los 35 días después de la siembra, posteriormente debe realizarse una aplicación con fungicida de contacto o sistémico para evitar daños de tizón tardío. (Hurtado y Román, 2002).

A las variedades de estolón largo es conveniente darles dos aporques: el primero a los 25 días después de siembra y el otro a los 40-45 días después de siembra (a la tuberización de la plantación). (Hurtado y Román, 2002).

Esta es una labor agronómica que consiste en llevar tierra de la base del surco hasta el cuello de la planta. En la siembra directa en camas, el aporque nos garantiza las siguientes ventajas:

- ✍ Aísla los tubérculos de insectos plaga como son las polillas o palomillas.
- ✍ Aísla los tubérculos de la exposición a la luz, evitándose el “verdeamiento” de estos.
- ✍ Mejora el drenaje de los surcos o camas.
- ✍ Cumple “control cultural” de malezas.
- ✍ Da mayor anclaje a la planta.
- ✍ Cubre productos aplicados en este momento como fertilizantes, insecticidas, etc. (Arias, et. al. 2008).

Cuando se levantan las camas después de la siembra y con el aporque (como en la producción tradicional), se causan daños a las raíces del cultivo que reducen generalmente los rendimientos. Por eso, es importante hacer el aporque con los cultivos que fueron sembrados directamente en camas. (Arias, et. al. 2008).

Normalmente el aporque es una práctica que por razones económicas solo se hace una vez en el ciclo del cultivo. Se llevará a cabo entre los 20 a 30 días después de la siembra, dependiendo del crecimiento de la planta. Es importante no retrasar mucho esta labor ya que cuando hay una masa vegetal abundante los daños mecánicos son altos y aparecen problemas de enfermedades bacterianas. (Arias, et. al. 2008).

#### **2.3.5.10. Cosecha**

Este estado del cultivo se define por los días del ciclo vegetativo de la variedad sembrada (precoz, intermedia o tardía) o bien cuando el follaje comienza a volverse amarillo en forma generalizada y las hojas comienzan a caerse de manera natural. (Hurtado y Román, 2002).

Es conveniente cortar el follaje unos 10 días antes de la cosecha, para que la piel de los tubérculos se vuelva más fuerte, y acelera su madurez. Esta práctica favorece la acumulación de materia seca, condición importante en la calidad del producto, y control de la polilla de la papa y cualquier daño físico o la pérdida de humedad. (Hurtado y Román, 2002).

La cosecha debe hacerse en horas tempranas de la mañana y con tiempo seco; el arranque se hace manualmente. Es conveniente cosechar con cuidado para evitar heridas sobre la superficie de las papas, porque se convierten en la principal vía de entrada de múltiples enfermedades. (Hurtado y Román, 2002).

Los tubérculos deben dejarse extendidos en el suelo expuestos al sol por un periodo de 2 horas para que se aireen y se sequen bien, lo que ayuda a terminar de suberizar la piel del tubérculo, lo cual al frotarse con las manos no debe desprenderse, esto contribuye a evitar daños durante el manipuleo, transporte y almacenamiento, también facilita el desprendimiento de la tierra adherida. (Hurtado y Román, 2002).

### **2.3.6. VARIEDAD DE PAPA ÚNICA**

#### **2.3.6.1. Generalidades sobre papa Única**

La ÚNICA es el resultado de las investigaciones participativas con los agricultores (Asociaciones de Productores), las instituciones nacionales de investigación en el sector agrícola (Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” de Ica) y el Centro Internacional de la Papa (CIP). El nombre de ÚNICA, es un reconocimiento a la Universidad Nacional “San Luis

Gonzaga” de Ica, como alma mater de los profesionales en dicha región y representa una abreviación e iniciales de dicha universidad. (Bonierbale y Gutiérrez, et. al 2012).

La selección que se realizó durante 3 años y en diferentes épocas y entre los cuales se incluyeron las progenies seleccionadas en el diseño genético (Línea x Probador). La genealogía de la ÚNICA es:

El clon identificado con el código del investigador o campo: C92.140 y con el código del CIP No. 392797.22, posteriormente fue denominado la variedad UNICA. El proceso de selección se inició el año 1991, el cual tuvo tres fases: (Bonierbale y Gutiérrez, et. al 2012).

- ✍ Por resistencia a virus PVY (Potato Virus Y) y PVX (Potato Virus X).
- ✍ Por tolerancia al virus PLRV (Potato Leaf Roll Virus) y al nematodo RKN (Root Knot Nematode).
- ✍ Por adaptabilidad a climas áridos y cálidos.

Las primeras evaluaciones se realizaron en las Estaciones Experimentales del CIP, y posteriormente en diversos valles de la costa peruana (Virú, Barranca, Cañete, Ica, Nasca, Majes, Tacna). Finalmente fueron seleccionados en los valles de Ica y Nazca con la aprobación de los agricultores e investigadores locales. (Bonierbale y Gutiérrez, et. al 2012).

En el año 1998 (UNICA, 1998), fue liberada a los agricultores por la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica y en el 2005 fue inscrita en el Registro Nacional de Cultivares con el registro N° 001-2005-AG-SENASA-DGSV (SENASA, 2005) con el apoyo de los fondos provenientes del Proyecto FONTAGRO. (Bonierbale y Gutiérrez, et. al 2012).

#### **2.3.6.2. Descripción varietal**

En general, la planta de la variedad UNICA es herbácea con hábito de crecimiento erecto, los tallos son gruesos de color verde oscuro, alcanzando una longitud entre 0.90 a 1.20 metro. Las hojas son compuestas y se distribuyen en espiral sobre el tallo. Tiene floración moderada entrada la temporada de primavera en Costa, escasa floración en el invierno en Costa y ausencia de floración en condiciones de Sierra;



las flores son violetas y no forman bayas en épocas con bajas temperaturas. Los estolones son alargados en el invierno o bajo condiciones de Sierra; ligeramente cortos y pegados al tallo en la primavera. (Bonierbale y Gutiérrez, et. al 2012).

Los tubérculos son oblongos y alargados, con ojos superficiales y en la parte del ojo apical es semiprofundo. Se forman ligeras protuberancias en los ojos hacia finales de la primavera, volviéndose más liso en el invierno o bajo condiciones de Sierra. Estas protuberancias se presentan también cuando los niveles de nitrógeno elevados, cuando hay períodos de estrés hídrico prolongados o cuando se retrasa el período de cosecha. (Bonierbale y Gutiérrez, et. al 2012).

La piel del tubérculo es de color rosado, que toma una tonalidad más clara hacia finales de la primavera en la Costa y es roja en condiciones de Sierra. La pulpa es crema. (Bonierbale y Gutiérrez, et. al 2012).

#### **2.3.6.3. Comportamiento agronómico**

El período de dormancia de la semilla alcanza los 40 a 50 días, presenta ligera dominancia apical. El período vegetativo es Precoz (70 a 90 dds) en condiciones de trópico alto o Sierra (2,000 a 3,800 msnm) para fines de multiplicación de semilla. Presenta características de semiprecoz (90 a 120 dds) en condiciones de trópico bajo como la Costa o los Valles Interandinos (0 a 1,500 msnm). (Bonierbale y Gutiérrez, et. al 2012).

Alto rendimiento potencial (50 t/ha). Para el invierno en zonas de Costa (trópico bajo) y en épocas húmedas de la zona Sierra (trópico alto) se puede alcanzar el rendimiento potencial. En la primavera y en la época seca de las respectivas zonas se reduce el rendimiento. Comercialmente se pueden lograr rendimientos promedios de hasta 40 tn/ha. (Bonierbale y Gutiérrez, et. al 2012).

Posee tolerancia a la sequía, ligera tolerancia a sales y a temperaturas cálidas, pudiendo tuberizar con temperaturas nocturnas de hasta 16° C. La amplia adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas de la Costa Peruana, favorece la programación de las siembras y cosechas en una mayor amplitud de épocas (CIP, 1997; CIP, 1998; UNICA, 1998). (Bonierbale y Gutiérrez, et. al 2012).

#### 2.3.6.4. Resistencia a factores bióticos

El CIP ha establecido una estandarización de las evaluaciones en experimentos homogéneos que busquen determinar niveles de resistencias, tolerancias o susceptibilidad a los diferentes factores bióticos (virus, tizón tardío, nematodo, marchitez bacteriana, mosca minadora), con ese fin se realizan evaluaciones en el Standard Evaluation Trials - SET, según los diferentes protocolos (CIP, 2005), a continuación se presentan algunos resultados relacionados con la variedad UNICA. (Bonierbale y Gutiérrez, et. al 2012).

Para el caso del PVY se realizó la prueba de inoculación mecánica y prueba de injerto en invernadero, en ambas resulta negativa a la prueba de Enzyme-Linked Immunosorbent Assay - ELISA, lo cual se considera como resistente. Para la evaluación del PVX se realizó igualmente la prueba de inoculación mecánica y prueba de injerto en invernadero, en ambas resulta positiva a la prueba de ELISA, lo cual se considera como susceptible. En la evaluación del PLRV se realizó por infección natural en campo, sembrándose por tres campañas consecutivas, después de la tercera campaña y realizada la prueba de ELISA, el cultivar UNICA solo había sido infectado en 15.8% de las plantas sembradas, lo cual es considerado resistente. (Bonierbale y Gutiérrez, et. al 2012).

La evaluación de ranca (*Phytophthora infestans*) considera siembra en dos ambientes, describiendo como ataque moderado a la zona de Comas-Junín y como ataque severo a la zona de Oxapampa-Cerro de Pasco (CIP, 2005). En cada caso se midió el nivel de daño por el hongo en las hojas, obteniéndose el Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (Area Under the Disease Progress Curve - AUDPC), que para el caso del cultivar UNICA se obtuvo 964 de AUDPC en ataque moderado (Control resistente: 750 / Control susceptible: 1230) y 2901 de AUDPC en ataque severo (Control resistente: 1387 / Control susceptible: 2835). En tal sentido se considera como ligeramente tolerante a ranca o tizón tardío (*Phytophthora infestans*). (Bonierbale y Gutiérrez, et. al 2012).

La evaluación para mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*) considera dos momentos, cuando la población de la plaga es baja denominada presión intermedia y cuando la población es mayor denominada presión

alta, en ambos casos la localidad para evaluación es Cañete-Lima. Se mide el daño en las hojas por efecto de la larva de la mosca, el mismo que se cuantifica en tres momentos de desarrollo del cultivo. Cuando el nivel de daño está por debajo de 40% al final de la presión intermedia, se realiza una segunda evaluación en presión intermedia y se somete a una primera evaluación a presión moderada. (Bonierbale y Gutiérrez, et. al 2012).

El cultivar UNICA obtuvo un valor de 55.6% en la primera evaluación de presión intermedia, considerándose como muy susceptible a mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*), no obstante existieron clones que estuvieron en valores de 100% de daño, mientras que el control tolerante alcanzó 17.2% de daño (CIP, 2005). (Bonierbale y Gutiérrez, et. al 2012).

La evaluación para nematodo del nudo (*Meloidogyne ssp.*) o RKN (*Root Knot Nematodo*), se realiza en invernaderos inoculando las macetas donde se siembra los tubérculos, posteriormente se cuentan el número de nódulos que se forman en las raíces (CIP, 2005). El cultivar UNICA resultó moderadamente resistente al nematodo del nudo (*Meloidogyne ssp.*). (Bonierbale y Gutiérrez, et. al 2012).

La evaluación para marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) se realiza en Carhuaz Ancash (CIP, 2005), haciéndose en una campo infectado con la bacteria, se realizan tres evaluaciones en diferentes momentos del cultivo, identificando la sintomatología. Como resultado se tiene que el cultivar UNICA presenta resistencia a Mar et al, (2009)chitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*). (Bonierbale y Gutiérrez, et. al 2012).

#### 2.4. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN REALIZADOS

- ✍ **HERNÁNDEZ, y LEÓN, et al.** 2009, indican en el trabajo Aplicación de *Azotobacter chroococcum* en La Producción de Plántulas de Tabaco Negro pronuncia que durante la campaña tabacalera 2008/2009 se realizó un experimento en la Estación Experimental del Tabaco de San Juan y Martínez, Pinar del Río, con el objetivo de conocer el efecto de la aplicación de biofertilizantes a base de la bacteria fijadora de dinitrógeno atmosférico, *Azotobacter chroococcum* y su combinación con la bacteria solubilizadora del fósforo del suelo *Bacillus megatherium* var., phosphaticum sobre las



características morfológicas de las plántulas de tabaco obtenidas en semilleros tecnificados. Los resultados mostraron que con la utilización de los biofertilizantes mejoraron las características morfofisiológicas de las plántulas, tales como la longitud, el diámetro del tallo, la masa fresca y seca total y el área foliar. Además, la utilización de estos bioproductos permite reducir la dosis de fertilizante químico nitrogenado y fosfórico en 25 % y 50 % respectivamente.

✍ **GANDARILLA y GONZÁLEZ, et al.** 2000, indican en el artículo Uso de inoculantes microbianos y su impacto en la sostenibilidad de las producciones hortícolas menciona que para ayudar a mantener la estabilidad en las producciones hortícolas así como mejorar la protección del medio ambiente y la salud humana se condujeron experimentos con el propósito de conocer el efecto de diferentes cepas nativas de *Azotobacter chroococcum*. Los resultados evidencian en general una estimulación en los parámetros evaluados (rendimiento, altura de la planta, porcentajes de materia seca, vitamina C, sólidos solubles totales, N, P y K en el fruto y el follaje) así como los contenidos de fósforo, potasio y materia orgánica en el sustrato. Se destaca por sus efectos positivos, estimuladora del desarrollo y rendimiento de los cultivos evaluados, la cepa nativa FS-2 (aislada de un suelo Fersialítico Pardo Rojizo) por cuyo concepto se obtuvo una ganancia de \$ 29.56 m<sup>2</sup>, con un incremento en los rendimientos de 53 % respecto a la cepa de referencia INIFAT-12.

**CONSTANTINO y GÓMEZ,** 2011, indican en el trabajo Efecto de la inoculación de (*Azotobacter chroococcum* y *Glomus intraradices*) en el crecimiento y nutrición de plántulas de papaya en fase de vivero, que se evaluó la etapa y el número de aplicaciones de los biofertilizantes (*Azotobacter chroococcum* y *Glomus intraradices*), sobre el crecimiento, biomasa y nutrición de papaya en fase de vivero y tuvo como resultados que la doble inoculación (semilla y plántula) promovió un mayor crecimiento y biomasa en el cultivo, en comparación con la inoculación simple (solo en plántulas), cuando se adicionó una dosis intermedia de materia orgánica (25 a 35%) y se aplicó *G. intraradices* como simple inoculante. Sin embargo, la inoculación simple o combinada no modificó el contenido de nutrientes en las plántulas de papaya.

✍ **NELIS F.,** 2007, en el trabajo Desarrollo, producción y evaluación de Biofertilizantes para la caña de azúcar y otros cultivos, indica que teniendo en

cuenta que la fertilización constituye una actividad fundamental para la producción agrícola, y que los fertilizantes convencionales pueden ser tóxicos para la salud humana y el medio ambiente, se presenta como una opción muy interesante la utilización de bacterias conocidas como promotoras del crecimiento vegetal (PGPB), En el proyecto se propuso cerrar la cadena productiva incluyendo la comercialización y aplicación del biofertilizante NITROFIX estableciendo el procedimiento en la planta de producción de Cuba 10. Se pretende además obtener un inoculante solubilizador de fósforo mediante el aislamiento de microorganismos de suelos rizosféricos, las cepas serán caracterizadas desde el punto de vista bioquímico-molecular, así como desarrollar un procedimiento biotecnológico para la producción *Gluconacetobacter diazotrophicus*, bacteria que coloniza la caña de azúcar de forma endofítica, es considerada la principal candidata a convertirse en un biofertilizante para la caña de azúcar, por encima de otras especies diazotróficas, ha sido demostrado que *G. diazotrophicus* tiene efectivamente la capacidad de excretar el 50% del nitrógeno fijado, así como de producir diversas auxinas, ejerciendo efectos directos sobre la fisiología de la planta e influir sobre el crecimiento de la caña de azúcar

- ✓ **DÁVILA y GALLEGOS, et al** 2013, indican en el artículo Actinomicetos antagonistas contra hongos fitopatógenos de importancia agrícola opinan que en el trabajo realizado durante 2008 en Saltillo, Coahuila, (México), con el objetivo de aislar actinomicetos en diferentes medios de cultivo y evaluar su efecto antagonista *in vitro* contra hongos fitopatógenos de importancia económica. En los bioensayos de antibiosis *in vitro* contra hongos fitopatógenos como *Alternaria* sp., *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp. y *Colletotrichum* sp. en los medios PDA y ACD, los efectos antagonistas (% -de inhibición) fueron diferentes estadísticamente ( $p= 0.05$ ). Los mejores resultados de inhibición se obtuvieron con *Streptomyces* spp., APC70 contra *Alternaria* (57.6%); mientras que *Streptomyces* spp., AAH5 3 lo fue para *Rhizoctonia*, *Fusarium* y *Colletotrichum* en 53.08%, 49.36% y 61.57%, respectivamente. Los actinomicetos saprofitos mostraron potencial antagonístico y actividad inhibitoria contra hongos fitopatógenos.



## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL

Este trabajo de investigación se llevó a cabo en el Fundo “La Banda”, Huasacache, de la Universidad Católica de “Santa María”, ubicado en el Distrito de Hunter, Arequipa. Políticamente se halla en la Región Arequipa, Provincia de Arequipa, Distrito de Hunter. Geográficamente se encuentra en una Latitud  $16^{\circ} 26'16.57''S$ , Longitud  $71^{\circ} 33'38.73''O$  y a 2256 msnm. (Fotografía 08).



Fuente: Google earth

**FOTOGRAFÍA 9.** Fundo “La Banda”, Huasacache, Hunter.

#### 3.2. FECHA DE INICIO Y TÉRMINO

- Inicio : Enero del 2016.
- Término: Octubre del 2016.

#### 3.3. CLIMATOLOGÍA

Los datos climáticos se obtuvieron de la Estación Meteorológica de Huasacache,

perteneciente al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), estos datos se encuentran en el Cuadro 01 y la representación gráfica en el Gráfico 01.

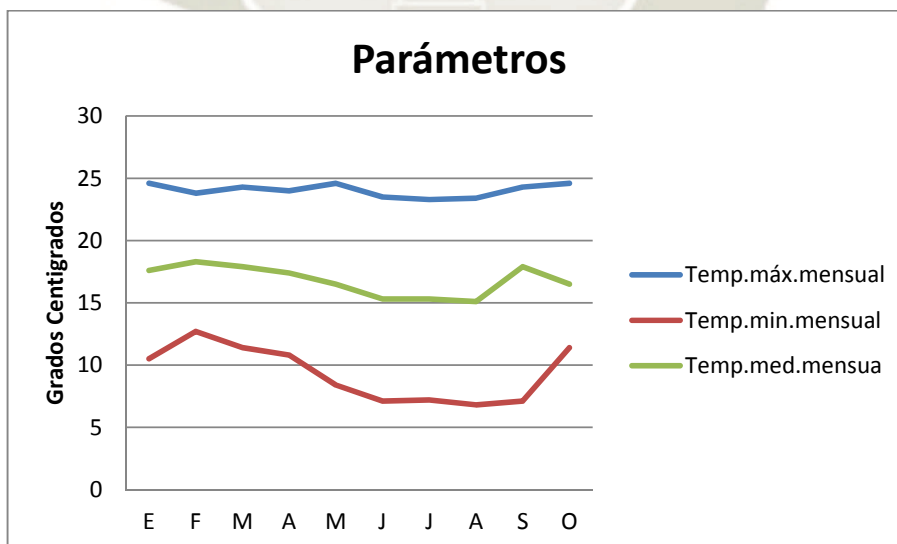
La temperatura máxima mensual se registra en el mes de Enero y Mayo con 24.6°C, respectivamente, la temperatura mínima mensual más baja en el mes de Agosto con 6.8 °C; en cuanto a la humedad relativa la más alta se registra en el mes de Febrero con 72% y la más baja en Julio con 40%.

El mayor número de horas de sol fue registrado en el mes de agosto con 9.6. La máxima velocidad de viento se registró en junio con 4.0 m/s.

Parámetros	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O
Temp.máx.mensual	24.6	23.8	24.3	24	24.6	23.5	23.3	23.4	24.3	24.6
Temp.min.mensual	10.5	12.7	11.4	10.8	8.4	7.1	7.2	6.8	7.1	11.4
Temp.med.mensua	17.6	18.3	17.9	17.4	16.5	15.3	15.3	15.1	17.9	16.5
Humedad relativa	52	72	66	63	47	41	40	42	63	40
Horas de sol	7.4	8.4	7.5	8.5	9.4	8.7	9.2	9.6	9.2	9.4
Velocidad viento	3.5	3.1	3.4	3.5	3.9	4	3.9	3.2	3.5	3.9

**CUADRO 1. Registros meteorológicos Estación Huasacache. SENAMHI. 2016**

Fuente: SENAMHI. Oficina General de Estadísticas e informática



**GRÁFICO 1. Temperaturas en el Fundo "La Banda" (Enero 2016-Mayo 2016)**

### 3.4. RECURSO AGUA

El agua que se utilizó en el estudio fue potable, en la que se observa que por sus características es un agua de buena calidad, según el Índice de Scott, la clasificación Willcox y sus valores de pH y CE. En cuanto al RAS presenta un nivel bajo y según la Clasificación del Laboratorio de Salinidad de Riverside, es un agua C2S1, lo que indica que es un agua con salinidad media y con contenido bajo de sodio, apta para todo tipo de riegos. (Cuadro 02).

**CUADRO 2. Análisis de agua. Fundo “La Banda”. Huasacache. 2016**

Variables	Unidad	Valor	Grado de restricción	Calidad de agua
<b>Ca</b>	meq/l	2.000	Ninguno	-----
<b>Mg</b>	meq/l	0.333	Ninguno	-----
<b>Ph</b>	-----	7.0	Neutro	Buena
<b>CE</b>	mS/cm	0.52	Bajo	Buena
<b>RAS</b>	-----	1.91	Ninguno	Buena
<b>Dureza</b>	-----	10	-----	Blanda
<b>Indice Scott</b>	mg/l	Mayor 18	-----	Buena
<b>Clasificación Willcox</b>	-----	-----	-----	Buena

Fuente: Tesis de Grado Chevarria, Mary 2016.

### 3.5. RECURSO SUSTRATOS

El mejor medio de cultivo depende de numerosos factores como son el tipo de material vegetal con el que se trabaja, especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas y programas de riego y fertilización, aspectos económicos, etc.

Para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se requieren las siguientes características del medio de cultivo:

#### a) Propiedades físicas:

- Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible.
- Suficiente suministro de aire.
- Distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones anteriores.
- Baja densidad aparente.
- Elevada porosidad.
- Estructura estable, que impida la contracción (o hinchazón del medio).



**b) Propiedades químicas:**

- Baja o apreciable capacidad de intercambio catiónico, dependiendo de que la fertirrigación se aplique permanentemente o de modo intermitente, respectivamente.
- Suficiente nivel de nutrientes asimilables.
- Baja salinidad.
- Elevada capacidad tampón y capacidad para mantener constante el pH.
- Mínima velocidad de descomposición.

**c) Otras propiedades.**

- Libre de semillas de malas hierbas, nematodos y otros patógenos y sustancias fitotóxicas.
- Reproductividad y disponibilidad.
- Bajo coste.
- Fácil de mezclar.
- Fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección.
- Resistencia a cambios externos físicos, químicos y ambientales. (Fotografía 09).

**CUADRO 3. Concentrado de materiales.**

PIEDRA POMA	COMPOST
50%	50%



**FOTOGRAFÍA 10. Sustrato empleado en el estudio.**

### 3.6. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.6.1. MATERIALES

##### 3.6.1.1. Materiales de campo.

- ✍ Bomba de mochila.
- ✍ Sustratos.
- ✍ Carteles.
- ✍ Equipo de protección.
- ✍ Estacas.
- ✍ Fertilizantes.
- ✍ Herramientas de labranza.
- ✍ Libreta de campo.
- ✍ Materiales de cosecha.
- ✍ Pesticidas.
- ✍ Rótulos.
- ✍ Vernier.

##### 3.6.1.2. Material Biológico.

- ✍ Semilla tubérculo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) Var. Unica.
- ✍ Bacterias *Azotobacter*.

##### 3.6.1.3. Material de Laboratorio.

- ✍ Balanza.
- ✍ Bandejas.
- ✍ Bolsas de papel.
- ✍ Estufa.

##### 3.6.1.4. Material de Escritorio

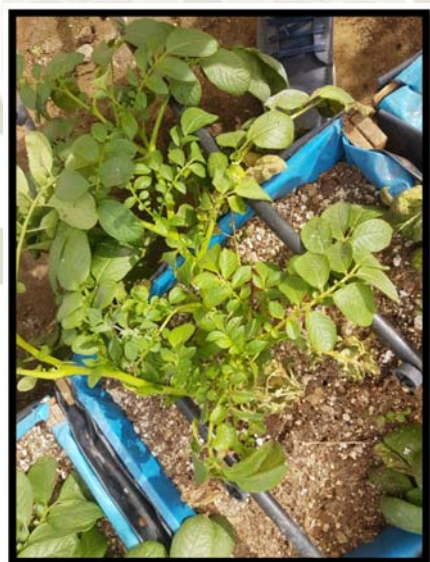
- ✍ Calculadora.
- ✍ Cámara fotográfica.
- ✍ Computadora.
- ✍ USB.
- ✍ Programa Software: SAS® 9.1, SPSS® Minitab para Windows.
- ✍ Programa Software: Image J. para calcular área foliar.

#### 3.6.2. METODOLOGÍA SEGUIDA

El ensayo se realizó en macetas de 50 cm. x 40 cm. Cada maceta con una planta de papa. Se utilizó riego por goteo. El cultivo se instaló en enero 2016. Se realizaron 5 evaluaciones durante el periodo vegetativo del cultivo cada 25 días culminando a los 120 días; fecha que coincide con la cosecha del cultivo. (Fotografías 10, 11 y 12).

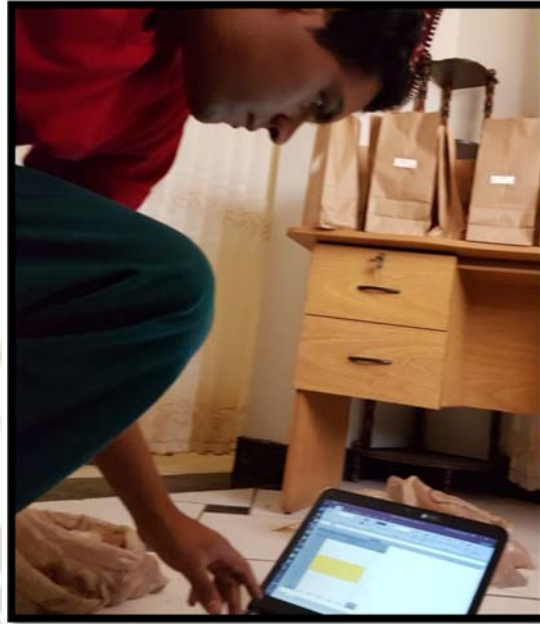


**FOTOGRAFÍA 11. Jabas como maceteros 30x40 cm.**



**FOTOGRAFÍA 12. Riego por goteo en las macetas.**





**FOTOGRAFÍA 13. Toma de datos.**

**Procedimiento:**

- a) La aplicación de fertilizantes inorgánicos se realizó calculando la dosis de fertilización recomendada según literatura en relación con el área a trabajar.
- b) La inoculación de las bacterias (*Azotobacter*) se hará al inicio de la siembra donde como principal objetivo es formar sinergia de la rizósfera del cultivo con la bacteria. La bacteria será encargada de dar disponibilidad a los nutrientes que estarán el suelo mejorando las capacidades organolépticas de este.
- c) La bacteria (*Azotobacter*) necesita un medio en el cual desarrollarse puesto que esta no hará simbiosis con la rizosfera. Se determinara la presencia de este tipo de bacterias con la prueba de tinción de bacterias GRAM+ y GRAM-. Entonces el medio en el cual se desarrolla la bacteria será un compuesto llamado colide el cual se obtuvo de compost descompuesto.
- d) En los tratamientos 1, 2 y 3 se formaron colonias donde la bacteria por medio de sinergia lograra una disponibilidad de nutrientes para la planta. (Fotografía 12 y Fotografía 13).



**FOTOGRAFÍA 14. Análisis de sustratos y número de colonias formadas.**

### 3.7. COMPONENTES EN ESTUDIO

- ✦ Semilla tubérculo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) var. Única.
- ✦ Bacterias *Azotobacter*.

### 3.8. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleó el Diseño Completamente al Azar, (DCA). 5 tratamientos con 3 repeticiones. Cada repetición con 6 macetas por tratamiento con la finalidad que se elimine una maceta por tratamiento cada 25 días para su evaluación. En total 90 macetas.

#### Tratamientos en estudio.

El medio donde se desarrolló el cultivo estuvo compuesto de: 50% compost y 50% piedra poma en todos los tratamientos.

El producto que se utilizó fue Azotolam (*Azotobacter*); su concentración es  $2.0 \times 10^{-6}$  ufc/gr/suelo; es comercializada en frascos de 1 litro.

Método de inoculación: Se disolvió la cantidad de Azotolam que requirió cada tratamiento en un tanque de 200 litros y por medio de una bomba



centrifuga de agua 0.5 HP.; se inyectó al sistema de fértil riego a las líneas de gotero.

De la misma manera se hizo la fertilización química; con la diferencia que se preparó previamente un caldo de fertilizantes, aplicando solo el sobrenadante.

#### **Tratamiento 1. (T1).**

Este tratamiento no tuvo ninguna aplicación de fertilizantes inorgánicos ni inoculación de bacterias (*Azotobacter*) con la finalidad de determinar la efectividad en relación con los demás tratamientos. Por lo tanto se determinó como el testigo.

#### **Tratamiento 2. (T2).**

Se aplicó fertilizantes inorgánicos 150 kg. N, 120 kg. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 90 kg K<sub>2</sub>O:

- ✍ **Fosforo:** Se aplicó al momento de la siembra 100% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por su poca movilidad en el suelo.
- ✍ **Nitrógeno:** Se fracciono el de nitrógeno durante toda la campaña (siembra 1/3, apoque 1/3, antes de la floración 1/3). Con la finalidad de formar área foliar y promover la formación de fotosintatos en la planta.
- ✍ **Potasio:** Se aplicó al momento del aporque 50% de K<sub>2</sub>O para promover la translocación de nutrientes ya que este los vuelve disponibles y a su vez mejorar las cualidades organolépticas del cultivo para favorecer su desarrollo y 50% de K<sub>2</sub>O al momento de floración para promover la tuberización del cultivo.

#### **Tratamiento 3 (T3).**

Se inoculó con bacterias (*Azotobacter*); usando la formulación 1 litro/200 litros de agua. Con la finalidad de determinar los efectos que se producen cuando se varia la formulación recomendada.

#### **Tratamiento 4 (T4).**

Se inoculó con bacterias (*Azotobacter*); usando la formulación 1.5 litros/200 litros de agua. Según la recomendación del producto.

#### **Tratamiento 5 (T5).**

Se inoculó con bacterias (*Azotobacter*); usando la formulación 2 litros/200 litros de agua. (Fotografía 16).





**FOTOGRAFÍA 15. Tratamientos en estudio en macetas.**

### 3.9. CROQUIS EXPERIMENTAL (DCA).



90 unidades.

### 3.10. EVALUACIONES REALIZADAS.

- a. Longitud radicular: Cada 25 días después de la siembra se procederá a eliminar una planta por cada bloque y tratamiento; la medición será tomada desde el cuello de planta hasta la raíz que presente mayor crecimiento. (Fotografía 18).

- b. Altura de planta: Cada 25 días después de la siembra se procederá a eliminar una planta por cada bloque y tratamiento; la medición será tomada desde el cuello de planta hasta el meristemo apical o primario. (Fotografía 18).
- c. Número de tubérculos por planta: A partir del día 50 después de la siembra cada 25 días se procederá a eliminar una planta por cada bloque y tratamiento; el número de tubérculos será el resultado del promedio de los 3 bloques. (Fotografía 18).
- d. Rendimiento expresado en kilogramos por planta: Se obtuvo el peso de tubérculos por planta, al final del estudio.
- e. Área foliar en plantas de papa: Esta evaluación fue llevada por escáner a un programa de software llamado image j. Donde el objetivo principal es subir una imagen de las hojas de la planta y obtener los datos.



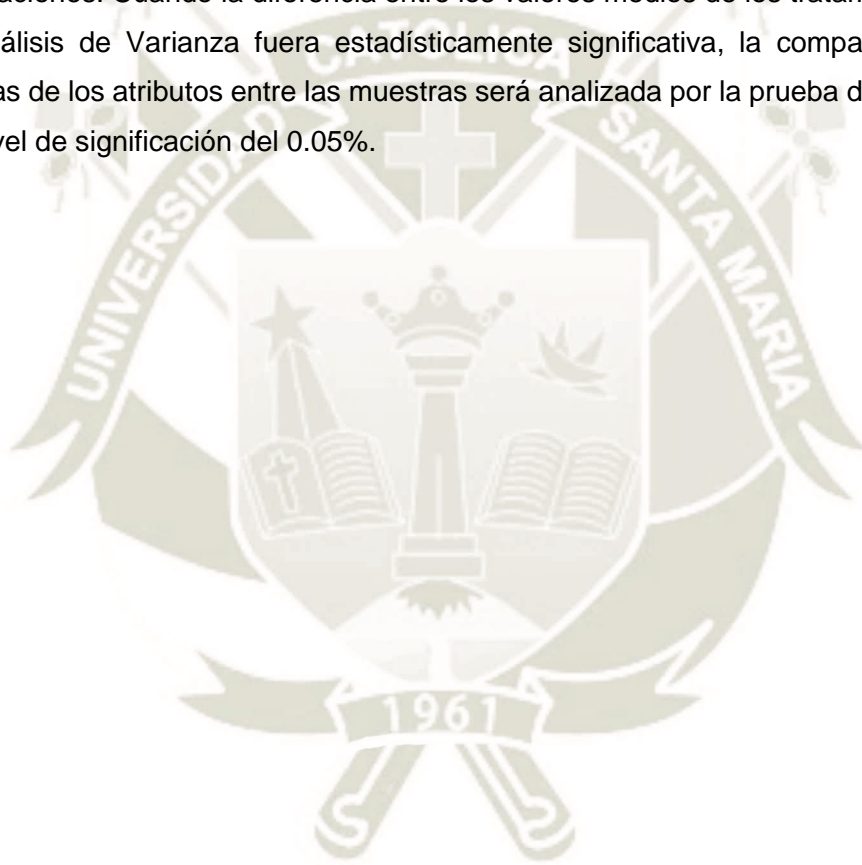
**FOTOGRAFÍA 16.** Cosecha final de papas en kg/planta.



### 3.11. PROCESAMIENTO DE DATOS.

El Análisis de Varianza (ANVA) se efectuó tomando como base los resultados obtenidos de Longitud radicular, Altura de planta, área foliar, Número de tubérculos por planta y peso de tubérculos/Planta.

Para el análisis estadístico de todos los datos obtenidos se analizaron mediante el Programas Software: SAS® 9.1, SPSS® Minitab para Windows. El análisis de varianza (ANVA) para probar las diferencias estadísticas en las distintas evaluaciones. Cuando la diferencia entre los valores medios de los tratamientos en el Análisis de Varianza fuera estadísticamente significativa, la comparación de medias de los atributos entre las muestras será analizada por la prueba de Tukey a un nivel de significación del 0.05%.



## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

#### 4.1. LONGITUD RADICULAR

##### 4.1.1. Longitud radicular 25 dds.

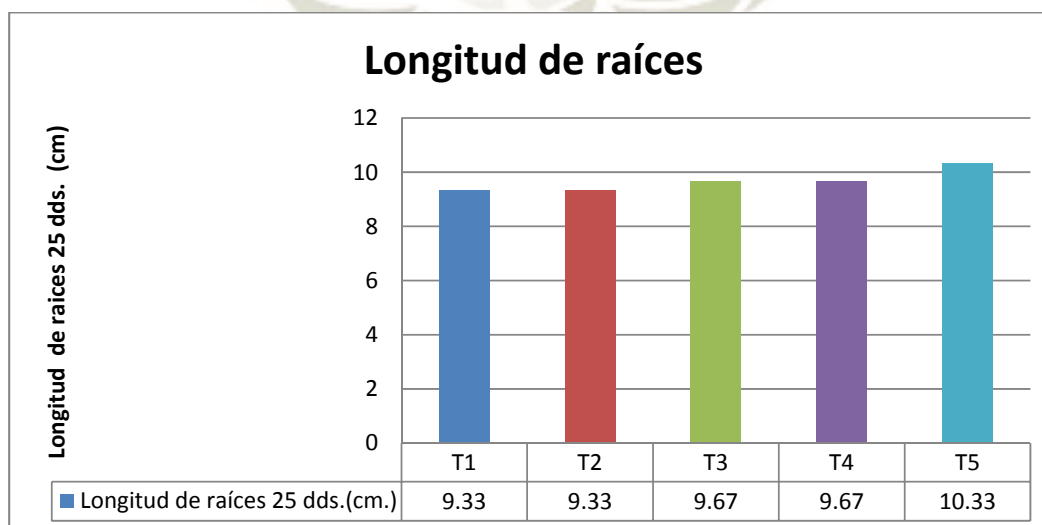
El Anexo 01, presenta los siguientes resultados de campo: A los 25 dds. Se observa que el T5 (*Azobacter*  $2.0 \times 10^{-6}$  ufc/gr/suelo) alcanzó la mayor longitud con 10.33 cm y la menor los T1 (Testigo) y T2 (Fertilización 150-120-90) con 9.33 cm. Respectivamente. El análisis de Varianza (ANVA) se muestra en el Cuadro 04, donde se indica que no hay diferencias significativas entre Tratamientos para un nivel de significación del 5%. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 8.86 %, que indica que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

En el Gráfico 02, su representación gráfica.

**CUADRO 4.** Análisis de Varianza (ANVA) para Longitud radicular 25 dds. (1ª Evaluación). Diferentes dosis de la Bacteria *Azotobacter* en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo La Banda. Huasacache. Arequipa. 2016.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05$
Tratamientos	4	2.0001	0.5000	0.68 NS.	3.48
Error	10	7.3332	0.7333		
Total	14	9.3333			

C.V. = 8.86 %



**GRÁFICO 2.** Longitud de raíces 25 dds. (cm).

#### 4.1.2. Longitud radicular 50 dds.

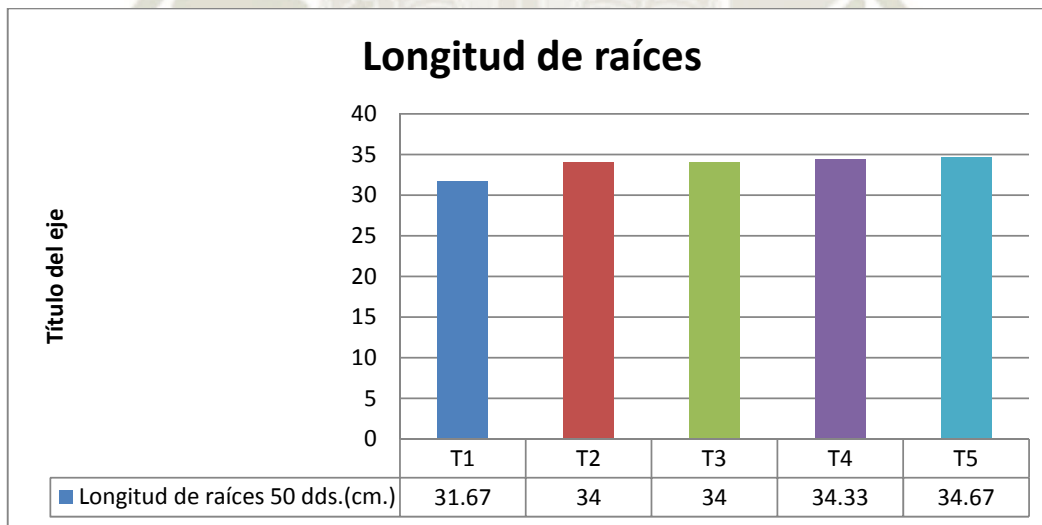
El Anexo 02, presenta los siguientes resultados de campo: A los 50 dds. Se observa que el T5 (*Azobacter*  $2.0 \times 10^{-6}$  ufc/gr/suelo) alcanzó la mayor longitud con 34.67 cm y la menor el T1 (Testigo) con 31.67 cm. El Análisis de Varianza (ANVA) se muestra en el Cuadro 05, donde se indica que no hay diferencias significativas entre Tratamientos para un nivel de significación del 5%. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 3.51 %, que significa que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

En el Gráfico 03, se muestra su representación gráfica.

**CUADRO 5.** Análisis de Varianza (ANVA) para Longitud radicular 50 dds. Diferentes dosis de la Bacteria *Azotobacter* en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo La Banda. Huasacache. Arequipa. 2016.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05$
Tratamientos	4	16.9335	4.2334	3.02 NS.	3.48
Error	10	14.0000	1.4000		
Total	14	30.9336			

C.V. = 3.51 %



**GRÁFICO 3** Longitud de raíces 50 dds. (cm).



#### 4.1.3. Longitud radicular 75 dds.

El Anexo 03, presenta los siguientes resultados de campo: A los 75 dds. Se observa que el T5 (Azobacter  $2.0 \times 10^{-6}$  ufc/gr/suelo) alcanzó la mayor longitud con 48.67 cm y la menor el T1 (Testigo) con 44.50 cm. El Análisis de Varianza (ANVA) se muestra en el Cuadro 06, donde se indica que hay diferencias significativas entre Tratamientos para un nivel de significación del 5%. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 2.11 %, significa que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

En el Cuadro 07, se muestra la Prueba de Rango Múltiple de Tukey para un nivel de significación del 5%, con valores iguales estadísticamente en los tratamientos T5 (Azobacter 2. litros/200 litros), T4 (Azobacter 1 litro/200 litros), T3 (Azobacter 1 litro/200 litros), y T2 (fertilización química 150-120-90); pero superiores a el T1.

En el Gráfico 04, su representación gráfica.

**CUADRO 6. Análisis de Varianza (ANVA) para Longitud radicular 75 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo La Banda. Huasacache. Arequipa. 2016.**

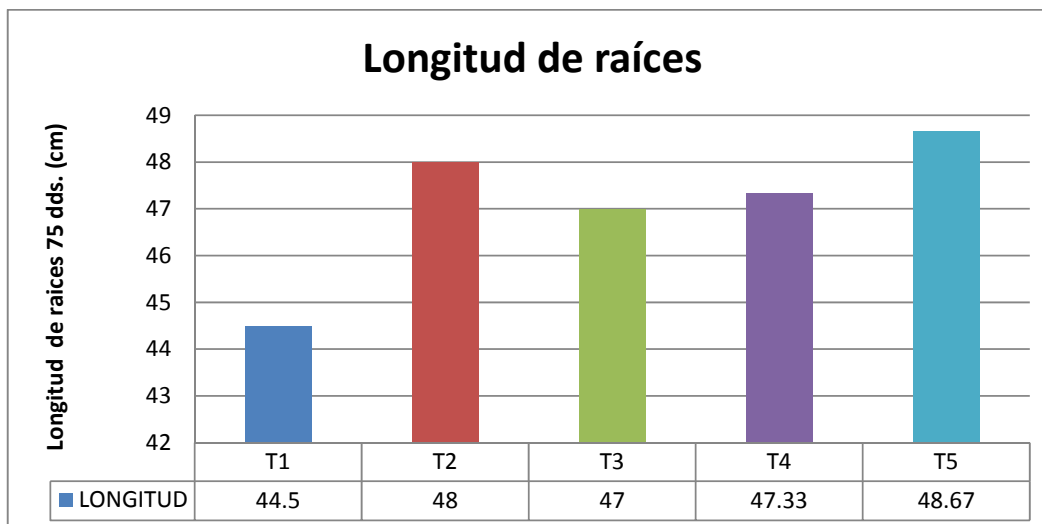
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05$
Tratamientos	4	30.2695	7.5674	7.69 *	3.48
Error	10	9.8320	0.9832		
Total	14	40.1016			

C.V. = 2.11 %

**CUADRO 7. Prueba de Rango Múltiple de Tukey para Longitud radicular 75 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo La Banda Huasacache. Arequipa. 2016.**

Orden	Tratamientos	Longitud radicular cm.	Significación $\alpha=0.05$
1	T5	48.67	a
2	T2	48.00	a
3	T4	47.33	a
4	T3	47.00	a
5	T1	44.50	b

Nota: Letras iguales no son significativamente diferentes



**GRÁFICO 4. Longitud de raíces 75 dds. (cm).**

**4.1.4. Longitud radicular 100 dds.**

El Anexo 04, presenta los siguientes resultados de campo: A los 100 dds. Se observa que el T5 (Azobacter 2. litros/200 litros) alcanzó la mayor longitud con 58.67 cm y la menor el T1 (Testigo) con 56.67 cm.

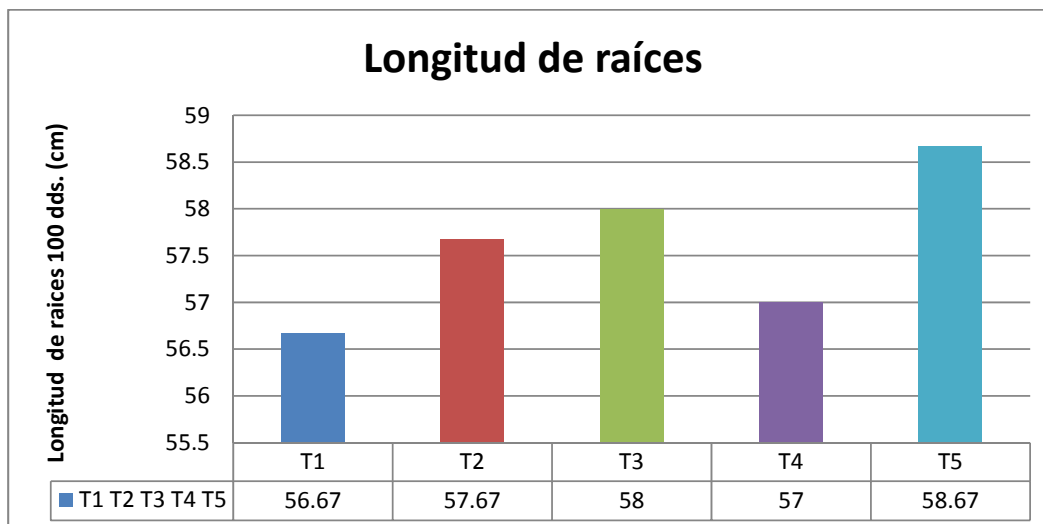
El Análisis de Varianza (ANVA) se muestra en el Cuadro 08, donde se indica que no hay diferencias significativas entre Tratamientos para un nivel de significación del 5%. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 4.18 %, significa que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

En el Gráfico 05, su representación gráfica.

**CUADRO 8. Análisis de Varianza (ANVA) para longitud radicular 100 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo La Banda. Huasacache. Arequipa. 2016.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05$
Tratamientos	4	7.5977	1.8994	0.33 NS.	3.48
Error	10	58.0039	5.8004		
Total	14	65.6016			

**C.V. = 4.18 %**



**GRÁFICO 5. Longitud de raíces 100 dds. (cm).**

**4.1.5. Longitud radicular 120 dds.**

El Anexo 05, presenta los siguientes resultados de campo: A los 120 dds. Se observa que el T5 (Azobacter 2 litros/200 litros) alcanzó la mayor longitud con 66.17 cm. y la menor el T1 (Testigo) con 62.37 cm. El Análisis de Varianza (ANVA) se muestra en el Cuadro 09, donde se indica que hay diferencias significativas entre Tratamientos para un nivel de significación del 5%. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 2.98 % significa que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

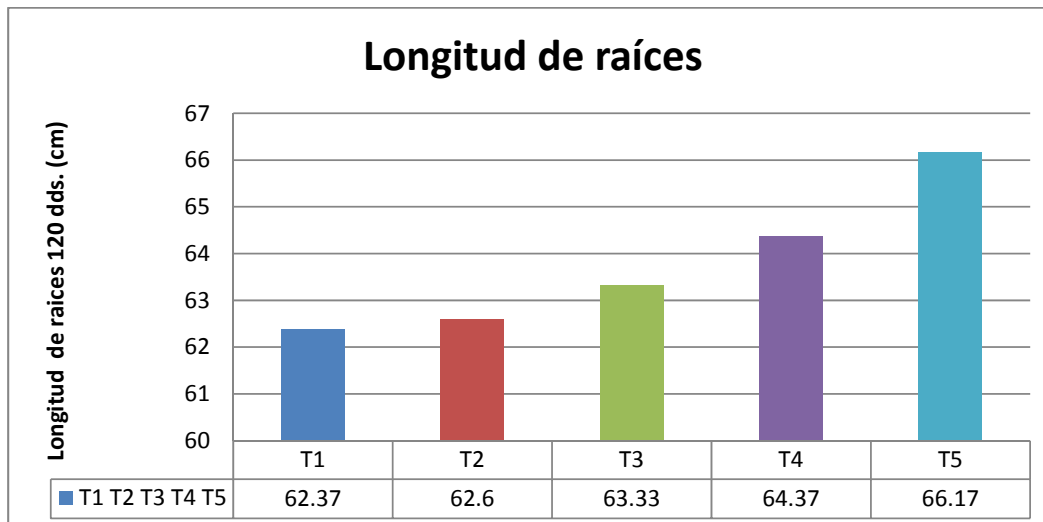
En el Gráfico 06, su representación gráfica.

**CUADRO 9. Análisis de Varianza (ANVA) para Longitud radicular 120 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum L.*) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo La Banda. Huasacache. Arequipa. 2016.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05$
Tratamientos	4	64.2227	16.0557	1.79 NS.	3.48
Error	10	89.2383	8.9238		
Total	14	153.4609			

C.V. = 4.73 %





**GRÁFICO 6. Longitud de raíces 120 dds. (cm).**

## 4.2. ALTURA DE PLANTA

### 4.2.1. Altura de planta 25 dds.

El Anexo 06, presenta los siguientes resultados de campo: A los 25 dds. Se observa que el T3 (Azotobacter 1 litro/200 litros) alcanzó la mayor Altura de planta con 19.84 cm. y el menor el T1 (Testigo) con 18.18 cm. El Análisis de Varianza (ANVA) se muestra en el Cuadro 10, donde se indica que hay diferencias significativas entre Tratamientos para un nivel de significación del 5%. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 2.94 %, significa que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

En el Cuadro 11, se muestra la Prueba de Rango Múltiple de Tukey para un nivel de significación del 5%, Con valores iguales estadísticamente en los tratamientos T3 y T5, pero superiores a los tratamientos T4, T2 y T1.

En el Gráfico 07 su representación gráfica.

**CUADRO 10. Análisis de Varianza (ANVA) para Altura de planta 25 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

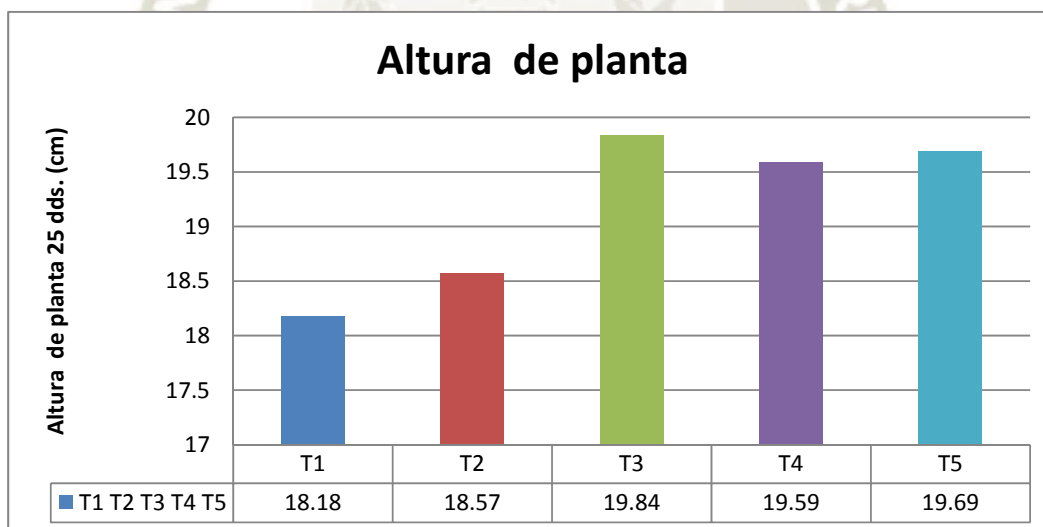
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05$
Tratamientos	4	6.6611	1.6653	5.23 *	3.48
Error	10	3.1831	0.3183		
Total	14	9.8442			

C.V. = 2.94 %

**CUADRO 11. Prueba de Rango Múltiple de Tukey Altura área foliar 25 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

Orden	Tratamientos	Altura foliar cm.	Significación $\alpha=0.05$
1	T3	19.84	a
2	T5	19.69	a
3	T4	19.59	a b
4	T2	18.57	b c
5	T1	18.18	c

Nota: Letras iguales no son significativamente diferentes



**GRÁFICO 7. Altura de planta 25 dds. (cm).**

#### 4.2.2. Altura de planta 50 dds.

El Anexo 07, presenta los siguientes resultados de campo: A los 50 dds. Se observa que el T4 (T4 (Azobacter 1.5 litros/200 litros) alcanzó la mayor Altura de planta con 33.34 cm. y el menor, el T1 (Testigo) con 32.00 cm. El Análisis de Varianza (ANVA) se muestra en el Cuadro 12, donde se indica que no hay diferencias significativas entre Tratamientos para un nivel de significación del 5%. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 2.79 %, significa que los datos obtenidos

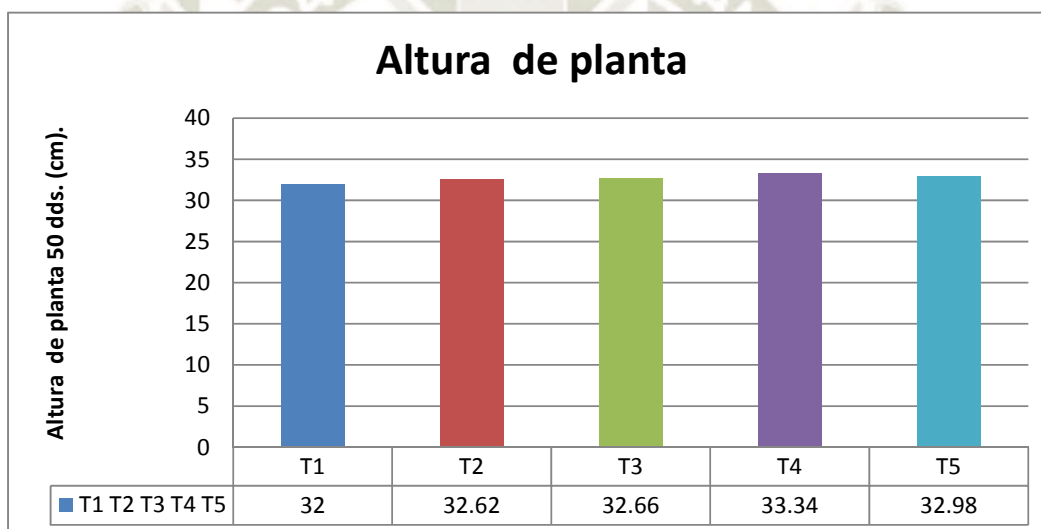
se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

En el Gráfico 08 su representación gráfica.

**CUADRO 12. Análisis de Varianza (ANVA) para Altura de planta 50 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05$
Tratamientos	4	1.9707	0.4927	0.59 NS.	3.48
Error	10	8.3018	0.8302		
Total	14	10.2725			

C.V. = 2.79 %



**GRÁFICO 8. Altura de planta 50 dds. (cm).**

#### 4.2.3. Altura de planta 75 dds.

El Anexo 08, presenta los siguientes resultados de campo: A los 75 dds. Se observa que el T5 (Azotobacter 2 litros/200 litros) alcanzó la mayor altura de planta con 37.39 cm. y el menor, el T1 (Testigo) con 35.12 cm. El Análisis de Varianza (ANVA) se muestra en el Cuadro 13, donde se indica que hay diferencias significativas entre Tratamientos para un nivel de significación del 5%. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 2.26 %, significa que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

En el Cuadro 14, se muestra la Prueba de Rango Múltiple de Tukey para un nivel



de significación del 5%, donde estadísticamente e T5 es superior a los T4, T3, T2 y T1 que poseen valores iguales estadísticamente.

En el Gráfico 09 su representación gráfica.

**CUADRO 13. Análisis de Varianza (ANVA) para Altura de planta 75 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

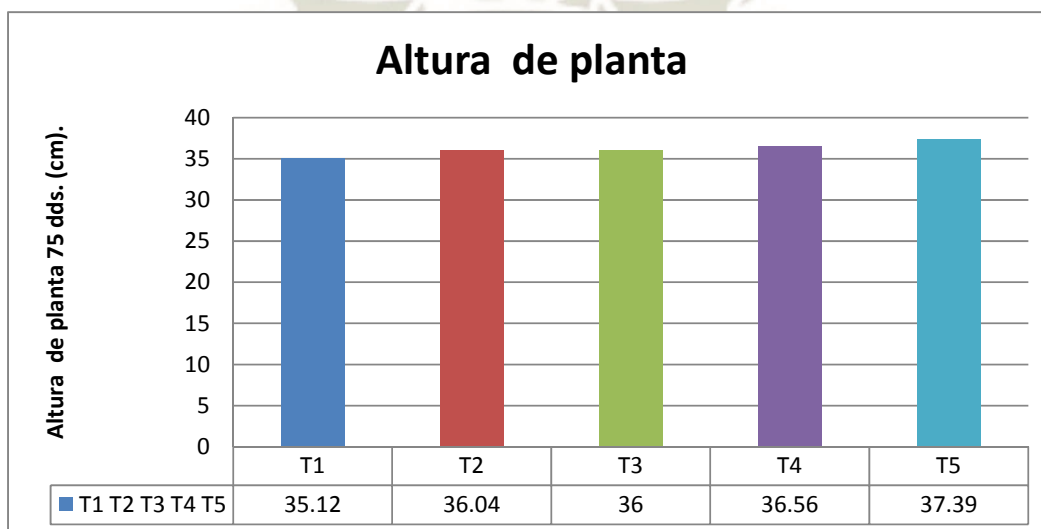
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05$
Tratamientos	4	17.7012	4.4253	6.56 *	3.48
Error	10	6.7500	0.6750		
Total	14	24.4512			

C.V. = 2.26 %

**CUADRO 14. Prueba de Rango Múltiple de Tukey Altura de planta 75 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

Orden	Tratamientos	Altura foliar cm.	Significación $\alpha=0.05$
1	T5	38.39	a
2	T4	36.56	b
3	T2	36.04	b
4	T3	36.00	b
5	T1	35.12	b

Nota: Letras iguales no son significativamente diferentes



**GRÁFICO 9. Altura de planta 75 dds. (cm).**

#### 4.2.4. Altura de planta 100 dds

El Anexo 09, presenta los siguientes resultados de campo: A los 100 dds. Se observa que el T5 (Azotobacter 2 litros/200 litros) alcanzó la mayor Altura de planta con 45.51 cm. y el menor, el T1 (Testigo) con 42.47 cm. El Análisis de Varianza (ANVA) se muestra en el Cuadro 15, donde se indica que hay diferencias significativas entre Tratamientos para un nivel de significación del 5%. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 0.63 %, significa que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

En el Cuadro 16, se muestra la Prueba de Rango Múltiple de Tukey para un nivel de significación del 5%, con valor superior en el tratamiento T5 (Azotobacter 2 litros/200 litros) y el más bajo en el Tratamiento 1.

En el Gráfico 10 su representación gráfica.

**CUADRO 15. Análisis de Varianza (ANVA) para Altura de planta 100 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

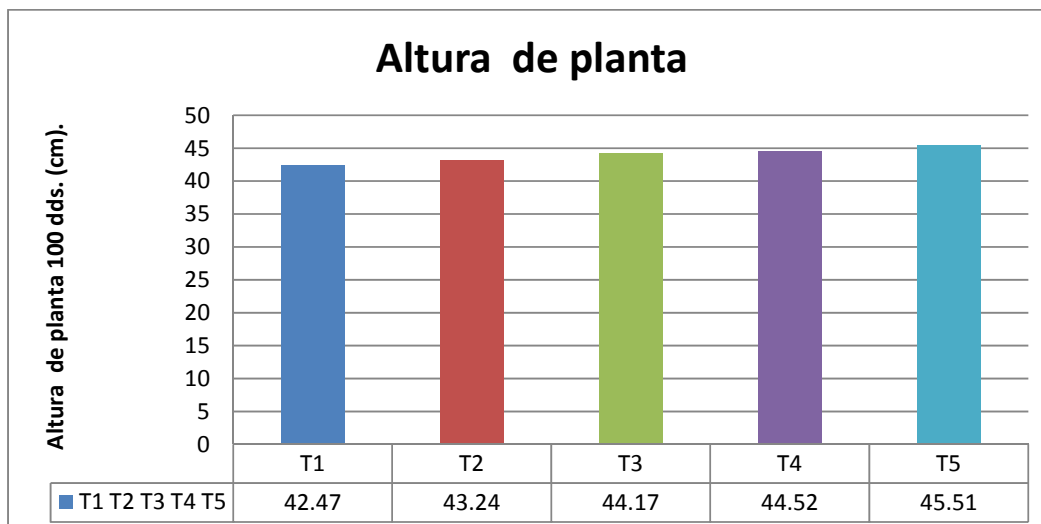
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05$
Tratamientos	4	16.5059	4.1265	54.17 *	3.48
Error	10	0.7617	0.0761		
Total	14	17.2676			

C.V. = 0.63 %

**CUADRO 16. Prueba de Rango Múltiple de Tukey Altura de planta 100 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

Orden	Tratamientos	Altura foliar cm.	Significación $\alpha=0.05$
1	T5	45.51	a
2	T4	44.52	b
3	T3	44.18	b
4	T2	43.24	c
5	T1	42.47	d

Nota: Letras iguales no son significativamente diferentes.



**GRÁFICO 10. Altura de planta 100 dds. (cm).**

**4.2.5. Altura de planta 120 dds.**

El Anexo 10, presenta los siguientes resultados de campo: A los 120 dds. Se observa que el T5 (Azotobacter 2 litros/200 litros) alcanzó la mayor altura de planta con 65.68 cm. y el menor, el T1 (Testigo) con 62.75 cm. El Análisis de Varianza (ANVA) se muestra en el Cuadro 17, donde se indica que hay diferencias significativas entre Tratamientos para un nivel de significación del 5%. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 1.73 %, significa que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

En el Cuadro 18, se muestra la Prueba de Rango Múltiple de Tukey para un nivel de significación del 5%, Con valores iguales estadísticamente en T5 y T3, pero superiores a los T4, T2 y T1.

En el Gráfico 11 su representación gráfica.



**CUADRO 17. Análisis de Varianza (ANVA) para Area de planta 120 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

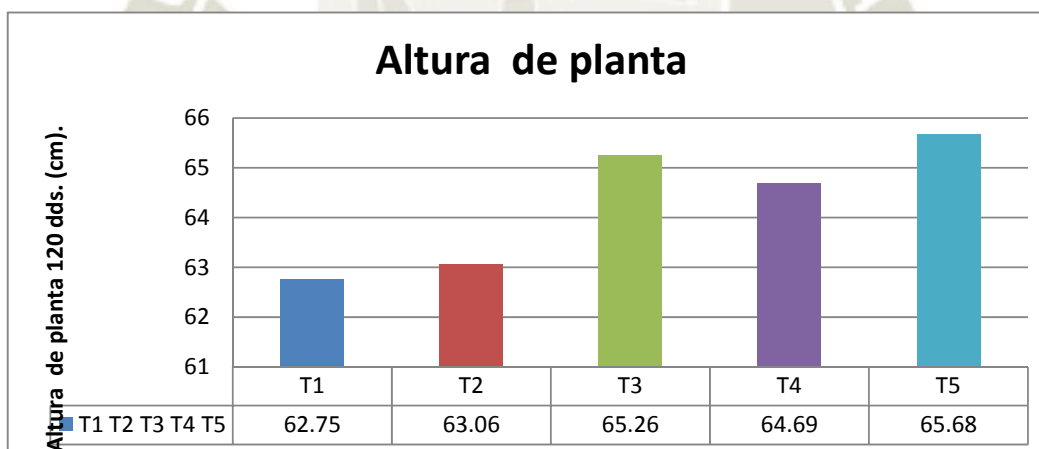
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05$
Tratamientos	4	20.7305	5.1826	4.21 *	3.48
Error	10	12.3242	1.2324		
Total	14	33.0547			

C.V. = 1.73 %

**CUADRO 18. Prueba de Rango Múltiple de Tukey Altura de planta 120 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

Orden	Tratamientos	Altura foliar cm.	Significación $\alpha=0.05$
1	T5	65.68	a
2	T3	65.26	a
3	T4	64.69	a b
4	T2	63.06	b
5	T1	62.75	b

Nota: Letras iguales no son significativamente diferentes



**GRÁFICO 11. Altura de planta 120 dds. (cm).**

#### 4.3. ÁREA FOLIAR.

##### 4.3.1. Área foliar 25 dds.

El Anexo 11, presenta los siguientes resultados de laboratorio: A los 25 dds. Se observa que el T5 (Azotobacter 2 litros/200 litros) alcanzó la mayor área foliar con 168.13 cm<sup>2</sup> y el menor, el T3 (Azotobacter 2 litros/200 litros) con 148.37 cm<sup>2</sup>. El Análisis de Varianza (ANVA) se muestra en el Cuadro 19, donde se indica que no

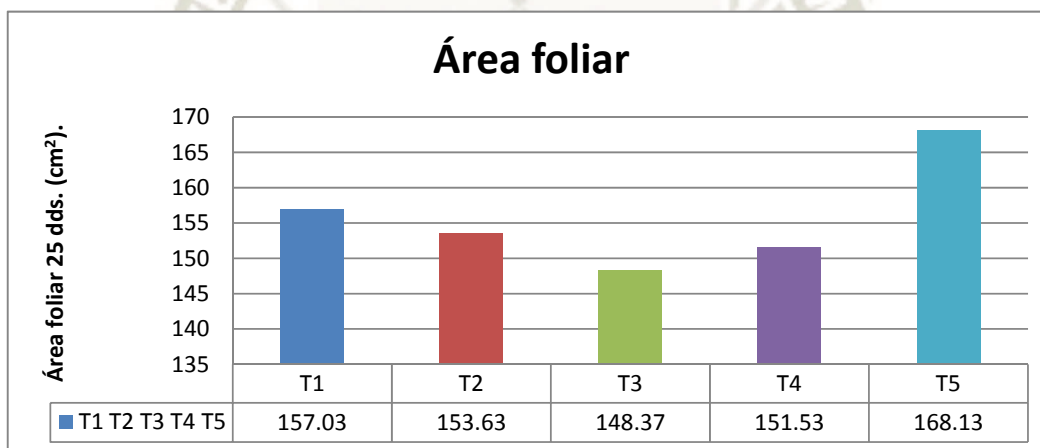
hay diferencias significativas entre Tratamientos para un nivel de significación del 5%. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 16.43 %, significa que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

En el Gráfico 12 su representación gráfica.

**CUADRO 19. Análisis de Varianza (ANVA) para Área foliar 25 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05$
Tratamientos	4	695.2500	173.8125	0.27 NS.	3.48
Error	10	6545.8750	654.5875		
Total	14	7241.1250			

C.V. = 16.43 %



**GRÁFICO 12. Área foliar 25 dds. (cm<sup>2</sup>).**

#### 4.3.2. Área foliar 50 dds.

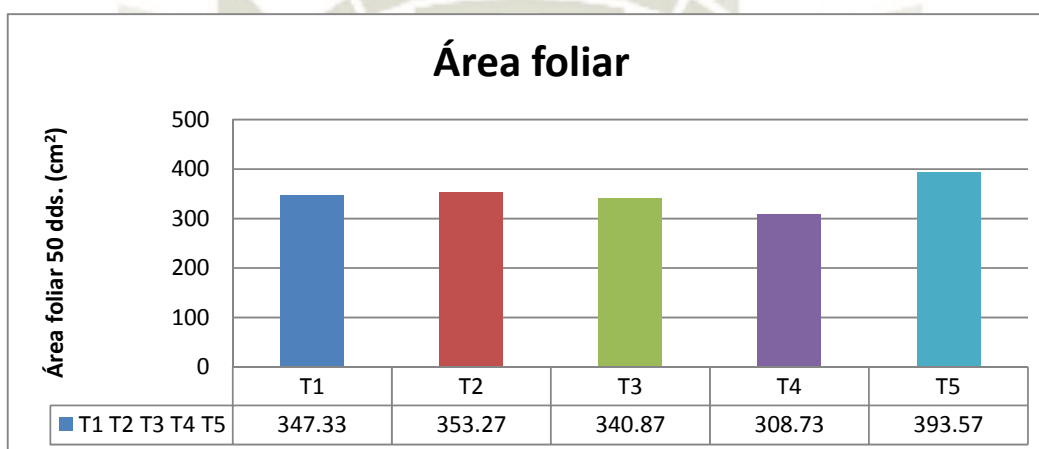
El Anexo 12, presenta los siguientes resultados de laboratorio: A los 50 dds. Se observa que el T5 (Azotobacter 2 litros/200 litros) alcanzó la mayor área foliar con 393.57 cm<sup>2</sup> y el menor, el T4 (Azotobacter 1.5 litros/200 litros) con 308.73 cm<sup>2</sup>. El Análisis de Varianza (ANVA) se muestra en el Cuadro 20, donde se indica que no hay diferencias significativas entre Tratamientos para un nivel de significación del 5%. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 13.13 %, significa que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

En el Gráfico 13 se muestra su representación gráfica.

**CUADRO 20. Análisis de Varianza (ANVA) para Área foliar 50 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05$
Tratamientos	4	11083.0000	2770.7500	1.32 NS.	3.48
Error	10	20975.7500	2097.5750		
Total	14	32058.7500			

C.V. = 13.13 %



**GRÁFICO 13. Área foliar 50 dds. (cm<sup>2</sup>).**

#### 4.3.3. Área foliar 75 dds.

El Anexo 13, presenta los siguientes resultados de laboratorio: A los 75 dds. Se observa que el T4 (Azotobacter 1.5 litros/200 litros) alcanzó la mayor área foliar con 759.63 cm<sup>2</sup> y el menor, el T1 (Testigo) con 678.23 cm<sup>2</sup>. El Análisis de Varianza (ANVA) se muestra en el Cuadro 21, donde se indica que no hay diferencias significativas entre Tratamientos para un nivel de significación del 5%. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 4.06 %, significa que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

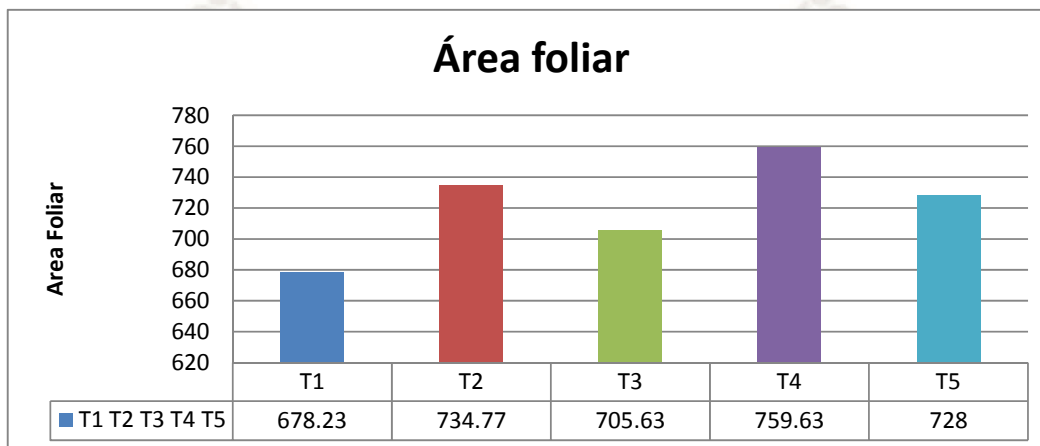
En el Gráfico 14 su representación gráfica.



**CUADRO 21. Análisis de Varianza (ANVA) para Área foliar 75 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum L.*) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05$
Tratamientos	4	11387.5000	2846.8750	3.32 NS.	3.48
Error	10	8587.0000	858.7000		
Total	14	19974.5000			

C.V. = 4.06 %



**GRÁFICO 14. Área foliar 75 dds. (cm<sup>2</sup>).**

#### 4.3.4. Área foliar 100 dds.

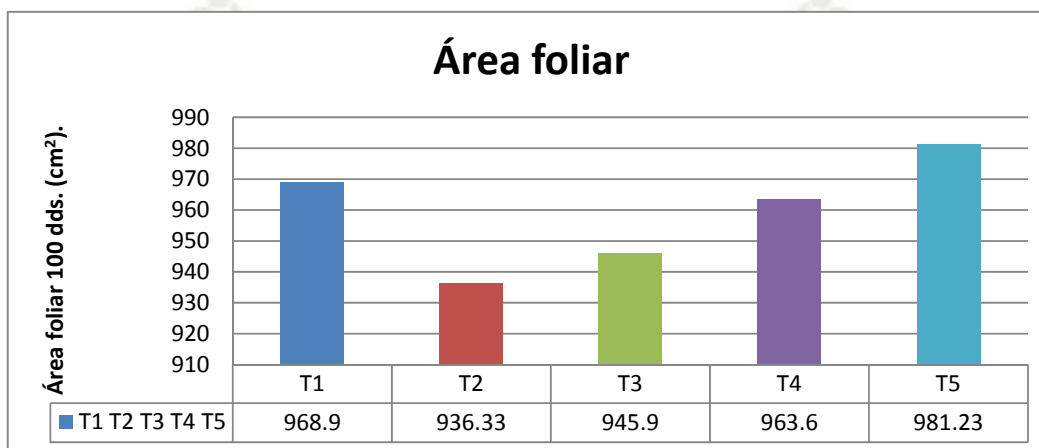
El Anexo 14, presenta los siguientes resultados de laboratorio: A los 100 dds. Se observa que el T5 (Azotobacter 2 litros/200 litros) alcanzó la mayor área foliar con 981.23 cm<sup>2</sup> y el menor, el T2 (Fertilización 150-120-90) con 936.33 cm<sup>2</sup>. El Análisis de Varianza (ANVA) se muestra en el Cuadro 22, donde se indica que no hay diferencias significativas entre Tratamientos para un nivel de significación del 5%. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 4.14 %, significa que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

En el Gráfico 15 su representación gráfica.

**CUADRO 22. Análisis de Varianza (ANVA) para Área foliar 100 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum L.*) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05$
Tratamientos	4	3895.0000	973.7500	0.62 NS.	3.48
Error	10	15743.0000	1574.3000		
Total	14	19638.0000			

C.V. = 4.14 %



**GRÁFICO 15. Área foliar 100 dds. (cm²).**

#### 4.3.5. Área foliar 120 dds.

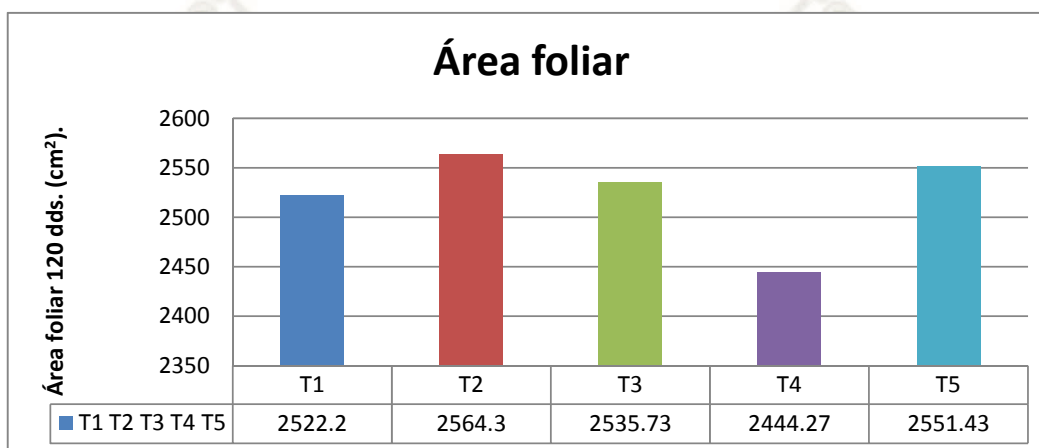
El Anexo 15, presenta los siguientes resultados de campo: A los 120 dds. Se observa que el T2 (150-120-90) alcanzó la mayor área foliar con 2564.30 cm<sup>2</sup>, el menor el T4 (Azotobacter 1.50 litros/200 litros) con 2444.27 cm<sup>2</sup>. El Análisis de Varianza (ANVA) se muestra en el Cuadro 23, donde se indica que no hay diferencias significativas entre Tratamientos para un nivel de significación del 5%. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 4.04 %, significa que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

En el Gráfico 16 su representación gráfica.

**CUADRO 23. Análisis de Varianza (ANVA) para Área foliar 120 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05$
Tratamientos	4	26608.0000	6652.0000	0.64 NS.	3.48
Error	10	103848.0000	10384.7998		
Total	14	130456.0000			

C.V. = 4.04 %



**GRÁFICO 16. Área foliar 120 dds. (cm²).**

#### 4.4. NÚMERO DE TUBÉRCULOS/PLANTA

##### 4.4.1. Número de tubérculos/planta 50 dds.

El Anexo 16, presenta los siguientes resultados de campo: El número de Tubérculos/planta a los 25 dds. Se observa que el T5 (Azotobacter 2. litros/200 litros), alcanzó el mayor Número de tubérculos/planta 9.33 unidades y el menor el T2 (Fertilización 150-120-90) con 8.00 unidades. El Análisis de Varianza (ANVA) se muestra en el Cuadro 24, donde se indica que no hay diferencias significativas entre Tratamientos para un nivel de significación del 5%. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 8.94 %, significa que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

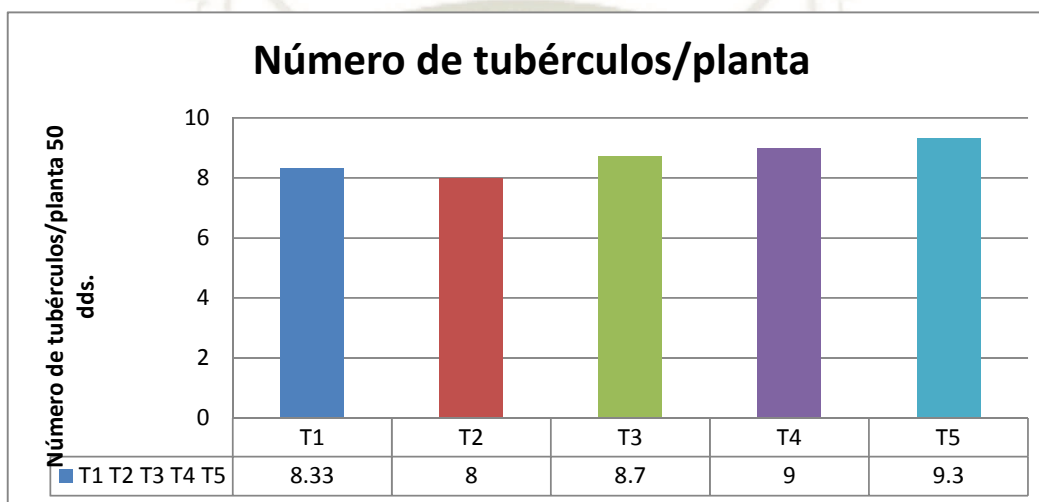
En el Gráfico 17 su representación gráfica



**CUADRO 24. Análisis de Varianza (ANVA) para Número de tubérculos/planta 50 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05$
Tratamientos	4	3.3334	0.8333	1.39 NS.	3.48
Error	10	6.0000	0.6000		
Total	14	9.3334			

C.V. = 8.94 %



**GRÁFICO 17. Número de tubérculos/planta 50 dds.**

#### 4.4.2. Número de tubérculos/planta 75 dds.

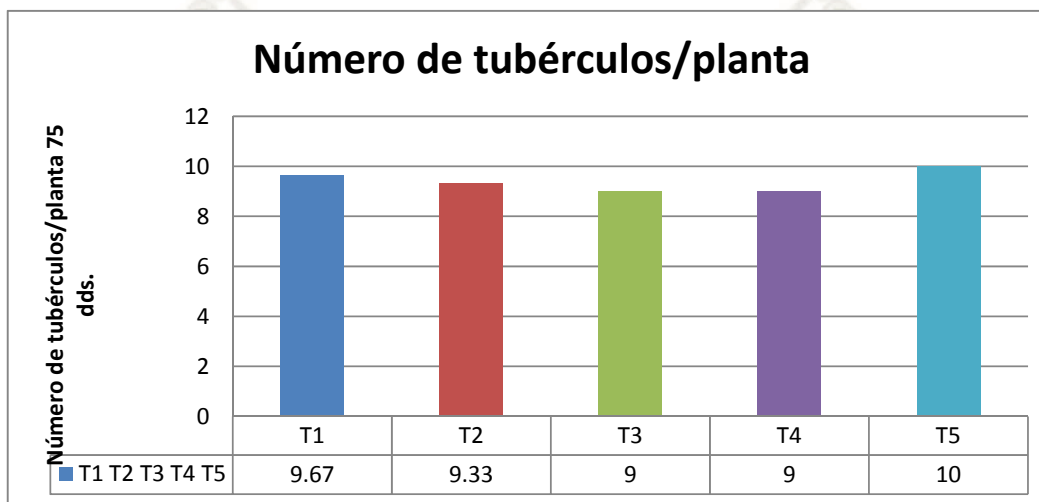
El Anexo 17, presenta los siguientes resultados de campo: El número de Tubérculos/planta a los 50 dds. Se observa que el T5 (Azotobacter 2 litros/200 litros) alcanzó el mayor número de tubérculos/planta con 10.00 unidades y los menores fueron los T3 (Azotobacter 1 litro/200 litros) y T4 (Azotobacter 1.5 litro/200 litros) con 9.00 unidades. El Análisis de Varianza (ANVA) se muestra en el Cuadro 25, donde se indica que no hay diferencias significativas entre Tratamientos para un nivel de significación del 5%. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 13.17 %, significa que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

En el Gráfico 18 su representación gráfica.

**CUADRO 25. Análisis de Varianza (ANVA) para Número de tubérculos/planta 75 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05$
Tratamientos	4	2.2667	0.5667	0.37 NS.	3.48
Error	10	15.3333	1.5333		
Total	14	17.5999			

C.V. = 13.17 %



**GRÁFICO 18. Número de tubérculos/planta 75 dds.**

#### 4.4.3. Número de tubérculos/planta 100 dds.

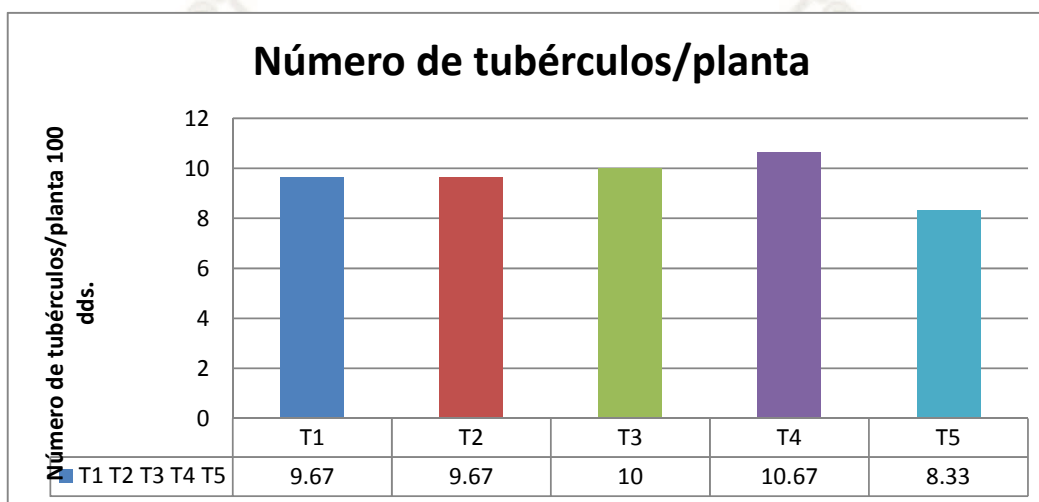
El Anexo 18, presenta los siguientes resultados de campo: El número de Tubérculos/planta a los 100 dds. Se observa que el T4 (Azotobacter 1.5 litros/200 litros) alcanzó el mayor número de tubérculos/planta con 10.67 unidades y el menor el T5 (Azotobacter 1 litro/200 litros) con 8.33 unidades. El Análisis de Varianza (ANVA) se muestra en el Cuadro 26, donde se indica que no hay diferencias significativas entre Tratamientos para un nivel de significación del 5%. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 19.26 % significa que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

En el Gráfico 19 su representación gráfica.

**CUADRO 26. Análisis de Varianza (ANVA) para Número de tubérculos/planta 100 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05$
Tratamientos	4	8.6667	2.1667	0.63 NS.	3.48
Error	10	34.6667	3.4667		
Total	14	43.3334			

C.V. = 19.26 %



**GRÁFICO 19. Número de tubérculos/planta 100 dds.**

#### 4.4.4. Número de tubérculos/planta 120 dds.

El Anexo 19, presenta los siguientes resultados de campo: El número de Tubérculos/planta a los 120 dds. Se observa que los T4 (Azotobacter 1.5 litros/200 litros) y T5 (Azotobacter 2 litros/200 litros) alcanzan el mayor Número de tubérculos/planta con 10.67 unidades respectivamente y los menores fueron, el T2 (Fertilización 150-120-90) con 10.00 unidades. El Análisis de Varianza (ANVA) se muestra en el Cuadro 27, donde se indica que no hay diferencias significativas entre Tratamientos para un nivel de significación del 5%. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 21.34 %, significa que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

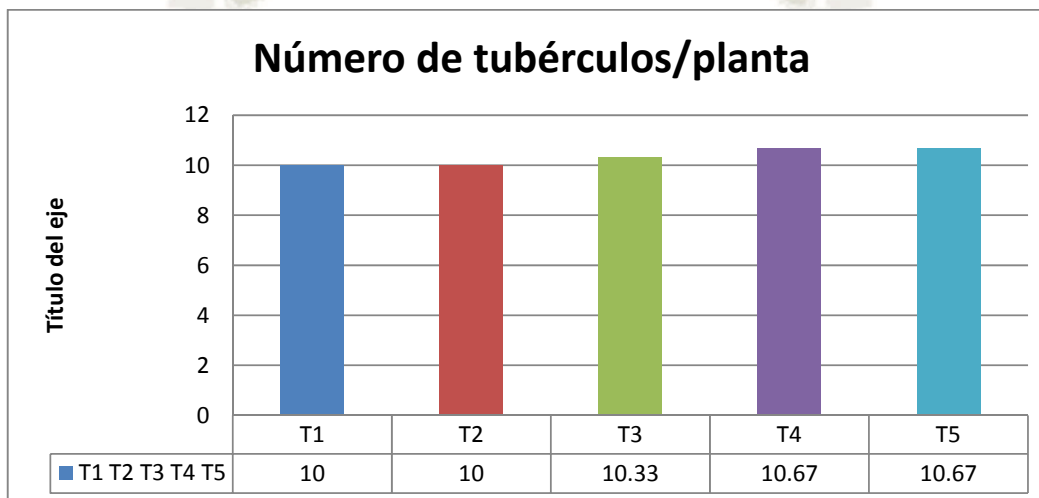
En el Gráfico 20 su representación gráfica.



**CUADRO 27. Análisis de Varianza (ANVA) para Número de tubérculos/planta 120 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05$
Tratamientos	4	1.3333	0.3333	0.08 NS.	3.48
Error	10	40.0000	4.0000		
Total	14	41.3333			

C.V. = 19.35 %



**GRÁFICO 20. Número de tubérculos/planta 120 dds.**

#### 4.5. RENDIMIENTO DE TUBÉRCULOS KG/PLANTA

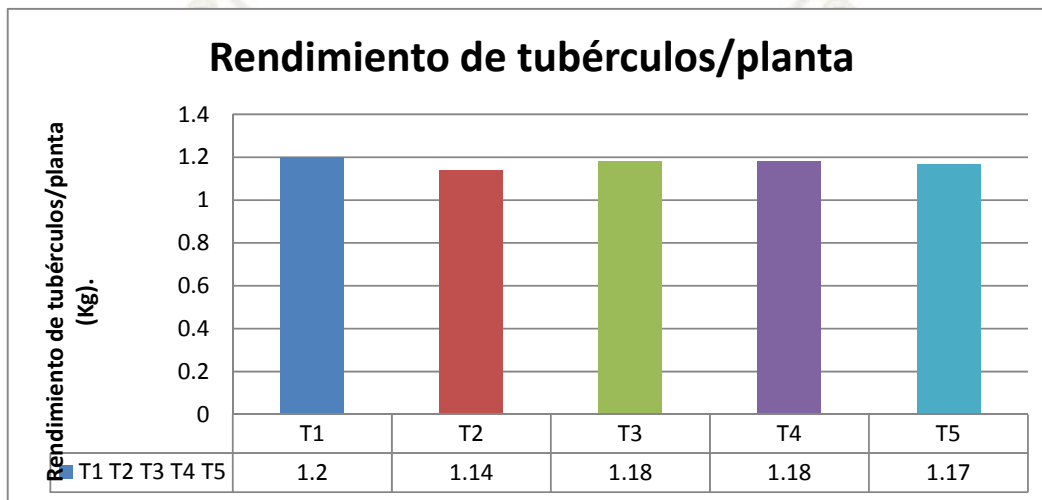
El Anexo 20, presenta los siguientes resultados de campo: El rendimiento de Tubérculos/planta, donde se observa que el T1 (Testigo) alcanzó el mayor rendimiento de tubérculos/planta con 1.20 Kg/planta y el menor, el T2 (Fertilización 150-120-90) con 1.14 Kg/planta. El Análisis de Varianza (ANVA) se muestra en el Cuadro 28, donde se indica que no hay diferencias significativas entre Tratamientos para un nivel de significación del 5%. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 2.60 %, significa que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

En el Gráfico 21 su representación gráfica.

**CUADRO 28. Análisis de Varianza (ANVA) para Rendimiento de tubérculos/planta. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05$
Tratamientos	4	0.0017	0.0004	0.45 NS.	3.48
Error	20	0.0094	0.0009		
Total	24	0.0111			

C.V. = 2.60 %



**GRÁFICO 21. Rendimiento de tubérculos/planta (Kg).**

## CAPÍTULO V

### 5. DISCUSIÓN

#### 5.1. LONGITUD RADICULAR DE LA PLANTA DE PAPA

No hubo significancia estadística para longitud de raíces entre tratamientos a los 25, 50, 100 y 120 dds. Pero si hubo significancia a los 75 dds. Destacando el tratamiento T5.

Esto se debe a que las bacterias del Género *Azotobacter* son fijadoras de nitrógeno de vida libre, solubilizadoras de fósforo y productoras de sustancias promotoras del crecimiento.

Flores et. al., (2014), menciona que; los efectos en la productividad y rendimientos de diferentes cultivos por la inoculación de *Azotobacter* han sido demostrados por distintos autores, confirmando con ello que la aplicación de este biofertilizante favorece la interacción suelo microorganismo planta.

Se puede señalar en términos generales, que la aplicación del biofertilizante *Azotobacter* ha sido capaz de producir auxinas, ejerciendo efectos directos sobre la fisiología de la planta e influir en el crecimiento de las raíces.

Mar et al, (2009), indican que con la aplicación de biofertilizantes como *Azotobacter* mejoran las características morfofisiológicas de las plantas en general.

Cecilia et al., (2011) Encontraron que un aislado del Género *Azotobacter* hallado en zonas de rastrojos, produjo la mayor concentración de la auxina con 44 726 ppm. Realizaron ensayos preliminares inoculando semillas de pasto Angleton (*Dychanthium aristatum*) con diferentes concentraciones bacterianas: 106, 107 y 108 UFC y se comparó con un Testigo sin inculo. Los resultados mostraron un mayor promedio de la longitud del tallo y longitud de hojas de las plantas muestreadas.

#### 5.2. ALTURA DE PLANTA

A los 25, 75, 100 y 120 dds. Hubo significancia estadística para altura de planta, a excepción de los 50 dds. En el que no muestra significancia destacando el Tratamiento T5 (2 litros/200 litros) con 65.68 cm. Los resultados fueron influenciados por la utilización del biofertilizante, como lo mencionan Cecilia et al., (2011), con la teoría de síntesis de auxinas por *Azotobacter*.

Mar, et al.,2005 *Azotobacter* sintetiza algunas sustancias biológicamente activas, entre ellas algunas fitohormonas como las auxinas, lo que estimula el crecimiento de la planta. También facilitan la movilidad de los metales pesados en el suelo y por lo tanto



mejorar la biorremediación del suelo con metales pesados, tales como el cadmio, mercurio y plomo. Algunos tipos de *Azotobacter* también pueden degradar cloro que contienen compuestos aromáticos, tales como 2,4,6-triclorofenol. Este último se utilizó anteriormente como insecticida, fungicida y herbicida, pero más tarde descubrió muta génicos y carcinogénicos.

Hernández y León, et al, 2009, indican que con la utilización de biofertilizantes, entre ellos el *Azotobacter chroococcum* en Tabaco, muestran una influencia positiva en el crecimiento del cultivo, en combinación con la bacteria solubilizadora del fósforo del suelo *Bacillus megatherium* var. *Phosphiticum*, mejorando las características morfofisiológicas de las plantas, entre ellos la Altura de planta.

La aplicación de biofertilizantes a base de la bacteria fijadora de nitrógeno atmosférico *Azotobacter chroococcum* y en combinación con la bacteria solubilizadora del fósforo del suelo *Bacillus megatherium* var. *phosphiticum* mostraron influencia en la altura de plantas de tabaco.

### 5.3. ÁREA FOLIAR

En esta investigación no hubo diferencias significativas entre los Tratamientos probados para el parámetro área foliar. En la quinta evaluación efectuada a los 120 dds, la mayor área foliar promedio, fue el tratamiento T2 (Fertilización química 150-120-90) con 2 564.30 cm<sup>2</sup>. Las determinaciones de área foliar son muy usadas en investigación agrícola. Para su cuantificación existen equipos automáticos, pero costosos y de escasa disponibilidad. Se observa que no ha tenido una influencia significativa el papel estimulador de *Azotobacter Chroococcum* en el área foliar del cultivo papa.

Esto demuestra que *Azotobacter* es una gran alternativa para el reemplazo de los fertilizantes químicos; los resultados denotan que no existe significancia por lo cual se puede deducir que las bacterias actúan de la misma manera suministrando nitrógeno a la planta.

Cabe resaltar que una vez inoculado el sustrato o suelo con dicha bacteria por un periodo de tiempo. Esta formara colonias que permanecerán en el medio; según Mar, et al., 2005 *Azotobacter* está presente en suelos neutros, pero no en suelos ácidos. También se encuentran en el Ártico y la Antártida, los suelos a pesar del frio, corto periodo de cultivo y valores de pH relativamente bajos. En suelos secos, *Azotobacter* puede sobrevivir en forma de quistes de hasta 24 años.

#### 5.4. NUMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA

Se observa que no existe diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, para las evaluaciones realizadas, obteniendo el mayor número de tubérculos/planta en los Tratamientos T4 (1.5 litros/200 litros) con 10.67 unidades y Tratamiento 5 (2 litros/200 litros) 10.67 unidades. Pese a que no existe significación estadística entre tratamientos en algunas evaluaciones, el mayor número de tubérculos se obtienen en Tratamientos que han tenido aplicación de *Azotobacter*.

Al igual que en todos los parámetro evaluados, el efecto de la aplicación de cepas nativas de *Azotobacter chroococcum*, evidencian en general una estimulación en rendimiento, altura de planta, porcentaje de materia seca y otros no evaluados como Vitamina C, sólidos solubles totales, N,P,K, etc. (Gandarilla y Gonzales, et. al. 2000).

Varios autores señalan el papel estimulador de *Azotobacter. Chroococcum* en el crecimiento de raíces, área foliar, altura y desarrollo de las plántulas en general, en cultivos como café, tomate, frutales y cebolla. A la vez, se ha reportado reducción entre un 25 y un 50% del fertilizante nitrogenado, así como un efecto estimulador en el rendimiento, floración y fructificación de algunas hortalizas, en especial tomate y otros cultivos cuando se inoculó el suelo o la raíz con estas bacterias (Dibut et al., 1989; González et al., 1992; Martínez y Dibut, 1996b; Alarcón et al., 1998; Alarcón y Rodríguez, 1998 y Ravelo et al., 1998). Para la variedad Única (Fuentes, 2014), reporta 16.42 tubérculos/planta promedio en campo, en un estudio de la evaluación de veintitrés clones de papas precoces, con una fertilización química de 200-180-200, valor de tubérculos/planta por encima de los obtenidos en este estudio.

#### 5.5. RENDIMIENTO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA (Kg).

No existen diferencias significativas entre los cinco tratamientos estudiados, con rendimientos que varían entre 1.14 Kg/planta y 1.20 Kg/planta, es decir que la diferencia entre pesos no sobrepasa el 4.2%, entre el más alto y el más bajo de los tratamientos T1 y T2 respectivamente.

Se observa que el efecto de la aplicación de cepas nativas de *Azotobacter* no ha tenido una influencia determinante en este parámetro; mas no se puede determinar con exactitud que este haya sido el motivo de los resultados. Esto puede deberse a que el rendimiento del cultivo de papa se ve afectado por dos grandes parámetros entre muchos los cuales principalmente son; la edad de la semilla y el espacio que utilizara el cultivo para poder realizar el llenado de tubérculo. En esta investigación se tomaron macetas de 0.40 m. x 0.50 m.

El efecto estimulador en el rendimiento, floración y fructificación de algunas hortalizas y otros cultivos cuando se inocula el suelo o la raíz con estas bacterias es gratificante para la variedad Única; Fuentes, 2014, reporta un rendimiento de 0.938 Kg/planta en campo, en un estudio de la evaluación de veintitrés clones de papas precoces. Los resultados con una fertilización química de 200-180-200, tuvieron un valor del peso promedio por planta, por debajo de los obtenidos al usar bacterias.





## CAPÍTULO VI

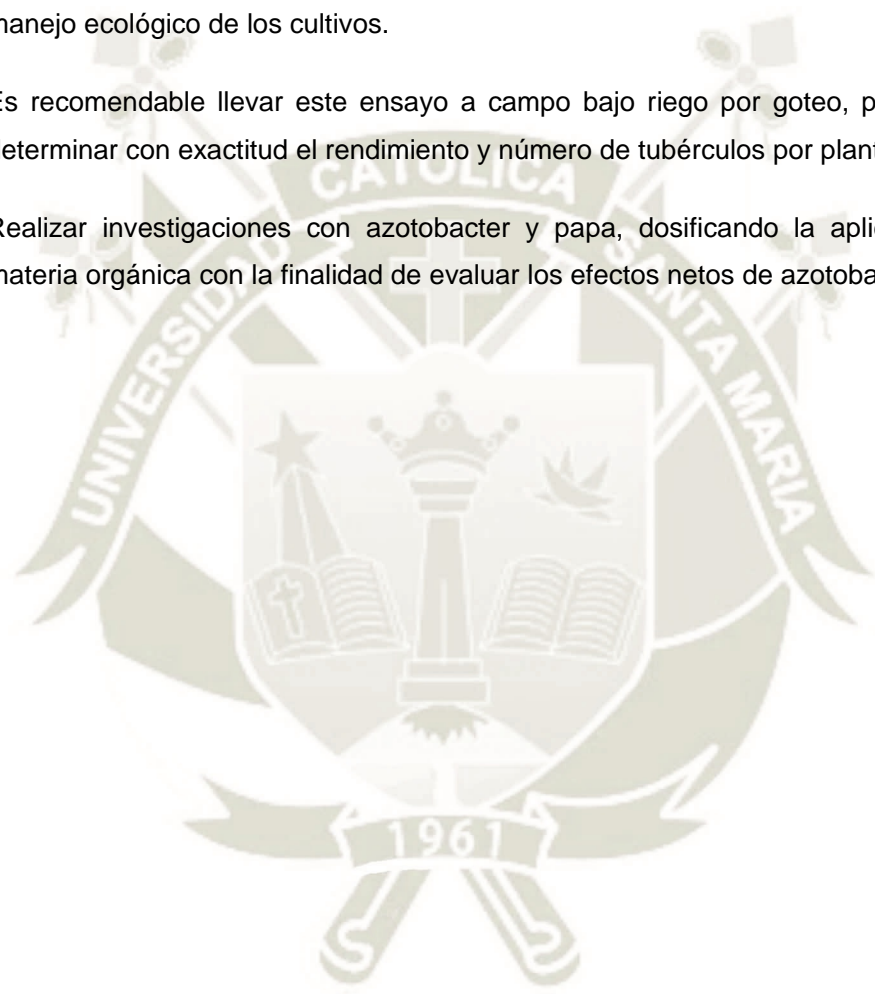
### CONCLUSIONES

- a. Según las variables evaluadas (longitud radicular, altura de planta, área foliar, número de tubérculos por planta y rendimiento), y considerando la última evaluación a los 120 días (cosecha). Es evidente que, la bacteria azotobacter, mostró un efecto positivo en altura de planta como se observó en los cuadros expuestos. Por lo que se reafirman las teorías; esta bacteria actúa en forma positiva con auxinas promoviendo el crecimiento apical.
- b. El cultivo de papa logró tener una respuesta positiva a la inoculación por simbiosis de Azotobacter favoreciendo en muchos aspectos a la formación de la fenología como se aprecia en variables de (altura de planta, longitud de raíces, área foliar).

## CAPÍTULO VII

### RECOMENDACIONES

- a. Debido al uso excesivo de fertilización nitrogenada en los campos; se recomienda poder utilizar esta alternativa altamente eficiente, con la finalidad de promover el manejo ecológico de los cultivos.
- b. Es recomendable llevar este ensayo a campo bajo riego por goteo, para poder determinar con exactitud el rendimiento y número de tubérculos por planta.
- c. Realizar investigaciones con azotobacter y papa, dosificando la aplicación de materia orgánica con la finalidad de evaluar los efectos netos de azotobacter.



## CAPÍTULO VIII

### BIBLIOGRAFÍA

1. **Anónimo**, 2004. Bacterias fijadoras de nitrógeno. [www.academia.edu](http://www.academia.edu).
2. **Arias, et. al.** 2008. Manual de producción de papa. Honduras.
3. **Baca, et al.** 2000. Bacterias fijadoras asimbióticas de nitrógeno de la zona agrícola de San Carlos. Córdoba. Revista colombiana de biotecnología. Universidad nacional de Colombia.
4. **Bansal, et al.**, 1999. Antagonistic efficacy of *azotobacter chroococcum* against *meloidogyne javanica* infecting brinjal. Department of nematology. Department of microbiology. Cs haryana agricultural university. Hisar- 125 004. (en línea). Disponible en: <http://nematology.in/data/documents/v32n02p132.pdf>.
5. **Bonierbale y Gutiérrez, et.al.** 2012. Única variedad de papa, de germplasm enhancement and crop improvement división, centro internacional de la papa (cip) sitio web: [http://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/papa/manejo\\_integrado\\_de\\_papa.pdf](http://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/papa/manejo_integrado_de_papa.pdf)
6. **Callo, S.** 2011. Bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno. Universidad de salamanca [sergiocalvo@usal.es](mailto:sergiocalvo@usal.es). Ct 3 (2011) 173- 186. (en línea). Disponible en: <file:///d:/gloria%20musica/descargas/dialnet-bacteriassimbioticasfijadorasdenitrogeno-3761553.pdf>
7. **Calvo, S.** 2011. Bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno (en línea). Guanajuato. Disponible en: <file:///c:/users/pc/desktop/dialnet-bacteriassimbioticasfijadorasdenitrogeno-3761553.pdf>
8. **Castillo, et al.**, 2005. Isolation and characterization of *azotobacter* and *azospirillum* strains from sugarcane rhizosphere. (en línea). Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/227252152\\_isolation\\_and\\_characterization\\_of\\_azotobacter\\_and\\_azospirillum\\_strains\\_from\\_sugarcane\\_rhizosphere](https://www.researchgate.net/publication/227252152_isolation_and_characterization_of_azotobacter_and_azospirillum_strains_from_sugarcane_rhizosphere)
9. **Catalán y Egúsquiza.** 2011. Guía técnica curso – taller manejo integrado de papa. Perú. Universidad nacional agraria la molina oficina académica de extensión y proyección social. Agrobanco.



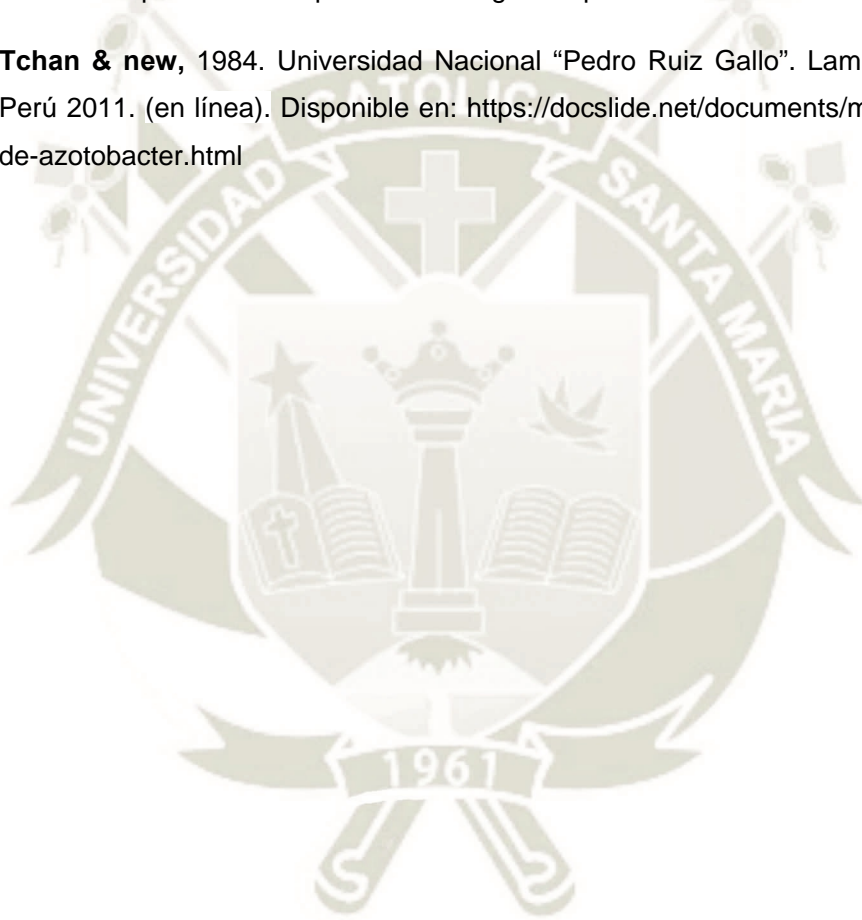
10. **Constantino et.al.**, 2010. Efecto de la inoculación de *azotobacter chroococcum* y *glomus intraradices* en el crecimiento y nutrición de plántulas de papaya en fase de vivero (en línea). Costarrica, cia. Disponible en <http://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v35n1/a02v35n1>
11. **Dávila, et. al.**, 2013. Actinomicetos antagónicos contra hongos fitopatógenos de importancia agrícola. (en línea). México. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=09342013000800006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=09342013000800006&script=sci_arttext) s2007-
12. **Dobereiner & day**, 1975. Constant partial pressures of oxygen, and the properties of its nitrogenase in cell-free extracts. Department of biochemistry, college of agricultural and life sciences, university of wisconsin, madison, wisconsin 53706, u.s.a.
13. **Espín**, 2012. Biología de *azotobacter vinelandii.*, de instituto de biotecnología, universidad nacional autónoma de méxico. México. Disponible en: <http://www.biblioweb.tic.unam.mx/libros/microbios/cap6>
14. **Flores et. al.**, 2014. Manejo de enmiendas para restaurar la materia orgánica del suelo en oasis de regadío de mendoza, argentina
15. **Gandarilla y González et. Al.**, 2000. Efecto de un inoculante microbiano a partir de cepas nativas de *azotobacter chroococcum* sobre el rendimiento en secuencias de cultivos hortícolas.
16. **Hernández, et. Al.**, 2012. Aplicación de *azotobacter chroococcum* en la producción de plántulas de tabaco negro. (en línea). Cuba. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s0258-59362012000200004&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0258-59362012000200004&lng=es&nrm=iso). Issn 0258-5936.
17. **Hurtado y Román** 2002. Guía técnica cultivo dela papa. La libertad, el salvador: apartado postal 885. San salvador.
18. **Juárez, et. al.**, 2004. Liberation of amino acids by heterotrophic nitrogen fixing bacteria. Group of environmental microbiology, department of microbiology, faculty of pharmacy and institute of water research, university of granada, granada, spain. Amino acids (2005) 28: 363–367. (en línea). Disponible en: <http://hera.ugr.es/doi/15770631.pdf>

19. **Kiehi, et. al.** 1995. Final environmental impact statement. Volume one: final eis and technical reports. (en línea). Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=bka1aqaamaaj&pg=ra10-pa70&lpg=ra10-pa70&dq=kiehi,+et+al.+1995+agro&source=bl&ots=8u\\_kv7r3vl&sig=aurf8h9suwgnmyfzr4\\_eo0ole7y&hl=es&sa=x&ved=0ahukewj5hyvzqavcahuhp1kkhrvkcpmq6aeiktaa#v=onepage&q=kiehi%2c%20et%20al.%201995%20agro&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=bka1aqaamaaj&pg=ra10-pa70&lpg=ra10-pa70&dq=kiehi,+et+al.+1995+agro&source=bl&ots=8u_kv7r3vl&sig=aurf8h9suwgnmyfzr4_eo0ole7y&hl=es&sa=x&ved=0ahukewj5hyvzqavcahuhp1kkhrvkcpmq6aeiktaa#v=onepage&q=kiehi%2c%20et%20al.%201995%20agro&f=false).
20. **Lara, C. et al.,** 2011. Aislados nativos con potencial en la producción de ácido indol acético para mejorar la agricultura. Laboratorio de biotecnología (en línea) disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v9n1/v9n1a03.pdf>
21. **Lara, et. al.** 2007. Determinación del potencial promotor del crecimiento vegetal de *azotobacter* spp. Aislados de la rizósfera de malezas en cultivos de maíz (*zea mays l.*). Scientia agropecuaria. (en línea). Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v6n4/a02v6n4.pdf>.
22. **Mantelin, et. al.,** 2004. Fijación biológica de nitrógeno. Universidad de oriente, núcleo de monagas, laboratorio de rizobiología, *campus* juanico, maturín, estado monagas. *Revista científica udo agrícola vol. 4, núm. 1, 2004, pp. 1-20.* (en línea). Disponible en: <http://www.bioline.org.br/request?cg04001>
23. **Mar, et. al.,** 2002. *Azotobacter sp.* Applied research aimed to growth promotion of crops with economics interest in Colombia. (en línea). Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/264120163\\_azotobacter\\_sp\\_applied\\_research\\_aimed\\_to\\_growth\\_promotion\\_of\\_crops\\_with\\_economics\\_interest\\_in\\_colombia](https://www.researchgate.net/publication/264120163_azotobacter_sp_applied_research_aimed_to_growth_promotion_of_crops_with_economics_interest_in_colombia)
24. **Martinez** 1999. Efecto de *azotobacter spp.* En la estimulación de la germinación y el desarrollo de posturas de *coffea arabica l.* Centro agricola, año 30, no.1, enero-marzo, 2003. (en línea). Disponible en: [http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/v30-numero\\_1/cag071031267.pdf](http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/v30-numero_1/cag071031267.pdf)
25. **Muñoz, et. al.,** 1996. Evaluación de tres métodos para preservación de *azotobacter chroococcum* and *azotobacter vinelandii*. Laboratorio de microbiología de suelos, centro de biotecnología y bioindustria, corporación colombia de investigación agropecuaria, corpoica, mosquera 250014, colombia. (en línea). Disponible en: <file:///d:/gloria%20musica/descargas/4404-article%20text-30969-1-10-20140401.html>

26. **Nakkeeran, et. al.**, 2006; plant growth promoting rhizobacteria formulations and its scope in commercialization for the management of pests and diseases. In: *pgpr: biocontrol and biofertilization*. 2° ed. Springer - dordrecht - the netherlands. 318 pp.
27. **Nelis**, 2007. Desarrollo, producción y evaluación de biofertilizantes para la caña de azúcar y otros cultivos. (en línea). Cuba. Disponible en: <http://www.icidca.cu/proyectos/perfiles2014/620.pdf>
28. **Page & shivprasad**, 1991. Use of *azotobacter chroococcum* as potentially useful in agricultural application. *Annals of microbiology*, 51, 145-158 (2001). (en línea). Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.500.8599&rep=rep1&type=pdf>
29. **Pandey & kumar**, 1990. Inhibitory effects of *azotobacter chroococcum* and *azospirillum brasilense* on a range of rhizosphere fungi. *Indian j. Exp. Biol.*, 28: 52-54.
30. **Rodríguez et al.**, 2003. Caracterización y efecto de *azotobacter*, *azospirillum* y *pseudomonas* asociadas a ipomoea batatas del caribe colombiano. *Rev. Colomb. Biotecnol.* Vol. Xix no. 2 julio – diciembre 2017, 39 – 50. (en línea). Disponible en: <file:///d:/gloria%20musica/descargas/69471-364646-1-pb.pdf>
31. **Santana, et al.**, 2002. Caracterización molécula de cepas nativas colombianas de *Azotobacter* spp. Mediante el análisis de restricción de DNA Ribosomal 16s. Bogota, d. C. Colombia. Agosto de 2007. (en línea). Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis14.pdf>
32. **Saribay**, 2003. Growth and nitrogen fixation dynamic of *azotobacter chroococcum* in nitrogen-free and omw containing medium. Thesis of master. Department of food engineering. The middle east technical university. Turkia. P. 1-45. (en línea). Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/15570/16325>
33. **Soto, L., et. al.**, 2001. Fijacion biológica de nitrógeno. (en línea). Disponible en: <http://www.elementos.buap.mx/num38/pdf/43.pdf>
34. **Steciow**, 2016. Rizósfera. *Cricyt. Enciclopedia* 1.



35. **Sudhir, et al.**, 1983. *Azotobacter chroococcum*: utilization and potential use for agricultural crop production: an overview. Biotechnology and climate change laboratory, national research centre on plant biotechnology, pusa campus, new delhi, india. (en línea). Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/32ca/411970b05fe8c20eae123b87f19a523a1e3c.pdf>.
36. **Tapia, et. al.**, 2016. Guía de campo de cultivos andinos. Fao y anpe. Perú. Editor técnico. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s00.html>
37. **Tchan & new**, 1984. Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque – Perú 2011. (en línea). Disponible en: <https://docslide.net/documents/monografia-de-azotobacter.html>



## ANEXOS

**ANEXO 1.** Longitud radicular (cm). 25 dds. Diferentes dosis de la Bacteria *Azotobacter* en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.

Observaciones	Tratamientos					Total
	T1	T2	T3	T4	T5	
1	10.0	9.0	9.0	10.0	11.0	49.0
2	9.00	10.0	11.0	9.0	9.0	48.0
3	9.00	9.0	9.0	10.0	11.0	48.0
Total	28.0	28.0	29.0	29.0	31.0	145.0
Promedio	9.33	9.33	9.67	9.67	10.33	

**ANEXO 2.** Longitud radicular (cm). 50 dds. Diferentes dosis de la Bacteria *Azotobacter* en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.

Observaciones	Tratamientos					Total
	T1	T2	T3	T4	T5	
1	32.0	33.0	32.0	35.0	35.0	167.0
2	31.0	34.0	34.0	35.0	34.0	168.0
3	32.0	35.0	36.0	33.0	35.0	171.0
Total	95.0	102.0	102.0	103.0	104.0	506.0
Promedio	31.67	34.00	34.00	34.33	34.67	

**ANEXO 3.** Longitud radicular (cm). 75 dds. Diferentes dosis de la Bacteria *Azotobacter* en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.

Observaciones	Tratamientos					Total
	T1	T2	T3	T4	T5	
1	45.0	48.0	46.0	47.0	49.0	235.0
2	44.0	49.0	47.0	47.0	50.0	237.0
3	44.5	47.0	48.0	48.0	47.0	234.0
Total	133.5	144.0	141.0	142.0	146.0	706.50
Promedio	44.50	48.00	47.00	47.33	48.67	

**ANEXO 4.** Longitud radicular (cm). 100 dds. Diferentes dosis de la Bacteria *Azotobacter* en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.

Observaciones	Tratamientos					Total
	T1	T2	T3	T4	T5	
1	57.0	59.0	59.0	53.0	62.0	290.0
2	56.0	58.0	58.0	58.0	55.0	285.0
3	57.0	56.0	57.0	60.0	59.0	289.0
Total	170.0	173.0	174.0	171.0	176.0	864.00
Promedio	56.67	57.67	58.00	57.00	58.67	

**ANEXO 5. Longitud radicular (cm). 120 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

Observaciones	Tratamientos					Total
	T1	T2	T3	T4	T5	
1	62.5	62.5	63	64	66	318
2	62.5	63	62.5	64.5	67.5	320
3	62.1	62.3	64.5	64.6	65	318.5
Total	187.1	187.8	190	193.1	198.5	956.5
Promedio	62.37	62.60	63.33	64.37	66.17	

**ANEXO 6. Altura de planta (cm). 25 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

Observaciones	Tratamientos					Total
	T1	T2	T3	T4	T5	
1	19.10	18.92	19.50	19.70	20.10	97.32
2	17.18	18.24	20.56	19.43	19.40	94.81
3	18.27	18.56	19.45	19.65	19.56	95.49
Total	54.55	55.72	59.51	58.78	59.06	277.62
Promedio	18.18	18.57	19.84	19.59	19.69	

**ANEXO 7. Altura de planta (cm). 50 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

Observaciones	Tratamientos					Total
	T1	T2	T3	T4	T5	
1	31.24	32.14	32.98	32.21	33.42	162.99
2	31.34	31.84	32.34	32.84	33.36	161.72
3	33.43	33.87	32.65	33.98	32.15	166.08
Total	96.01	97.85	97.97	100.03	98.93	490.79
Promedio	32.00	32.62	32.66	33.34	32.98	

**ANEXO 8. Altura de planta (cm). 75 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

Observaciones	Tratamientos					Total
	T1	T2	T3	T4	T5	
1	35.25	36.61	35.65	36.78	36.78	181.07
2	34.57	35.42	36.51	36.49	38.42	181.41
3	35.54	36.08	35.84	36.40	36.96	180.82
Total	105.36	108.11	108.00	109.67	112.16	543.30
Promedio	35.12	36.04	36.00	36.56	37.39	



**ANEXO 9. Altura de planta (cm). 100 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

Observaciones	Tratamientos					Total
	T1	T2	T3	T4	T5	
1	42.35	43.42	44.12	44.76	45.76	220.41
2	42.94	43.15	44.41	44.56	45.24	220.30
3	42.12	43.15	44.00	44.25	45.53	219.05
Total	127.41	129.72	132.53	133.57	136.53	659.76
Promedio	42.47	43.24	44.17	44.52	45.51	

**ANEXO 10. Altura de planta (cm). 120 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

Observaciones	Tratamientos					Total
	T1	T2	T3	T4	T5	
1	62.98	64.06	65.46	65.87	65.92	324.29
2	62.38	62.75	64.38	65.94	65.17	320.62
3	62.88	62.38	65.93	62.25	65.95	319.39
Total	188.24	189.19	195.77	194.06	197.04	964.3
Promedio	62.75	63.06	65.26	64.69	65.68	

**ANEXO 11. Área foliar (cm<sup>2</sup>). 25 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

Observaciones	Tratamientos					Total
	T1	T2	T3	T4	T5	
1	123.4	165.3	156.1	174.7	192.1	811.6
2	156.6	176.4	136.6	155.5	151.2	776.3
3	191.1	119.2	152.4	124.4	161.1	748.2
Total	471.1	460.9	445.1	454.6	504.4	2336.1
Promedio	157.03	153.63	148.37	151.53	168.13	

**ANEXO 12. Área foliar (cm<sup>2</sup>). 50 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo La Banda. Huasacache. Arequipa. 2016.**

Observaciones	Tratamientos					Total
	T1	T2	T3	T4	T5	
1	360.6	400.6	312.1	235.2	346.6	1655.1
2	335.8	312.5	376.8	345.4	377.5	1748.0
3	345.6	346.7	333.7	345.6	456.6	1828.2
Total	1042.0	1059.8	1022.6	962.2	1180.7	5231.3
Promedio	347.33	353.27	340.87	308.73	393.57	

**ANEXO 13. Área foliar (cm<sup>2</sup>). 75 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

Observaciones	Tratamientos					Total
	T1	T2	T3	T4	T5	
1	689.9	768.4	647.9	768.8	723.5	3598.5
2	699.1	723.7	734.6	754.6	725.9	3637.9
3	645.7	712.2	734.4	755.5	734.6	3582.4
Total	2034.7	2204.3	2116.9	2278.9	2184.0	10818.8
Promedio	678.23	734.77	705.63	759.63	728.00	

**ANEXO 14. Área foliar (cm<sup>2</sup>). 100 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

Observaciones	Tratamientos					Total
	T1	T2	T3	T4	T5	
1	934.6	923.4	956.6	1023.0	1032.4	4870.0
2	978.8	965.7	946.7	911.1	987.8	4790.1
3	993.3	919.9	934.4	956.7	923.5	4727.8
Total	2906.7	2809.0	2837.7	2890.8	2943.7	14387.9
Promedio	968.90	936.33	945.9	963.6	981.23	

**ANEXO 15. Área foliar (cm<sup>2</sup>). 120 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo La Banda. Huasacache. Arequipa. 2016.**

Observaciones	Tratamientos					Total
	T1	T2	T3	T4	T5	
1	2356.9	2538.9	2439.2	2338.5	2520.4	12193.9
2	2709.6	2524.1	2579.2	2484	2594.3	12891.2
3	2500.1	2629.9	2588.8	2510.3	2539.6	12768.7
Total	7566.6	7692.9	7607.2	7332.8	7654.3	37853.8
Promedio	2522.20	2564.30	2535.73	2444.27	2551.43	

**ANEXO 16. Número de tubérculos/planta. 50 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo “La Banda”. Huasacache. Arequipa. 2016.**

Observaciones	Tratamientos					Total
	T1	T2	T3	T4	T5	
1	9	9	9	10	9	46
2	8	7	9	9	10	43
3	8	8	8	8	9	41
Total	25	24	26	27	28	130
Promedio	8.33	8.00	8.70	9.00	9.30	

**ANEXO 17. Número de tubérculos/planta. 75 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo La Banda. Huasacache. Arequipa. 2016.**

Observaciones	Tratamientos					Total
	T1	T2	T3	T4	T5	
1	10	10	9	10	9	48
2	9	7	8	9	10	43
3	10	11	10	8	11	50
Total	29	28	27	27	30	141
Promedio	9.67	9.33	9.00	9.0	10.00	

**ANEXO 18. Número de tubérculos/planta. 100 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo La Banda. Huasacache. Arequipa. 2016.**

Observaciones	Tratamientos					Total
	T1	T2	T3	T4	T5	
1	10	11	11	11	8	51
2	9	7	8	9	6	39
3	10	11	11	12	11	55
Total	29	29	30	32	25	145
Promedio	9.67	9.67	10.0	10.67	8.33	

**ANEXO 19. Número de tubérculos/planta. 120 dds. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo La Banda. Huasacache. Arequipa. 2016.**

Observaciones	Tratamientos					Total
	T1	T2	T3	T4	T5	
1	11	11	9	10	12	53
2	9	7	10	9	8	43
3	10	12	12	13	12	59
Total	30	30	31	32	32	155
Promedio	10.00	10.00	10.33	10.67	10.67	

**ANEXO 20. Rendimiento de Tubérculos/planta en Kg. Diferentes dosis de la Bacteria Azotobacter en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única bajo condiciones de invernadero en el Fundo La Banda. Huasacache. Arequipa. 2016.**

Observaciones	Tratamientos					Total
	T1	T2	T3	T4	T5	
1	1.16	1.1	1.16	1.19	1.14	5.75
2	1.22	1.18	1.2	1.21	1.2	6.01
3	1.21	1.13	1.19	1.14	1.17	5.84
Total	3.59	3.41	3.55	3.54	3.51	17.6
Promedio	1.20	1.14	1.18	1.18	1.17	