

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**Escuela Académico Profesional de Agronomía**

**“EFECTO DE LA CO-INOCULACIÓN DE *Azotobacter* spp  
y nitrógeno EN EL RENDIMIENTO DE SANDÍA  
(*Citrullus lanatus* L.) EN EL CEA III  
LOS PICHONES – TACNA”**

**TESIS**

**Presentada por:**

**Bach. Yaméli Marlít Acero Ale**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TACNA - PERÚ**

**2015**

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

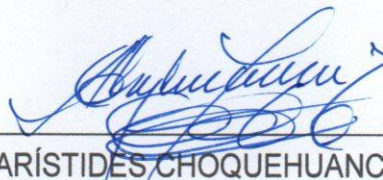
**Escuela Académico Profesional de Agronomía**

**TESIS**

**“EFECTO DE LA CO-INOCULACIÓN DE *Azotobacter* spp  
y nitrógeno EN EL RENDIMIENTO DE SANDÍA  
(*Citrullus lanatus* L.) EN EL CEA III  
LOS PICHONES – TACNA”**

TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 10 DE DICIEMBRE DEL 2015,  
SIENDO EL JURADO CALIFICADOR:

PRESIDENTE:



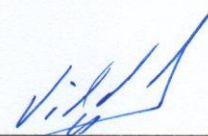
\_\_\_\_\_  
MSc. ARÍSTIDES CHOQUEHUANCA TINTAYA

SECRETARIO:



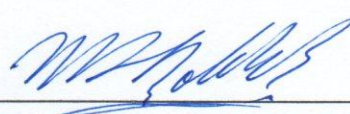
\_\_\_\_\_  
Dr. OSCAR OCTAVIO FERNÁNDEZ CUTIRE

VOCAL:



\_\_\_\_\_  
Mgr. VIRGILIO SIMÓN VILDOSO GONZALES

ASESOR:



\_\_\_\_\_  
MSc. MAGNO SANTOS ROBLES TELLO

## DEDICATORIA

*A Dios todo poderoso por darme el ser y la sabiduría; siempre me has ayudado a salir adelante, en todo momento. En especial en los más difíciles.*

*A mis padres Hipólito Antonio Acero Ninaja y Elvira Ale y mi hermano Poli Acero Ale fuente de inspiración, este logro es de ustedes por guiarme diariamente e impulsar el cumplimiento de mis metas, por darme la oportunidad de estudiar esta carrera y creer en mí.*

*Aunque muchas veces el camino es un poco complicado me han motivado con sus consejos y aptitudes a realizar mis sueños.*

*También a todos mis mentores, que durante mi formación personal y profesional tuvieron un consejo que brindarme y confiaron en mí.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A todos los catedráticos de la Escuela Académico Profesional de Agronomía de la UNJBG, quienes con sus lecciones y experiencias influyeron en mi formación profesional. Un agradecimiento muy especial a mi asesor M. Sc. Magno Santos Robles Tello, por su gran apoyo y compartir sus conocimientos.*

*A mis jurados M. Sc. Arístides Choquehuanca, Dr. Oscar Fernández Cutire y M. Gr. Virgilio Vildoso Gonzales por su orientación y guía en la conclusión de mi tesis.*

*A todos mis amigos y amigas que conocí durante mi estancia en la universidad, personas que fueron y son muy importantes en mi vida, gracias por todo.*

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

INTRODUCCIÓN 1

**CAPÍTULO I: EL PROBLEMA 3**

1.1. Planteamiento del problema 3

1.2. Formulación y sistematización del problema 6

1.3. Delimitación de la investigación 6

1.4. Justificación 7

1.5. Limitaciones 8

1.6. Objetivos 8

1.6.1. Objetivo general 8

1.6.2. Objetivos específicos 9

**CAPITULO II: HIPOTESIS Y VARIABLES 10**

2.1. Hipótesis 10

2.1.1. Hipótesis general 10

2.1.2. Hipótesis específicas 10

2.2. Indicadores de variables	11
2.3. Operacionalización de variables	11
<b>CAPÍTULO III: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b>	<b>12</b>
3.1. Conceptos generales y definiciones	12
3.2. Enfoques teóricos – técnicos	18
3.3. Marco referencial	28
<b>CAPITULO IV: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>32</b>
4.1. Tipo de investigación	32
4.2. Población y muestra	32
4.3 Material de estudio	32
4.4. Factores de estudio	34
4.5. Variables de respuesta	36
4.6. Análisis de datos	37
4.7. Análisis de suelo	38
4.8. Datos metereológicos:	39
4.9. Diseño experimental	40

4.10. Características del campo experimental	41
4.11. Croquis del campo experimental con la aleatorización de tratamientos	42
4.12. Conducción del experimento	42
<b>CAPITULO V: TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS</b>	<b>49</b>
5.1. Resultados y discusiones	49
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>66</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>67</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>68</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>75</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Operacionalización de variables.	11
Cuadro 2.	Combinación de los tratamientos en estudio.	35
Cuadro 3.	Aplicación del fertilizante.	45
Cuadro 4.	Análisis de varianza de longitud del tallo (cm).	49
Cuadro 5.	Prueba de significación de Duncan para longitud de la planta.	50
Cuadro 6.	Análisis de varianza de peso promedio del fruto (cm).	52
Cuadro 7.	Prueba de significación de Duncan para peso del fruto.	53
Cuadro 8.	Análisis de varianza de diámetro ecuatorial del fruto (cm).	55

Cuadro 9.	Prueba de significación de Duncan para diámetro ecuatorial.	56
Cuadro 10.	Análisis de varianza de diámetro polar del fruto (cm)	58
Cuadro 11.	Prueba de significación de Duncan para diámetro polar.	59
Cuadro 12.	Análisis de varianza de rendimiento kg/ha.	61
Cuadro 13.	Prueba de significación de Duncan para rendimiento (t/ha).	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Altura de planta (cm) en función a los niveles de nitrógeno.	51
Figura 2.	Peso del fruto de sandía en función a los niveles de nitrógeno.	54
Figura 3.	Diámetro ecuatorial del fruto en función a los niveles de nitrógeno.	67
Figura 4.	Diámetro polar del fruto en función a los niveles de nitrógeno.	60
Figura 5.	Rendimiento del fruto (t/ha) en función a los niveles de nitrógeno.	63

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Peso promedio de cada fruto (cm)	76
Anexo 2.	Longitud de la planta (cm)	77
Anexo 3.	Diámetro ecuatorial del fruto (cm)	78
Anexo 4.	Diámetro polar del fruto (cm)	79
Anexo 5.	Rendimiento del fruto kg	80

## RESUMEN

En la presente tesis titulada “EFECTO DE LA CO-INOCULACIÓN DE *Azotobacter spp* y nitrógeno EN EL RENDIMIENTO DE SANDÍA (*Citrullus lanatus L.*) EN EL CEA III LOS PICHONES – TACNA” se empleó el modelo estadístico del diseño de bloques completos aleatorios con arreglo factorial de 4x2 con 8 tratamientos y 4 repeticiones. También se utilizaron 2 factores en estudio Factor A: Azotobacter ( $b_0$ : Sin Azotobacter;  $b_1$ : Con Azotobacter) y el Factor B: Niveles de nitrógeno ( $a_0$ : 0,0 kg/ha;  $a_1$ : 100 kg/ha;  $a_2$ : 150 kg/ha;  $a_3$ : 200 kg/ha). Para el análisis de datos se empleó el análisis de varianza y para las comparaciones de medias se utilizó la prueba de Duncan, los principales resultados evidenciaron el mayor efecto en el rendimiento de la sandía con la aplicación de Azotobacter logrando mayor promedio con 43,13 t/ha, el nitrógeno con un nivel de 200 kg/ha.

## **ABSTRACT**

In this thesis entitled "EFFECT OF CO-INOCULATION OF *Azotobacter* spp and nitrogen on the yield of watermelon (*Citrullus lanatus* L.) IN THE PIGEONS CEA III - TACNA" statistical model of randomized complete block design was used in accordance with 4x2 factorial with 8 treatments and 4 repetitions. Two factors were also used to study Factor A: *Azotobacter* (b0: No *Azotobacter*; b1: With *Azotobacter*) and Factor B: Levels of nitrogen (a0: 0,0 kg/ha; a1: 100 kg/ha; a2: 150 kg/ha; a3: 200 kg/ha). For data analysis analysis of variance was used for comparisons and mean Duncan test was used, the main results showed the greatest effect on the performance of the watermelon with the application of *Azotobacter* achieving higher average with 43,13 t/ha, nitrogen with a level of 200 kg/ha.

## **INTRODUCCIÓN**

La sandía es un cultivo que presenta un aumento en el consumo interno y un alto potencial de exportación; y se presenta como una excelente alternativa para los pequeños productores de las zonas bajas de Tacna.

La obtención de rendimientos altos pasa necesariamente por un manejo óptimo de los factores de producción, el cual está en función de los métodos usados en la producción, los precios de los fertilizantes, los costos de traslado de los mismos y el valor comercial de las cosechas.

La aplicación de biofertilizantes ayudaría a disminuir significativamente la aplicación de fertilizantes sintéticos. De igual forma se vería incrementado el rendimiento de frutos por tener a disposición permanente elementos nutritivos a lo largo de su desarrollo fenológico. Los suelos mejorarían su calidad con respecto a microorganismos que ayuden a la mineralización de elementos nutritivos requeridos por la planta e inclusive se podría lograr la recuperación de suelos en procesos de erosión o contaminación. Desde hace algunos años se vienen introduciendo en nuestro país el uso de biofertilizantes y bioestimulantes del crecimiento

vegetal, y especial énfasis ha cobrado la utilización de bacterias rizosféricas del género *Azotobacter*.

En el primer capítulo se describe el planteamiento del problema, la justificación, las limitaciones de ésta investigación. El segundo capítulo describe la fundamentación teórica y la definición de los términos básicos, seguidamente se detalla los enfoques teóricos – técnicos. Después se describe el marco referencial del tema de investigación. En el cuarto capítulo se describe la metodología de la investigación utilizada donde se muestra el tipo y el nivel de la investigación, diseño de la investigación, población y muestra, las técnicas aplicadas e instrumentos de recolección de los datos asimismo los métodos estadísticos para el análisis de datos. En el quinto y último capítulo se detalla el tratamiento de los niveles de nitrógeno y *Azotobacter chroococcum* de los resultados de la encuesta y su discusión. Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

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

Se viene cultivando la sandía a lo largo de la costa peruana siendo comercializada principalmente como frutas fresca en las estaciones de primavera y verano, también es procesada como fruta confitada, es un fruto muy agradable por ser muy refrescante.

En la localidad de Tacna vemos un incremento de las áreas de cultivo de cucurbitáceas y en especial de la sandía que se incrementó de 85 hectáreas en el año 1998 a 109 hectáreas al año 2013 manteniendo un crecimiento constante del área cultivada de esta cucurbitácea. La producción en el año 2013 fue de 4,084 t con un rendimiento 37 468 kg/ha. Como mercado de destino tenemos para el mercado exterior se exporta a Chile como fruta fresca entre los meses de noviembre - febrero, para mercado nacional y local noviembre – marzo. Como mercado potencial a nivel internacional tenemos a los Estados Unidos que se ubica como el principal importador de sandía fresca, mostrando una tendencia creciente en los últimos años. Le siguen Alemania, Canadá y Francia que

también registraron incrementos en sus demandas. Estos son mercados que representan una oportunidad para el producto peruano.

La producción de sandía se concentra en los departamentos de La Libertad (23 %), Ancash (17 %), Loreto (14 %), Lima (12 %) e Ica (11 %). Sin embargo, la producción de los departamentos de Piura (4 %) y Tacna (5 %) son las que abastecen el mercado exterior, sobre todo en el caso de Holanda. (MINAG, 2014).

Los volúmenes de exportación de sandía fresca a partir del año 2001, se incrementa progresivamente año tras año. Actualmente según datos obtenidos las zonas de producción son el sector bajo y medio del Valle de Tacna. De los predios mencionados los que se ubican en el Sector Bajo (La Yarada) son los productores de cucurbitáceas, y en menor cantidad los del Sector Medio (Magollo).

La principal variedad que se cultiva en la zona es “Santa Amelia” que ha desplazado a las demás por sus mejores características con respecto al rendimiento, también su fruto es de cascara delgada y resistente al transporte, buena coloración. No existen trabajos locales en esta variedad de sandía. Y para su estudio solo se considera trabajos de referencia en otras variedades. Existe una alta tendencia hacia productos de

denominación orgánicos, que presenten mejores características de calidad y rentabilidad.

De continuar este ritmo de incremento de cultivo y rendimientos mayores la competencia va a pasar de obtener mayor rendimiento a mayor calidad.

No se podría incursionar en nuevos mercados extranjeros más exigentes que a su vez ofertan mejores precios por el producto, cuyos ingresos podrían apoyar a mejorar la calidad de vida de los agricultores locales. De continuar con un sistema de fertilización netamente sintético se produciría una degradación de los suelos y cada vez un mayor costo de producción para el productor.

Con la aplicación de biofertilizantes ayudaría a disminuir significativamente la aplicación de fertilizantes sintéticos y además pondría a disposición de la planta tanto macro como micro elementos para una nutrición balanceada. Se incrementaría el rendimiento de frutos por tener a disposición permanente de elemento nutritivos a lo largo de su desarrollo fenológico.

Se contará con suelos de mejor calidad en cuanto a microorganismos que ayudan a la mineralización de elementos nutritivos requeridos por la

planta e inclusive se puede lograr la recuperación de suelos en procesos de erosión o contaminación.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema principal**

¿Cuál será el efecto de la co-inoculación a base de *Azotobacter chroococcum* y nitrógeno en el desarrollo y rendimiento en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus L*) variedad Santa Amelia en la campaña agrícola 2014-2015 en el fundo “Los Pichones” de la UNJBG-Tacna?

### **1.2.2. Problemas específicos:**

¿Cuál será el efecto de la co-inoculación a base de *Azotobacter chroococcum* en el rendimiento de sandía (*Citrullus lanatus L*) variedad Santa Amelia?

¿Cuál de la dosis de nitrógeno tendrá mayor efecto en el desarrollo y rendimiento en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus L*) variedad Santa Amelia?

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

El presente trabajo de investigación experimental se realizó en el Centro Experimental Agrícola “Los Pichones” (CEA III), de propiedad de la

Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional “Jorge Basadre Grohmann – Tacna” el cual geográficamente se encuentra ubicada en parte sur – este de la ciudad de Tacna, en la margen derecha de la línea férrea Tacna – Arica.

### **Ubicación**

- Altitud de 508 m.s.n.m
- 17° 59´ 38” latitud sur
- 70° 14´ 22” latitud oeste.

### **1.4. Justificación**

El fundamento de este trabajo se sustenta en la falta de información con respecto a la utilización de fertilizantes biológicos o biofertilizantes que están presentando beneficios importantes en una gama de cultivos hortícolas, frutales y forestales.

Por tal motivo establecer la influencia de estos microorganismos en el rendimiento y calidad del cultivo de sandía resultaría una excelente alternativa que pueden tener los agricultores.

Presenta dos principales beneficios la utilización fertilizantes biológicos: en primer lugar ayuda a la conservación del suelo y en

segundo lugar facilita la adsorción de fertilizantes que no están al alcance de la planta en el agro ecosistema.

Por tal motivo se pretende poner a disposición de los productores una alternativa dentro del manejo del cultivo que le ayude ofertar productos con tendencia orgánica que presenten mayores rendimientos y/o calidades. Agricultores beneficiados directamente o en forma indirecta.

## **1.5. Limitaciones**

La presente investigación se vio enfrentada a limitaciones de diverso tipo, tanto desde el punto de vista teórico como práctico.

La principal limitación de la investigación es la falta de antecedentes respecto al tema de investigación sobre todo en la aplicación de *Azotobacter chroococcum* en el cultivo de sandía.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de la co-inoculación a base de *Azotobacter chroococcum* y nitrógeno en el desarrollo y rendimiento en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus L*) variedad Santa Amelia, en la campaña agrícola 2014-2015 en el fundo “Los Pichones” de la UNJBG-Tacna.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

Determinar el efecto de la co-inoculación a base de *Azotobacter chroococcum* en el rendimiento del fruto de la sandía variedad Santa Amelia.

Establecer la dosis de nitrógeno su mayor efecto en el rendimiento del cultivo de sandía variedad Santa Amelia.

## **CAPITULO II**

### **OBJETIVOS E HIPOTESIS**

#### **2.1. Hipótesis**

##### **2.1.1. Hipótesis general**

La co-inoculación con *Azotobacter chroococcum* y aplicación de nitrógeno influye significativamente en el rendimiento de sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Santa Amelia en condiciones de la región – Tacna los pichones para la campaña agrícola 2014-2015.

##### **2.1.2. Hipótesis específicas**

El rendimiento del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Santa Amelia, se incrementará positivamente con la co-inoculación a base de *Azotobacter chroococcum*.

La aplicación de la dosis adecuada de nitrógeno incrementa significativamente el rendimiento de la sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Santa Amelia.

## 2.2. Indicadores de variables

Variable dependiente Y. Rendimiento

Variables independientes

X<sub>1</sub>. *Azotobacter chroococcum*.

X<sub>2</sub>. Niveles de nitrógeno.

## 2.3. Operacionalización de variables

**Cuadro 1. Operacionalización de variables**

Variables	Dimensión	Indicadores
<b>Variable dependiente</b>	Longitud de planta	m
Y	Número de frutos por planta	N
	Peso del fruto	kg
Rendimiento	Rendimiento	t/ha
<b>Variable independiente</b>		
X	<i>Azotobacter chroococcum</i> .	Sin <i>Azotobacter</i> Con <i>Azotobacter</i>
Fertilización orgánica y química	Niveles de nitrógeno	0 kg/ha 100 kg/ha 150 kg/ha 200 kg/ha

**Fuente.** Elaboración propia

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

#### **3.1. Conceptos generales y definiciones**

##### **Generalidades del cultivo de la sandía**

##### **a. Origen de la sandía.**

Su origen más probable es África, aunque existen muchos indicios de que o bien llegó muy tempranamente a Asia o que en este continente existió algún centro de origen y/o diversificación de la sandía o de plantas taxonómicamente próximas. Su cultivo parece ser que se expandió por el norte de África Central y por el oriente del IV milenio a.C., procedente del África Central. (Maroto & Gómez, 2002).

## **b. Taxonomía de la sandía**

Tamaro, (1989) Señala que la taxonomía de la sandía es la siguiente:

Reino : Vegetal

División : Fanerógamas

Sub – División : Angiosperma

Clase : Dicotiledóneas

Orden : Cucurbitales

Familia : Cucurbitáceas

Género : Citrullus

Especie : lanatus

N.T. : Citrullus lanatus

N.C. : Sandía

La sandía es una planta, herbácea, rastrera, monoica con zarcillos divididos en dos y tres filamentos: sus raíces presentan un notable desarrollo (Valdés, 1998).

## **b. Descripción morfológica**

Es una planta anual, con un sistema radicular que puede profundizar mucho en lo que se refiere a la raíz principal, aunque el resto del sistema se encuentra distribuido superficialmente. La mayoría de las raíces llegan a una profundidad de 2 metros, y que las raíces laterales generalmente se

extienden hasta 4 metros de diámetro; asimismo, a una profundidad de 80 a 90 cm que se encuentra la mayor parte de estas (Guenko, 1983).

Los tallos recubiertos de pelos y provistos de zarcillos, se extienden rastreramente por el suelo, pudiendo desarrollarse más de 3 metros respecto de la base de la planta. Las hojas son pinnado partidas, dividido en 3-5 lóbulos redondeados, que a su vez también se componen de varios segmentos orbiculares, formando entalladuras pronunciadas, en el haz el limbo tiene la apariencia lisa, mientras que en el envés presenta un aspecto áspero y recubierto de pilosidades. (Maroto & Gómez, 2002)

### **c. Valor Nutricional**

Señalan que el cultivo de la sandía tiene usos tales como: las hojas sirven de alimento para el ganado; la cascara se utiliza para elaborar frutas confitadas; del fruto se preparan licores y mermeladas, generalmente el consumo es directo como fruta fresca y puede extraerse aceite de las semillas. (Delgado de la Flor, 1 988)

#### **3.1.1. Ecosistemas del cultivo.**

##### **a. Clima**

El cultivo prefiere climas cálidos y secos, con temperaturas optimas de 18 – 25 °C, máxima de 32 °C y mínima de 10 °C; es muy sensible a las

heladas. La duración del periodo vegetativo total varia de 80 – 110 días dependiendo del clima. (Delgado de la Flor, 1 988).

Para conseguir una buena germinación el mínimo térmico necesario se establece en 15,5 °C y el óptimo en 21 y 35 °C, la temperatura del cero vegetativo se fija en unos 13°C; el intervalo óptimo para el crecimiento entre 21 y 30 °C, mientras la temperatura mínima y máxima para el desarrollo vegetativo se establece en 18 y 35 °C respectivamente. La floración, el cuajado y la maduración de los frutos exigen temperaturas superiores a 18° C. (Maroto & Gómez, 2002).

## **b. Suelo**

Los suelos para el cultivo deben ser ligeros, profundos, con buen drenaje, con texturas que van de arenosos a franco arenosos, con estructura granular y alto contenido de materia orgánica; no debe tener capas duras o compactas. (Delgado de la Flor, 1 988).

En cuanto al pH, está clasificada como muy tolerante a la acidez, y dentro de las cucurbitáceas es la más tolerante, teniendo un rango de pH de 5,0 a 6,8; así mismo está clasificada como medianamente tolerante a la salinidad, con valores de 3860 a 2560 ppm (6 a 4 mhos/cm). (Valadez, 1990).

### **c. Necesidades hídricas.**

El cultivo puede agotar el agua hasta llegar a una tensión de agua superior a dos atmosferas, sin que afecte su rendimiento. Debe regarse teniendo en cuenta el nivel de evaporación, cuando se ha agotado hasta un 70 % del agua disponible en el suelo. Las necesidades de agua para el periodo vegetativo total par un cultivo de 100 días varía de 400 600 mm. (Maroto & Gómez, 2002).

### **d. Fertilización**

Se recomienda incorporar la materia orgánica en la preparación de tierras al voleo o en las bandas en la línea de siembra; la dosis recomendada es 180 – 100 – 120, aplicándose durante la siembra todo el fósforo, potasio y la mitad del nitrógeno; la otra mitad de este se aplicara al inicio del guiado durante el cambio de surco. (Delgado de la Flor, 1 988).

### **3.1.2. Cosecha**

Existen indicadores físicos y visuales que se describen a continuación:  
(Valadez, 1990)

**Tiempo:** Conociendo el periodo vegetativo del cultivar que se está produciendo, puede calcularse el número de días necesarios para la maduración de los frutos, pudiendo variar de 90 – 110 días.

**Sonido:** Muchos productores mencionan que cuando el fruto está listo para cosecharse debe tener un sonido seco al ser golpeado con la palma de la mano.

**Color:** Se afirma que al cambio de color del fruto es también otro indicador de cosecha. Por ejemplo, puede cambiar de un color verde claro opaco a un color verde oscuro brillante.

### **3.1.3. Rendimiento**

Por un lado indican que el rendimiento promedio en el Perú es de 10 – 15 t/ha. (Delgado de la Flor, 1 988)

El INIA reporta haber alcanzado un rendimiento de 40 t/ha. (INIA, 1979; citado por Cohaila 1993)

Bajo el sistema de riego por exudación se logró rendimientos de 28,67 a 71,96 t/ha. (Cohaila, 1993)

## 3.2. Enfoques teóricos – técnicos

### 3.2.1. Generalidades del género *Azotobacter*

#### a. Características de *Azotobacter*

Las bacterias del género *Azotobacter* son Gram – negativas que tienen una pared celular compleja que consiste de una membrana externa y una capa interna de peptidoglucano que contiene ácido murámico y murcina, se reproducen por fisión binaria, habitan en suelos rizosféricos (alrededor de raíces) y aguas frescas. (Dibut y Martínez 1990)

*Azotobacter* no forma endosporas, pero en condiciones ambientales adversas forman quistes de resistencia a la desecación y en laboratorio puede inducirse variando el cultivo en medio de glucosa a uno con B - hidroxibutirato como única fuente de carbono. (Peña y Torres, 1992)

Según los conocimientos modernos *Azotobacter chroococcum* presenta tres formas diferenciales, de acuerdo con la edad de la célula:

a. **Células jóvenes:** Comprenden bastoncitos móviles peritricos, de 2 a 4  $\mu$  de largo.

b. **Células adultas:** Comprenden formas esféricas grandes y pequeñas inmóviles, de 2 a 4  $\mu$  de diámetro, las cuales presentan granulaciones correspondientes a cuerpos matacromáticos, lipóide, glicógeno, etc.

c. **Células envejecidas:** Se presentan enquistadas formando células cocoideas de tamaño mayor, las cuales, pueden germinar y regenerar las formas jóvenes, la presencia de ciertas sustancias carbonadas forman células gigantes.

Además de estos estados celulares, se conocen otros fenómenos reproductivos (macronidias inmóviles y macronidias móviles), que son formaciones intracelulares que, una vez libres, regeneran la forma normal. (Dibut y Martínez 1990)

#### b. ***Azotobacter* y la asimilación de nutrimentos**

La capacidad de fijación de la bacteria *Azotobacter* varía considerablemente en dependencia de la composición del medio nutritivo, de su acidez, la temperatura y aireación, de la presencia de fuentes de nitrógeno combinado, de la naturaleza de la fuente de carbono y los microelementos. (IDEMA, 2000)

Al estudiar el efecto de diferentes fuentes de carbono sobre la fijación del nitrógeno por el género *Azotobacter*, se puede encontrar que la

productividad de la fijación dependía de la estructura de la sustancia orgánica, y de las reservas de energía química utilizable que contiene, siendo también importante los procesos de oxidación de la materia orgánica durante la respiración. (Pérez, 1997)

Varias sustancias pueden actuar como fuente de carbono, entre ellos los carbohidratos (monosacáridos, disacáridos y algunos polisacáridos), ácidos alifáticos y aromáticos, alcoholes, compuestos volátiles, etc. Las distintas especies y aún cepas dentro de una misma especie, pueden diferir en cuanto a las fuentes de carbono que utilizan. (Pérez, 1997)

En el suelo, estas bacterias pueden utilizar una amplia gama de compuestos orgánicos y de productos de descomposición de plantas y animales, en particular, se ha observado una intensa propagación de estos microorganismos en suelos donde hay mucha paja o compost que contienen celulosa. Esto se podría explicar por la capacidad que tienen estas bacterias para asimilar las sustancias formadas en el sustrato durante la descomposición de la celulosa. Se ha comprobado que en suelos ricos en humus, cuando no hay residuos orgánicos frescos, la población de *Azotobacter* es pobre. (Pérez, 1997)

Viven en forma libre en el suelo y tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, cuando estas bacterias mueren se descomponen hasta

nitrato, siendo esta forma como las plantas absorben y metabolizan el nitrógeno fijado por la bacteria. (Mackie, 1999).

### **c. Importancia de su uso**

- Fijación biológica de nitrógeno.
- Solubilización del fósforo insoluble presente en el suelo.
- Producción de sustancias fisiológicamente activas.

El producto al ser aplicado mejora la estructura del suelo permitiendo un mejor enraizamiento y un mayor vigor de las plantas, también facilita para ellas la disponibilidad y toma de nutrientes en las formas correctas y en las proporciones adecuadas. Suministra en forma continua y natural diferentes principios activos promotores de crecimiento que permiten una mejor tasa de desarrollo y una mayor productividad de los cultivos.

### **3.2.2. El Nitrógeno (N)**

Las plantas lo absorben principalmente a través de las raíces como iones amonio  $\text{NH}_4^+$  o como iones nitrato  $\text{NO}_3^-$ . En la planta el nitrato es convertido rápidamente en amonio el cual se combina con los hidratos de carbono formados en la fotosíntesis para dar lugar a aminoácidos y finalmente a proteínas, lo cual origina el crecimiento de las hojas, entre otras. (Simpson, 1991).

El nitrógeno es esencial para la vida de la planta. Se trata de un componente de muchas moléculas importantes, como los aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, ciertas hormonas y la clorofila. El nitrógeno es el elemento que regula el crecimiento de los brotes, hojas y frutos, tienen un efecto decisivo sobre el rendimiento.

El nitrógeno es esencial para el funcionamiento de las plantas. Forma parte de todas las células vivientes, las plantas necesitan grandes cantidades de nitrógeno. (Silva, 1996)

Es fundamental para el crecimiento, por constituir aminoácidos, proteínas, lecitinas, ácidos nucleicos y forma parte de la molécula de clorofila, forma parte de las estructuras básicas de los cloroplastos, aumenta la capacidad de producción pero hasta cierto punto, posterior a él se perjudica la calidad. (Higa, 2001).

El nitrógeno tiene un lugar especial en la nutrición vegetal, no sólo por el elevado requerimiento de las plantas sino porque está casi ausente en la roca madre del cual se forman los suelos. Bidwell (1993). Las plantas absorben el nitrógeno en la forma  $(\text{NH}_4^+)$  y  $(\text{NO}_3^-)$ . El  $(\text{NO}_3^-)$  generalmente se presenta en concentraciones mayores que el  $(\text{NH}_4^+)$  y es libre para moverse por flujo de masas. La preferencia de las plantas

por la forma ( $\text{NO}_3$ ) como de la ( $\text{NH}_4^+$ ) es determinada por la edad y el tipo de la planta, el medio y otros factores. (Tisdale y Nelson, 1993).

También existe en la forma elemental ( $\text{N}_2$ ) y en forma orgánica como proteínas (materia orgánica) y úrea. (Razeto, 1993). Cuando absorbe como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en las hojas sufren una serie de transformaciones que terminan en la formación de proteínas y otros compuestos nitrogenados. (Christensen y Kasimatis, 1978).

### **3.2.3. Nutrición mineral del nitrógeno**

El nitrógeno es el elemento que tiene la mayor probabilidad de limitar el crecimiento y la capacidad de producción de las plantas cultivadas. Interviene en la formación de aminoácidos y proteínas, los cuales a su vez aumentan la superficie foliar, la masa protoplasmática y en general el crecimiento de los diversos órganos de la planta, (Black, 1975). Después del Carbono, Hidrógeno y Oxígeno, el nitrógeno es el cuarto elemento más abundante en la materia seca de los vegetales. Componente estructural de compuestos biológicos, el nitrógeno más que cualquier otro nutriente limita el crecimiento de las plantas al participar en la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos, (Mengel y Kirkby, 1987).

Bakers y Mills (1980), señalan que el amonio como única fuente de nitrógeno es dañina para el crecimiento de muchas plantas superiores,

disminuye la absorción de cationes (Ca, Mg, K, Mn) e incrementa la absorción de algunos aniones ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ), de otro lado el nitrato es de más fácil absorción al incrementarse su aplicación externa e incluso cuando la aplicación es alta, los nitratos son absorbidos en exceso según las necesidades de la planta. Pero el nitrato como fuente externa de fertilización tiene el inconveniente de perderse fácilmente por lixiviación o por denitrificación, sin embargo el nitrato en presencia de amonio mejora su eficiencia incrementando el crecimiento de las plantas y la absorción total de nitrógeno de las plantas. El nitrógeno en la planta es inicialmente reducido a la forma amoniacal y combinado con las cadenas orgánicas, forma ácido glutámico, éste a su vez es incluido en más de un centenar de diferentes aminoácidos. Éstos participan en los procesos metabólicos de las plantas, teniendo así un carácter más funcional que estructural. Además de ello, el nitrógeno se encuentra como componente molecular de la clorofila, (Raij, 1991).

El crecimiento vegetativo implica la formación y crecimiento de nuevas hojas, tallos y raíces. En este periodo los tejidos meristemáticos tienen un metabolismo de proteínas muy activo y los fotosintatos transportados a estos puntos se usan predominantemente en la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas.

Por esta razón, el suministro de nitrógeno a la planta en este periodo controla en gran medida su tasa de crecimiento. Una elevada tasa de crecimiento sólo se da cuando hay una gran disponibilidad de nitrógeno, (Carlson, 1980). Un crecimiento inicial retardado, un color verde amarillento en las hojas y la prematura senescencia de las hojas más bajas son los principales síntomas de la deficiencia de nitrógeno en muchas plantas cultivadas. Una aparente deficiencia de nitrógeno ocurre debido a un irregular suministro de la humedad o a la variación en la calidad del agua de riego. (Arnon, 1974).

Cuando el suministro de nitrógeno desde el medio edáfico es inadecuado, el nitrógeno de las hojas más viejas se moviliza para nutrir a los órganos más jóvenes de la planta. Por esta razón las plantas que sufren deficiencia de nitrógeno muestran primero los síntomas de deficiencia en las hojas maduras. En estas hojas las proteínas se han hidrolizado y los aminoácidos se han redistribuido a los brotes y las hojas más jóvenes. La ley de acción del nitrógeno como factor de crecimiento demuestra que es el elemento de eficacia más elevada, es decir, el que con un mismo peso asegura el mayor aumento relativo de rendimiento. (Demolon, 1966).

El nitrógeno, más que cualquier elemento, facilita el crecimiento rápido y el color verde oscuro de las hojas y suscita el crecimiento vegetativo de tallos y hojas más que el desarrollo de flores y frutos, (Plaster, 2000). Es en general, el factor limitante más importante del suelo para un óptimo crecimiento de las plantas cultivadas y se obtiene las respuestas significativas más notorias al aplicarlo, estando el crecimiento vegetativo directamente relacionado con las aplicaciones de nitrógeno, (Bennett, 1994).

El N es el nutriente absorbido en mayor cantidad durante toda la vida de la planta de sandía. El fraccionamiento de N es importante a fin de que mantenga un adecuado nivel de este nutriente durante todo el ciclo de vida de la planta. (Ramírez, 1999). Las exigencias de N son muy intensas en las primeras fases del desarrollo, pero su exceso puede conducir a un retraso significativo de la maduración. (Domínguez, 2002).

#### **3.2.4. Funciones del nitrógeno en el cultivo**

El abono nitrogenado es una de las principales prácticas agronómicas que regula la productividad de las plantas y la calidad de los frutos.

Esta práctica ha estado considerada durante mucho tiempo como un instrumento necesario para incrementar la productividad.

Las últimas investigaciones han ayudado a conocer mejor el papel que ejerce el nitrógeno en el proceso vegetativo y productivo, (Padilla, 2000).

Entre las principales funciones tenemos: formar la clorofila, aminoácidos, proteínas, enzimas, síntesis de carbohidratos, es la base del crecimiento y desarrollo, y uno de los elementos que en mayor cantidad demandan las plantas, (Padilla, 2000).

Algunos investigadores han demostrado que un nivel bajo de nitrógeno antes de la iniciación floral produce un florecimiento tardío y una disminución en el peso de los frutos y por el contrario, el número de flores y el florecimiento temprano de los racimos se ven influenciados positivamente por el nivel elevado de nitrógeno aplicados después de la iniciación floral. El exceso de este elemento trae como consecuencia un gran desarrollo vegetativo en perjuicio de la fructificación, ya que un alto porcentaje de los frutos resultan huecos y livianos con poco jugo y pocas semillas, los frutos resultan verdes, se retarda la maduración, disminuye el porcentaje de materia seca y vitamina C, entre otros aspectos negativos. Cuando es excesivo con relación al fósforo y potasio disponible, el tallo y las hojas crecen excesivamente, tornando las plantas menos resistente a la falta de agua y más susceptible al ataque de enfermedades. (Bonilla, 1992).

### 3.3. Marco referencial

Se trabajó en especies del genero *Capsicum* con co-inoculaciones al sistema radicular al momento del transplante con bacterias (*Azotobacter spp.*) y hongos micorrízico (*Glomus spp.*) incrementando a 89 frutos por planta con la aplicación de ambos organismos interactuando en contraste de 72 frutos por planta que se logró en la planta testigo sin inoculante. En cuanto al rendimiento en peso seco se obtuvo con la combinación de *Azotobacter chroococcum* + *Glomus fasciculatum* alcanzando el mayor promedio con 6,19 t/ha, seguido de *Glomus fasciculatum* con 5,97 t/ha y en tercer lugar el *Azotobacter chroococcum* con 5,67 t/ha, en el último lugar el testigo sin inoculantes con 4,83 t/ha. La especie que obtuvo el mayor rendimiento fue var. Panca con t/ha seguido de la variedad escabeche. (Mamani. 2008).

La aplicación de la inoculación ha sido positiva, observándose notables incrementos en los rendimientos en diferentes cultivos. Estos resultados obtenidos, especialmente con la inoculación de *Azotobacter chroococcum* y *Azospirillum brasilense*, no deben atribuirse exclusivamente a la ganancia de N<sub>2</sub> por las plantas, ya que estos microorganismos en determinadas condiciones su efecto beneficioso se debe fundamentalmente a la capacidad de solubilizar fosfatos y sintetizar

sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal, tales como, vitaminas y hormonas vegetales que intervienen directamente sobre el desarrollo de las plantas. (Martínez y Dibut, 2002).

La producción de estas sustancias por *Azotobacter*, se ve influenciada por el estado fisiológico de la bacteria y por la edad de los cultivos, habiéndose demostrado que la presencia de nitrógeno combinado modifica la producción de auxinas y giberelinas. Concretamente la presencia de nitrato inhibe la liberación de auxinas, mientras que en sentido contrario incrementa la producción de giberelinas. La adición de exudados radicales de ciertos cereales colonizados por *Azotobacter*, determinan aumentos significativos en la producción de auxinas, giberelinas y citoquininas, siendo este efecto más evidente cuando los exudados se obtienen de plantas de más de 30 días de crecimiento. (Huauya. 2001).

Ordoñez (2012) en su investigación titulada Efecto de la biofertilización con *Azotobacter chroococcum*. En el rendimiento de melón (*Cucumis melo* L.) híbrido primo Thiram en el C.E.A. III Los Pichones, empleo 5 dosis del biofertilizante *Azotobacter chroococcum* que fueron: 1,00; 1,50; 2,00; 2,50 y 3,00 kg/ha respectivamente, más un testigo sin aplicación. El uso del biofertilizante *Azotobacter chroococcum*

influyó positivamente en el rendimiento logrando el mayor rendimiento con los tratamientos: T<sub>4</sub> (2,50 kg/ha); T<sub>5</sub> (3,00 kg/ha) y T<sub>3</sub> (2,00 kg/ha) con promedios de 40,23 y 38,52 t/ha respectivamente. En relación a los resultados se determinó que el mayor de rendimiento de frutos por planta (kg) fueron con los tratamientos T<sub>4</sub> (2,50 kg/ha); T<sub>5</sub>(3,00 kg/ha) y T<sub>3</sub> (2,00 kg/ha) con promedios de 6,705; 6,420 kg respectivamente .El peso del fruto indican que los tratamientos de mayor promedio fueron los tratamientos T<sub>4</sub> (2,50 kg/ha); T<sub>5</sub> (3,00 kg/ha) y T<sub>3</sub> (2,00 kg/ha) 1,676; 1,605 kg respectivamente.

Calizaya (2013) en su estudio titulado “Influencia de cinco fuentes de materia orgánica en el rendimiento y calidad del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb) en la zona de la Yarada – departamento de Tacna”, utilizó la variedad de sandía Santa Amelia y 5 fuentes de materias orgánicas: T<sub>1</sub>: Estiércol de vacuno; T<sub>2</sub>: Compost; T<sub>3</sub>: Estiércol de ovino; T<sub>4</sub>: Estiércol de gallina y T<sub>5</sub>: Orujo de aceituna. Se utilizó el diseño de bloques completos aleatorios con 5 tratamientos y un testigo y 4 repeticiones, para el análisis de datos se empleó el análisis de varianza y la prueba de significación de Duncan, los resultados evidenciaron lo siguiente: El mayor rendimiento del fruto lo obtuvo el tratamiento T<sub>4</sub> (estiércol de gallina) con 72,70 t/ha, seguido del T<sub>3</sub> (estiércol de ovino) con 64,88 t/ha y en el tercer T<sub>1</sub> (Estiércol de vacuno) con 56,88 T 7ha ,

Cayo (2010) en su estudio sobre la respuesta de dos variedades de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb) a tres distanciamientos de siembra bajo condiciones de zanja en nivel freático superficial en la zona de Los palos – región Tacna , el análisis estadístico de los resultados demostró que la variedad Santa Amelia fue estadísticamente superior con 110,406 t/ha frente a la variedad Starbrite que obtuvo un promedio de 101,698 t/ha respectivamente. Para el factor distanciamiento el distanciamiento  $d_2$  (1,00 m) tuvo mayor efecto con un promedio de 116,174 t/ha seguido del  $d_3$  (1,20 m) con 112,148 t/ha respectivamente. Con respecto al diámetro polar y ecuatorial no se encontró significación estadística entre variedades.

## **CAPITULO IV**

### **METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **4.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es experimental

#### **4.2. Población y muestra**

La población estuvo constituida de plantas de sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Santa Amelia, tomando una muestra de 3 plantas por Unidad experimental.

#### **4.3. Material de estudio**

Material Vegetal se utilizó semilla híbrida de sandía “Santa Amelia” de la empresa Agro génesis siendo el más cultivado en la zona de Tacna. Las que fueron inoculadas con *Azotobacter chroococcum* y nitrógeno.

##### **a. Características del híbrido Santa Amelia**

- Santa Amelia es una sandía con precocidad de 85-90 días, de fruto oblongo que en su peso puede fluctuar entre 11 y 16 kilogramos.

- La variedad Santa Amelia posee un gran sabor, pulpa intensamente roja y crocante y una cáscara delgada pero muy firme que permite soportar muy bien fletes a largas distancias.
- Como planta, es muy productiva, y de gran vigor. Presenta resistencia o tolerancia a fusarium.

#### **b. Biofertilizante**

La fuente de inoculación que se utilizó fue cepas de *Azotobacter chroococcum*. Bajo el nombre comercial de Ecoterra WG, la bolsa es de 500 g. Que contiene cada gramo una concentración de  $2 \times 10^{10}$  UFC/g. Es un producto ecológico y bioestimulante que contiene células vivas o latentes de cepas microbianas previamente seleccionadas, que se caracterizan por producir sustancias fisiológicamente activas (auxinas, giberelinas, citoquininas, aminoácidos, péptidos y vitaminas) que al interactuar con la planta promueven o desencadenan diferentes eventos metabólicos en función de estimular el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento de los cultivos (Ficha técnica de Farmagro S.A. 2013)

**Nitrógeno:** Como fuente nitrogenada se utilizó la urea, cuya ley es de 46% de N.

#### **4.4. Factores de estudio**

Los factores en estudio utilizados en la presente investigación fueron los siguientes:

##### **Factor A: Azotobacter (Kg/ha)**

b<sub>0</sub>: Sin Azotobacter

b<sub>1</sub>: Con Azotobacter

##### **Factor B: Niveles de nitrógeno (Kg/ha)**

a<sub>0</sub>: 0,0 kg/ha

a<sub>1</sub>: 100 kg/ha

a<sub>2</sub>: 150 kg/ha

a<sub>3</sub>: 200 kg/ha

La recomendación comercial de *Azotobacter chroococcum* es de 500 g/ha y se puede aplicar diluyendo en agua o en mezcla con humus de lombriz a suelo.

**Cuadro 2. Combinación de los tratamientos en estudio**

Azotobacter	Niveles de nitrógeno	Tratamientos
b <sub>0</sub> = sin Azotobacter b <sub>1</sub> = Con Azotobacter	a <sub>0</sub>	T <sub>1</sub> T <sub>2</sub>
b <sub>0</sub> = sin Azotobacter b <sub>1</sub> = Con Azotobacter	a <sub>1</sub>	T <sub>3</sub> T <sub>4</sub>
b <sub>0</sub> = sin Azotobacter b <sub>1</sub> = Con Azotobacter	a <sub>2</sub>	T <sub>5</sub> T <sub>6</sub>
b <sub>0</sub> = sin Azotobacter b <sub>1</sub> = Con Azotobacter	a <sub>3</sub>	T <sub>7</sub> T <sub>8</sub>

**Fuente:** Elaboración propia

#### **4.4.1. Características de ecoterra Azotobacter**

##### **a. Composición garantizada**

Ingrediente Activo: Consorcio bacteriano Multitrófico Concentración: Cada gramo contiene  $2 \times 10^{10}$  UFC/g de bacterias viables. Formulación: Granulo dispersable en agua (WG).

##### **b. Características**

EcoTerra® WG el producto comercial es un bioestimulante que contiene células vivas o latentes de cepas microbianas previamente seleccionadas, que se caracterizan por producir sustancias

fisiológicamente activas auxinas, giberelinas, citoquininas, aminoácidos, péptidos y vitaminas) que al interactuar con la planta promueven o desencadenan diferentes eventos metabólicos en función de estimular el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento de los cultivos.

#### **c. Mecanismos de acción**

Fijación biológica de nitrógeno: puede ser de forma asociativa: La reducción es realizada por bacterias que se asocian (no penetran) al sistema radical de las plantas, atraídas por un conjunto de exudados que actúan como fuente de carbono y energía. A través de esta actividad estos microorganismos aportan entre el 25-50 % de las necesidades de nitrógeno en los cultivos.

### **4.5. Variables de respuesta**

Las variables que se utilizara para las diferentes mediciones son las siguientes:

#### **a. Longitud de planta (cm)**

Para la evaluación se consideró desde el cuello de la planta hasta el brote de mayor longitud, realizándose la medición en su última etapa del desarrollo de la planta en tres muestras escogidas en forma aleatoria por cada unidad experimental.

**b. Número de frutos por planta**

Esta evaluación se realizó en cada cosecha y en las tres plantas elegidas al azar por unidad experimental promediándose al final de la campaña el número total de frutos por planta.

**c. Peso del fruto por planta (g)**

Se determinó tomando tres frutos de cinco plantas por unidad experimental de cada uno de los tratamientos en forma aleatoria.

**d. Rendimiento (t/ha)**

Se realizó pesando los frutos gradualmente según las cosechas de todas las unidades experimentales según los tratamientos.

**4.6. Análisis de datos**

Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza; bajo el modelo básico del diseño de bloques completos aleatorios con estructura factorial a una prueba de F de 0,05 y 0,01 de probabilidad, para establecer la relación funcional entre las variables y el grado de intensidad se empleó análisis de regresión y correlación lineal simple.

#### 4.7. Análisis de suelo

**Tabla 1. Características físico – químicas del suelo.**

ANÁLISIS FÍSICOS	RESULTADOS
Arena	46,10
Arcilla	11,10
Limo	42,60
Clase textural	Franco

ANÁLISIS QUÍMICO	RESULTADOS
CO <sub>3</sub> Ca	0,00
pH	4,95
C.E.mS/cm	4,02
Materia orgánica %	1,96
Nitrógeno%	0,102
Fósforo ppm	60,55
Potasio ppm	1 500

Fuente: LABORATORIOS DE ANALISIS QUIMICOS & SERVICIOS E.I.R.L. Arequipa - 2014

Los resultados del análisis de suelo según la tabla 1, muestran que se trata de un suelo franco, en cuanto al pH fue de 4,95 este mide la acidez o alcalinidad del suelo, la muestra ha sido clasificada como fuertemente ácido, el mejor pH para la mayoría de las plantas oscila entre 6,7 a 7,2; es decir Neutro. El pH influye especialmente sobre la disponibilidad de nutrientes (P, K, F, C, B, etc.) que hay en el suelo para que lo puedan tomar las raíces de las plantas a esto se llama Solubilidad y todo depende del pH, la conductividad eléctrica fue de 4,02 mS/cm evidenciándose que se trata de un suelo medianamente salino, el suelo experimental

contiene 1,96 %, de materia orgánica que es considerada baja de igual forma el contenido de nitrógeno es bajo con 0,102 %, el fósforo es excesivo y el potasio es muy alto.

#### 4.8. Datos metereológicos:

**Tabla 2. Temperaturas registradas en el campo experimental durante la ejecución del ensayo octubre 2014 a marzo 2015**

Meses	T máxima	T Promedio	T Mínima
Octubre	24,6	19,4	14,2
Noviembre	25,4	20,25	15,1
Diciembre	26,1	20,85	15,6
Enero	27,6	22,20	16,8
Febrero	29,2	23,50	17,8
Marzo	30,8	25,10	19,4

FUENTE: SENAMHI (2015)

La tabla 2 muestra las temperaturas registradas durante la etapa de la investigación observándose que la máxima temperatura promedio se registró durante el mes de marzo con 25,10 °C, y la mínima durante el mes de octubre con 19,4 °C respectivamente, estos resultados están de acuerdo a las necesidades del cultivo que según lo indicado por Delgado de la Flor (1988) prefiere climas cálidos y secos, con temperaturas

óptimas de 18 – 25 °C, máxima de 32 °C y mínima de 10 °C; es muy sensible a las heladas.

#### 4.9. Diseño experimental

Se empleó el diseño de bloques completos aleatorios con arreglo factorial 4x2 con 8 tratamientos y 4 repeticiones.

En este diseño el valor de cada unidad experimental  $Y_{ijk}$  se explica según el siguiente modelo estadístico lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

$\mu$  = media general

$\alpha_i$  = efecto del *i*-ésimo del factor A

$\beta_j$  = efecto del *j*-ésimo del factor B

$(\alpha\beta)_{ij}$  = efecto del *ij*-ésimo interacción A y B

$e_{ijk}$  = error experimental

#### **4.10. Características del campo experimental**

##### **A. Campo experimental**

Largo:	32 m
Ancho:	22 m
Área total:	704 m <sup>2</sup>

##### **B. Unidad experimental**

Largo:	8 m
Ancho:	3,5 m
Área:	28 m <sup>2</sup>
Distancia entre plantas:	0,8 m
Distanciamiento entre líneas:	1,5 m
Número de líneas:	6
Total de plantas por unidad experimental:	5

**4.11. Croquis del campo experimental con la aleatorización de tratamientos**

**CAMPO DE SANDIA**

<b>PARCELA DE CULTIVO</b>	<b>B I</b>	<b>T1</b>	<b>T5</b>	<b>T8</b>	<b>T7</b>	<b>T6</b>	<b>T3</b>	<b>T2</b>	<b>T4</b>	<b>CAMINO</b>
	<b>B II</b>	<b>T6</b>	<b>T3</b>	<b>T5</b>	<b>T2</b>	<b>T8</b>	<b>T1</b>	<b>T4</b>	<b>T7</b>	
	<b>B III</b>	<b>T8</b>	<b>T1</b>	<b>T4</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T3</b>	<b>T5</b>	<b>T2</b>	
	<b>B IV</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T6</b>	<b>T5</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	

**PARCELA DE CULTIVO**

**4.12. Conducción del experimento**

En el cultivo de la sandía las etapas fisiológicas son de gran importancia debido a que es un cultivo de ciclo corto y el cambio entre etapas es muy rápido, determinarlas y saber el día oportuno, es de gran interés para definir las labores agronómicas necesarias como la fertilización, la aparición de plagas y enfermedades y el momento de cosecha principalmente.

#### **4.12.1. Medición del campo experimental**

Primeramente Se procedió a medir el campo experimental; luego se colocaron estacas, para marcar los hitos de referencia asimismo realizar las divisiones de bloques y unidades experimentales.

#### **4.12.2. Preparación de terreno**

Previa a la preparación se realizó un muestreo del campo experimental. Para su respectivo análisis de suelo y se realizara las siguientes labores: quema de rastrojos, nivelación y surcado del terreno. Posteriormente se incorporó materia orgánica a razón de 15 t/ha. De igual forma se realizaron los riegos respectivos a fin de acelerar la descomposición de materia orgánica por la intervención de microorganismos.

#### **4.12.3. Replanteo y marcación**

Antes de la preparación del terreno se procedió a medir con la wincha, y se utilizó cordeles y estacas, realizándose los surcos, y luego se efectuó el riego del área experimental.

#### **4.12.4. Siembra y trasplante**

La siembra se realizó en bandejas germinadoras de tecnopor para un mejor manejo de la planta en sus primeros estadios, y se mantuvieron

cubiertos totalmente con plástico transparente durante las noches y semi cubierto durante los días. La fecha de siembra fue el 26 de noviembre del 2015.

El marco de plantación fue de 3,5 m entre surcos y 0,8 m entre plantas con un plantin por golpe. La fecha de trasplante fue el 22 de diciembre del 2010.

#### **4.12.5. Inoculación**

La inoculación de las bacterias se realizó con aplicaciones directas al suelo en la base de la planta.

Se preparó la dosis recomendada por la empresa distribuidora de la siguiente forma:

El nombre del producto comercial es Ecoterra WG es un Bioestimulante, se aplicó 500 g/ha en una concentración de 0,5 g/litro de Agua, se preparó 12 litros y dejando reposar 15 minutos en la sombra para todo los tratamientos, aplicando 750 ml por tratamiento, esto se realizó minutos antes del transplante, el Bioestimulante se aplicó en forma de drench con una regadera, minutos antes al transplante, se homogenizó para seguidamente aplicar a los plantines de sandía trasplantados.

#### 4.12.6. Fertilización

La fertilización, fue efectuada manualmente en cada unidad experimental, la dosis total del nitrógeno se fracciona en tres aplicaciones, abono de fondo, ramificación e inicio de la floración del cultivo. En el caso del fósforo el 100 % fue incorporado al suelo, al momento de preparación del terreno, y el potasio se fracciona en dos aplicaciones, abono de fondo e inicio de floración junto a micro elementos.

La fertilización nitrogenada se realizó utilizando tres niveles para ello se aplicó abriendo una pequeña franja en cada planta de sandía. Los cuales fueron fraccionados para su aplicación, como se observa en el cuadro 3.

**Cuadro 3. Aplicación del fertilizante**

Nitrógeno Kg/ha	Fraccionamiento de fertilizante kg/ha		
	1º	2º	3º
100	32	35	33
150	50	50	50
200	60	90	50

**Fuente:** Elaboración propia.

El fertilizante nitrogenado utilizado es la Urea (46 %) se aplicó según los tratamientos, el 1/3 de Nitrógeno en la última preparación del suelo

previo al trasplante y las demás fraccionamientos en los meses siguientes con intervalo de 1 mes cada uno.

#### **4.12.7. Riego:**

Se utilizó el sistema de riego por goteo, los primeros riegos fueron pesados los primeros días y luego se aplicaron riegos ligeros hasta el inicio de la cosecha.

#### **4.12.8. Control de malezas.**

Se realizó en forma manual con ayuda de una lampa y/o coreadores apenas tengan sus primeras hojas verdaderas las malezas

Entre las malezas que se presentaron:

- *Amaranthus* sp. “yuyo”
- *Portulaca* oleracea “verdolaga”
- *Distichlis* spicata “grama salada”
- *Cyperus* esculentus “coquillo”

#### **4.12.9. Poda:**

La primera poda se realizó a los 28 días después del trasplante, la poda que se realizó fue la poda de 3 ejes (1 eje central y 2 ejes laterales).

#### 4.12.10. Plagas y enfermedades:

Se presentaron las siguientes plagas y enfermedades en el cultivo, de las cuales se controlaron y erradicaron con satisfacción utilizando un control fitosanitario establecido.

##### Plagas

- Barrenador de los frutos y guías (*Diaphania nitidalis*) se aplicó Sunfire a razón de 100 – 120 ml/cil. Lannate EC 100 a razón de 200 g/cil. 200 l.
- Gusanos cortadores (*Agrotis* sp. y *Feltia* sp) se aplicó Cipermax C E, a razón de 200 – 300 ml/cil.200 L. Fuerza, a razón de 150 a 200 ml/cil.200 l.
- Mosca minadora (*Lyriomiza huidobrensis*) se aplicó Dk-Tina a razón de 75 – 150 ml/cil 200 l.
- Mosca blanca (*Bemisia tabaci*) se aplicó Lancer a 100 ml/200 l.

##### Enfermedades

- Oidiosis (*Erysiphe cichoracearum*) se aplicó Bayfidan 100-150 ml/200 l. Ridomil C E 200-250 g/ 200 l.

- Fusarium (*Fusarium oxysporum*) se aplicó Rizolex 250- 400 g/200 l.

#### **4.12.11. Cosecha:**

La etapa de cosecha se realizó aproximadamente a los 105 días después de la siembra, también se consideró de acuerdo al índice de maduración o cosecha, las características que determinaran son: brácteas y zarcillo seco, sonido característico a golpearlo, los vellos del pedúnculo caen y este se pone más delgado, al momento de la cosecha se deja una porción del pedúnculo del fruto de unos 5cm para evitar la penetración de patógenos a la pulpa. La cosecha se realizó en forma manual de acuerdo a los índices de madurez mencionados en la revisión de literatura. Se realizaron tres cosechas en total siendo sus fechas el 1, 8 y 15 de Marzo del año 2015.

## CAPITULO V

### TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS

#### 5.1. Resultados y discusiones

##### 5.1.1. Longitud de planta (m).

**Cuadro 4: Análisis de varianza de longitud del tallo (cm)**

Fuentes de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F.C.	F		
					0,05	0,01	
Bloques	3	0,280	0,093	2,021	3,070	4,870	NS
Tratamientos	7	4,965	0,709	15,413	2,488	3,640	**
A. Azotobacter	1	0,904	0,904	19,428	4,320	8,020	**
B. Nitrógeno	3	2,937	0,979	21,031	3,070	4,870	**
Lineal	1	2,273	2,273	49,413	4,321	8,017	**
Cuadrática	1	0,664	0,664	1,391	4,321	8,017	NS
Interacción AxB	1	0,352	0,017	2,550	3,070	4,870	NS
Error experimental	3	0,977	0,046				
	21						
Total	31	6,223					

CV. 4,86 %

**Fuente.** Elaboración propia

El cuadro 4 del análisis de varianza de longitud de la planta se observa que no hubieron diferencias entre bloques, para tratamientos se

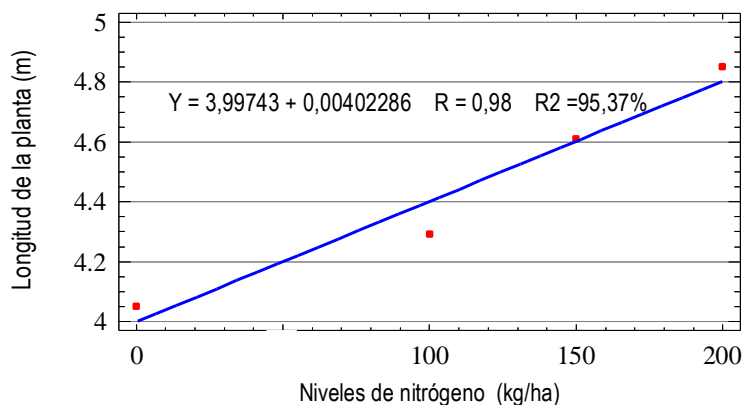
encontró alta significación estadística, para el factor principal A Azotobacter resulto estadísticamente significativo por lo tanto existe diferencias estadísticas en sus promedios de altura de planta. Para el factor B nitrógeno hubieron diferencias altamente significativas, resultando el efecto lineal altamente significativo, es decir que a medida que se incrementa la dosis de los niveles de nitrógeno se eleva la longitud de planta, su coeficiente de variabilidad es de 4,86 % es aceptable para experimento de campo según Calzada Benza (1970).

**Cuadro 5. Prueba de significación de Duncan para longitud de la planta**

O.M.	Azotobacter	Promedio	Significación $\alpha 0,05$
1	Con Azotobacter	4,62	a
2	Sin Azotobacter	4,29	b

**Fuente.** Elaboración propia

La prueba de Duncan de longitud de la planta señala que la aplicación con Azotobacter logro el mayor promedio con 4,62 m superando estadísticamente al sin aplicación de Azotobacter que obtuvo 4,29 m respectivamente.



**Figura 1: Longitud de la planta (m) en función a los niveles de nitrógeno**

**Fuente.** Elaboración propia

En la figura 1, se observa los diferentes niveles de nitrógeno donde se aprecia que el mayor efecto se encontró con el nivel de 200 kg/ha con un promedio de 4,8 m el mejor resultado de longitud de planta, seguido de la dosis de 150 kg/ha con 4,62 m , el de menor promedio a una dosis de 100 kg/ha con 4,22 m respectivamente, que de acuerdo al análisis estadístico se observa un efecto lineal al aplicar la dosis más elevada, por lo que se concluye que por cada unidad en kg/ha de nitrógeno la longitud se incrementa en 0,0040 m, el coeficiente de correlación  $R = 0,98$  % señala que existe una alta correlación positiva perfecta entre las variables,

el coeficiente de determinación indica que el 95,37 % de la longitud es debido a la dosis de nitrógeno.

### 5.1.2. Peso promedio de fruto (g).

**Cuadro 6: Análisis de varianza de peso promedio del fruto (cm)**

Fuentes de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F.C.	F		
					0,05	0,01	
Bloques	3	0,291	0,097	0,906	3,070	4,870	NS
Tratamientos	7	66,050	9,435	88,177	2,488	3,640	**
A. Azotobacter	1	5,379	5,379	49,988	4,320	8,020	**
B. Nitrógeno	3	59,444	19,814	184,138	3,070	4,870	**
Lineal	1	57,744	57,744	539,663	4,321	8,017	**
Cuadrática	1	1,700	1,700	15,887	4,321	8,017	NS
Interacción AxB	1	5,379	5,379	49,988	3,070	4,870	NS
Error experimental	3	2,259	0,107				
	21						
Total	31	68,602					

**CV: 3,540 %**

**Fuente.** Elaboración propia

El cuadro 6, del análisis de varianza de peso del fruto se observa que no hubieron diferencias entre bloques, para tratamientos se encontró alta significación estadística, para el factor principal A Azotobacter resultó estadísticamente significativo por lo tanto existe diferencias estadísticas en sus promedios longitud, para el Factor B nitrógeno hubieron diferencias altamente significativas, resultando el efecto lineal altamente

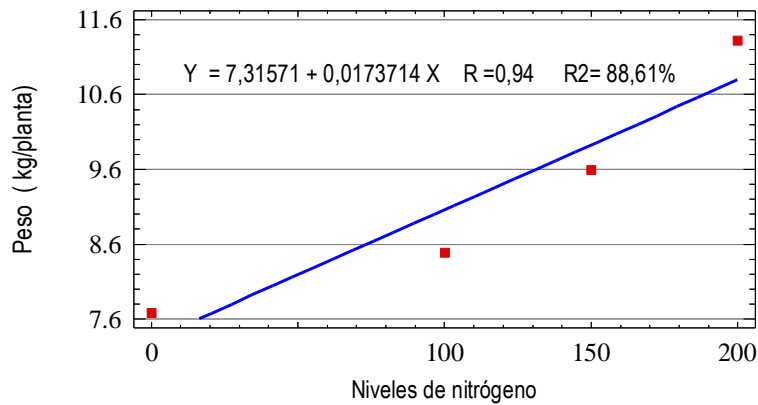
significativo, es decir que a medida que se incrementa la dosis de los niveles de nitrógeno se eleva el peso del fruto, su coeficiente de variabilidad de 3,540 % es aceptable para experimento de campo según Calzada Benza (1970).

**Cuadro 7. Prueba de significación de Duncan para peso del fruto**

O.M.	Azotobacter	Promedio	Significación $\alpha 0,05$
1	Con Azotobacter	9,69	a
2	Sin Azotobacter	8,85	b

**Fuente.** Elaboración propia

La prueba de Duncan de peso de la sandía señala que la aplicación con Azotobacter logro el mayor promedio con 9,69 kg superando estadísticamente al sin aplicación de Azotobacter que obtuvo 8,85 kg respectivamente. Al respecto Cayo, J. (2010) en su ensayo que obtuvo un promedio con la variedad Santa Amelia de 12,34 kg y con la variedad Starbrite 11,65 kg respectivamente, por su parte Velazco E. en su investigación utilizando la fitohormona X-CYTE obtuvo un promedio de 10,05 kg con la variedad Santa Amelia difiriendo con los obtenidos en el presente ensayo.



**Figura 2: Peso del fruto de sandía en función a los niveles de nitrógeno**

**Fuente.** Elaboración propia

En la figura 2, se observa los diferentes niveles de nitrógeno aplicados donde se aprecia que el mayor efecto se encontró con el nivel de 200 kg/ha con un promedio de 11,40 kg , seguido de la dosis de 150 kg/ha con 9,60 kg , el de menor promedio a una dosis de 100 kg/ha con 8,50 kg respectivamente, observándose un efecto lineal , por lo que se concluye que por cada unidad en kg/ha de nitrógeno el peso del fruto se incrementa en 0,017 kg, el coeficiente de correlación  $R = 0,94$  % señala que existe una alta correlación positiva perfecta entre las variables, el coeficiente de determinación indica que el 88,61 % del peso del fruto , debido a la dosis de nitrógeno.

### 5.1.3. Diámetro ecuatorial del fruto (g).

**Cuadro 8: Análisis de varianza de diámetro ecuatorial del fruto (cm)**

Fuentes de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F.C.	F		
					0,05	0,01	
Bloques	3	5,187	1,729	2,668	3,070	4,870	NS
Tratamientos	7	113,089	16,155	24,930	2,488	3,640	**
A. Azotobacter	1	4,206	4,206	6,487	4,320	8,020	*
B. Nitrógeno	3	105,331	35,110	54,153	3,070	4,870	**
Lineal	1	103,523	103,523	159,757	4,321	8,017	**
Cuadrática	1	1,808	1,808	2,790	4,321	8,017	NS
Interacción AxB	3	3,552	1,184	1,826	3,070	4,870	NS
Error experimental	21	13,615	0,648				
Total	31	131,892					

**CV. 3,573 %**

**Fuente.** Elaboración propia

El cuadro 8, del análisis de varianza de diámetro ecuatorial del fruto se observa que no hubieron diferencias entre bloques, para tratamientos se encontró alta significación estadística, asimismo sucedió a la aplicación del Factor A Azotobacter resultó estadísticamente significativo por lo tanto existe diferencia estadísticas en sus promedios de diámetro, para el factor principal B nitrógeno hubieron diferencias altamente significativas, resultando el efecto lineal altamente significativo, es decir que a medida que se incrementa la dosis de los niveles de nitrógeno se

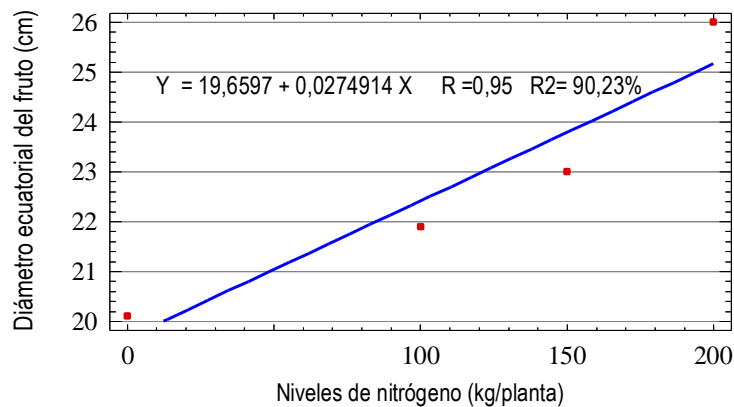
eleva el diámetro ecuatorial del fruto , su coeficiente de variabilidad de 3,573 % es aceptable para experimento de campo según Calzada Benza (1970).

**Cuadro 9. Prueba de significación de Duncan para diámetro ecuatorial**

O.M.	Azotobacter	Promedio	Significación $\alpha 0,05$
1	Con Azotobacter	22,90	a
2	Sin Azotobacter	20,21	b

**Fuente.** Elaboración propia

La prueba de Duncan de diámetro ecuatorial del fruto la sandía señala que la aplicación con Azotobacter logro el mayor promedio con 22,90 cm superando estadísticamente al sin aplicación de Azotobacter que obtuvo 20,21 cm respectivamente.



**Figura 3: Diámetro ecuatorial del fruto en función a los niveles de nitrógeno**

**Fuente.** Elaboración propia

En la figura 3, se observa los diferentes niveles de nitrógeno donde se aprecia que el mayor efecto se encontró con el nivel de 200 kg/ha con un promedio de 26 cm, seguido de la dosis de 150 kg/ha con 23 cm, el de menor promedio a una dosis de 100 kg/ha con 21,90 cm respectivamente, que de acuerdo al análisis estadístico se observa un efecto lineal al aplicar la dosis más elevada, por lo que se concluye que por cada unidad en kg/ha de nitrógeno el peso del fruto se incrementa se eleva en 0,027 cm, el coeficiente de correlación  $R = 0,95$  % señala que existe una alta correlación positiva perfecta entre las variables. El

coeficiente de determinación indica que el 90,23 % del diámetro ecuatorial es atribuible a la dosis de nitrógeno.

#### 5.1.4. Diámetro polar del fruto (g).

**Cuadro 10: Análisis de varianza de diámetro polar del fruto (cm)**

Fuentes de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F.C.	F		
					0,05	0,01	
Bloques	3	0,523	0,174	0,199	3,070	4,870	NS
Tratamientos	7	67,664	9,666	11,084	2,488	3,640	**
A. Azotobacter	1	4,769	4,769	5,463	4,320	8,020	**
B. Nitrógeno	3	57,082	19,027	21,796	3,070	4,870	**
Lineal	1	55,096	55,096	63,183	4,321	8,017	**
Cuadrática	1	0,439	0,439	0,503	4,321	8,017	NS
Interacción AxB	3	5,813	1,937	2,219	3,070	4,870	NS
Error experimental	21	18,332	0,872				
Total	31	86,519					

CV. 2,879 %

**Fuente.** Elaboración propia

El cuadro 10, del análisis de varianza de diámetro polar del fruto se observa que no hubieron diferencias entre bloques, para tratamientos se encontró alta significación estadística, para el factor principal A Azotobacter resultó estadísticamente significativo por lo tanto existe diferencia estadísticas en sus promedios de diámetro polar, factor B nitrógeno hubieron diferencias altamente significativas, resultando el

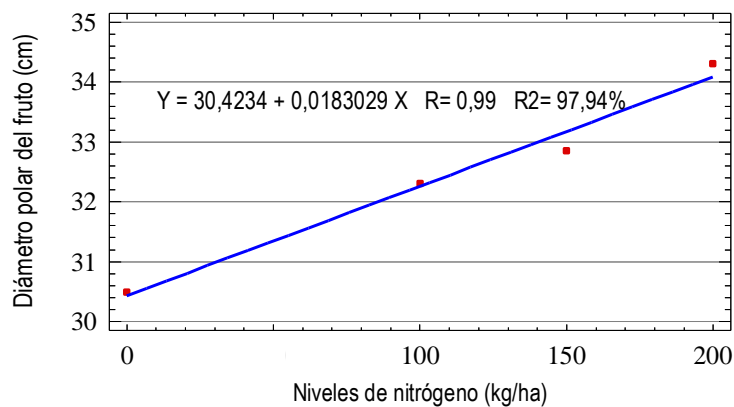
efecto lineal altamente significativo, es decir que a medida que se incrementa la dosis de los niveles de nitrógeno se eleva el diámetro polar del fruto , su coeficiente de variabilidad de 2,879 % es aceptable para experimento de campo según Calzada Benza (1970)

**Cuadro 11. Prueba de significación de Duncan para diámetro polar**

O.M.	Azotobacter	Promedio	Significación $\alpha 0,05$
1	Con Azotobacter	32,83	a
2	Sin Azotobacter	32,06	b

**Fuente.** Elaboración propia

La prueba de Duncan de diámetro polar la sandía señala que la aplicación con Azotobacter logró el mayor promedio con 32,83 cm superando estadísticamente al sin aplicación de Azotobacter que obtuvo 32,06 cm respectivamente



**Figura 4: Diámetro polar del fruto en función a los niveles de nitrógeno**

**Fuente.** Elaboración propia

En la figura 4, se observa los diferentes niveles de nitrógeno donde se aprecia que el mayor efecto se encontró con el nivel de 200 kg/ha con un promedio de 34,30 cm, seguido de la dosis de 150 kg/ha con 32,85 cm, el de menor promedio a una dosis de 100 kg/ha con 32,30 cm respectivamente, que de acuerdo al análisis estadístico se observa un efecto lineal al aplicar la dosis más elevada, por lo que se concluye que por cada unidad en kg/ha de nitrógeno el peso del fruto se incrementa se eleva en 0,019 cm, el coeficiente de correlación  $R = 0,99$  señala que existe una alta correlación positiva perfecta entre las variables, su

coeficiente de determinación indica que el 97,94 % del peso del fruto es debido a la dosis de nitrógeno.

#### 5.1.5. Rendimiento del fruto (t/ha).

**Cuadro 12: Análisis de varianza de rendimiento**

Fuentes de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F.C.	F		
					0,05	0,01	
Bloques	3	17,343	5,781	1,338	3,070	4,870	NS
Tratamientos	7	3098,938	442,705	102,288	2,488	3,640	**
A. Azotobacter	1	289,679	289,679	66,629	4,320	8,020	**
B. Nitrógeno	3	2708,758	902,9193	208,617	3,070	4,870	**
Lineal	1	2695,563	2695,563	622,8196	4,321	8,017	**
Cuadrática	1	13,195	13,195	3,048	4,321	8,017	NS
Interacción AxB	3	32,500	10,833	2,507	3,070	4,870	NS
Error experimental	21	90,890	4,328				
Total	31	149,995					

**C.V. 6,604 %**

**Fuente.** Elaboración propia

El cuadro 12, del análisis de varianza de rendimiento del fruto se observa que no hubieron diferencias entre bloques, para tratamientos se encontró alta significación estadística, para el factor A Azotobacter, resulto ser altamente significativo por lo tanto existe diferencia estadísticas en sus promedios de rendimiento. Para el factor principal B nitrógeno hubieron diferencias altamente significativas, resultando el

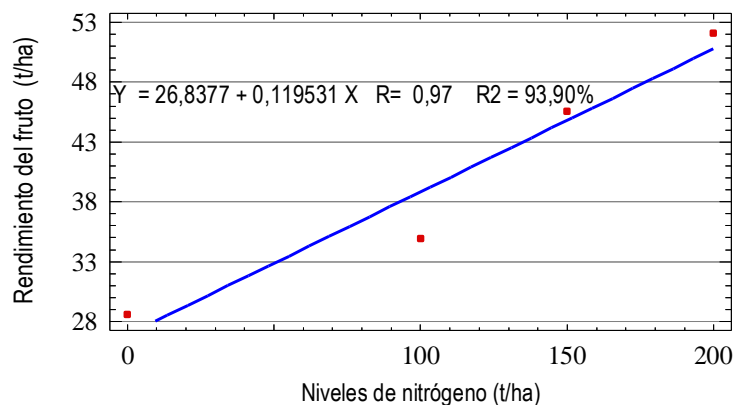
efecto lineal altamente significativo, es decir que a medida que se incrementa la dosis de los niveles de nitrógeno se eleva el rendimiento del fruto, su coeficiente de variabilidad de 6,604 % es aceptable para experimento de campo según Calzada Benza (1970).

**Cuadro 13. Prueba de significación de Duncan para rendimiento (t/ha)**

O.M.	Azotobacter	Promedio	Significación $\alpha 0,05$
1	Con Azotobacter	43,13	a
2	Sin Azotobacter	37,30	b

**Fuente.** Elaboración propia

La prueba de Duncan de rendimiento de sandía señala que la aplicación con Azotobacter logró el mayor promedio con 43,13 t/ha superando estadísticamente al sin aplicación de Azotobacter que obtuvo 37,30 t/ha respectivamente.



**Figura 5: Rendimiento del fruto (t/ha) en función a los niveles de nitrógeno**

**Fuente.** Elaboración propia

En la figura 5, se observa los diferentes niveles de nitrógeno donde se aprecia que el mayor efecto se encontró con el nivel de 200 kg/ha con un promedio de 52,08 t/ha, seguido de la dosis de 150 kg/ha con 45,56 t/ha el de menor promedio a una dosis de 100 kg/ha con 34,93 t/ha respectivamente, que de acuerdo al análisis estadístico se observa un efecto lineal al aplicar la dosis más elevada, por lo que se concluye que por cada unidad en kg/ha de nitrógeno el peso del fruto se incrementa en 0,1195 t/ha, el coeficiente de correlación  $R = 0,97$  señala que existe una alta correlación positiva perfecta entre las variables. En el desarrollo

vegetativo del cultivo, el coeficiente de determinación  $R=93,90$  % del rendimiento es influenciado por el nitrógeno y el resto por otros factores.

Fernandez, (2013) en su investigación logro el mayor rendimiento con la variedad Celebration el mayor promedio con 53,39 t/ha, estos resultados es similar al obtenido en la presente investigación por otra parte Chambi (2008) reportó incrementos en el rendimiento de dos cultivares de sandía con la aplicación de biol en su investigación, con 20 t/ha para el cultivar híbrido de sandía Sunda y Especial EMR -27 y para el cultivar Disko EMR – 32 21 t/ha, Además, Tancara Apolinario (2008) obtuvo rendimiento promedio de 69,58 t/ha con Kondike superando al obtenido en la presente investigación por su parte Cayo, (2010) obtuvo con la variedad Santa Amelia con un promedio de 110,406 t/ha y con la variedad Starbrite que obtuvo un promedio de 101,698 t/ha respectivamente, por su parte Velazco. (2010) obtuvo un promedio de rendimiento de 114,285 t/ha superior ambos ensayos se llevaron a cabo en la Zona de los Palos donde los rendimiento son altos. Los resultados de rendimiento obtenidos en la presente investigación difieren de los obtenidos por Chambi (2008) quien reportó incrementos en el rendimiento de dos cultivares de sandía con la aplicación de biol en su investigación, con 20 t/ha para el cultivar híbrido de sandía Sunday Especial EMR -27 y para el cultivar Disko EMR – 32 21 t/ha, Además, Tancara (2008) obtuvo

rendimiento promedio de 69,58 t/ha con Kondike, por su parte Cayo, (2010) obtuvo con la variedad Santa Amelia con un promedio de 110,406 t/ha y con la variedad Starbrite que obtuvo un promedio de 101,698 t/ha respectivamente, por su parte Velazco E. (2010) obtuvo un promedio de rendimiento de 114,285 t/ha superior a los obtenidos en la presente investigación. Calizaya (2013) empleo fuentes de fertilización orgánica en el cultivo de sandía en la irrigación de la Yarada donde el mayor rendimiento del fruto lo obtuvo el tratamiento T<sub>4</sub> (estiércol de gallina) con 72,70 t/ha, seguido del T<sub>3</sub> (estiércol de ovino) con 64,88 t/ha y en el tercer T<sub>1</sub> (Estiércol de vacuno) con 56,88 T 7ha, estos rendimiento superan en forma significativa a los obtenidos en la presente investigación, es importante mencionar que el nitrógeno total no es directamente asimilable por las plantas, ya que requiere de la acción de los microorganismos que favorezcan su descomposición en nitrato y amonio.

## CONCLUSIONES

1. En cuanto al rendimiento la sandía se evidencio que la aplicación con *Azotobacter chroococcum* logró el mayor promedio con 43,13 t/ha superando estadísticamente al sin aplicación de *Azotobacter chroococcum* que obtuvo 37,30 t/ha respectivamente
2. En relación a los niveles de nitrógeno se aprecia que el mayor efecto se encontró con el nivel de 200 kg/ha con un promedio de 52,08 t/ha seguido de la dosis de 150 kg/ha con 45,56 t/ha el de menor promedio a una dosis de 100 kg/ha con 34,93 t/ha respectivamente.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar la dosis de 200 kg/ha de nitrógeno con la cual se obtuvo un mayor rendimiento en el experimento (52,08 t/ha) con la variedad Santa Amelia.
2. Se recomienda repetir el experimento en otras áreas de producción utilizando *Azotobacte chroococcum* combinado con los 200 kg/ha de nitrógeno.
3. Elevar las dosis de nitrógeno para poder optimizar el nivel más adecuado para el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L.) variedad Santa Amelia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ABBOT L. Y ROBSON A. (1991)** *Factores que influyen en la presencia de los micorrizas vesicularbusculares* - Agric. Ecosistemas Environ EE.UU.

**AGRIOS G. (1996)** *Fitopatología*. Editorial Limusa, México.

**ALEXANDER T. (1988)** *Dynamics of arbuscule development and degeneration in micorrizas of Triticumsaetivum L. and Avena sativa L. with reference to Zea mays L.* New Phytol EE.UU.

**AZCON C. Y BAREA J. (1985)** *effect of soil microorganisms on formation of vesicular arbuscularmycorrhizas*. EE.UU.

**BAGO B. (1999)** *Nuclei of symbiotic arbuscularmycorrhizal fungi as revealed by in vivo two- photon microscopy*. Protoplasma EE.UU.

**BECARD G. PFEFFER P. (1993)** *Status of nuclear division in arbuscularmycorrhizal interaction*. EE.UU.

**BETHLENFALVAY G. LINDERMAN J. (1992)** *Mycorrhizae and crop productivity. Horticultural Crops Research Laboratory. USDA – ARS. (1 – 27). EE.UU.*

**BLANCO A., SALAS A.** Micorrizas en la agricultura: contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica. Agronomía Costarricense.

**CALIZAYA, G. (2013)** influencia de cinco fuentes de materia orgánica en el rendimiento y calidad del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb) en la zona de la Yarada – departamento de Tacna. Tesis Ing. Agrónomo. UNJBG

**CARLILE MJ, WATKINSON SC, GOODAY GW. (2001)**The Fungi. 2<sup>nd</sup>. Ed. Academic Press, San Diego.

**CHAMBI W. (2008)** *Influencia de 5 niveles de biol sobre el crecimiento de dos cultivares híbridos de sandía (Citrullus lanatus (Thunb)) bajo condiciones de la Yarada. Tesis UNJBG – FCAG – Tacna*

**COHAILA V. (1993)** *Influencia en la poda en el rendimiento en el rendimiento de las sandías bajo el sistema de riego por exudación en la localidad de la Yarada. Tesis UNJBG – FCAG- Tacna – Perú.*

**DELGADO DE LA FLOR, F. (1988)** *Cultivos hortícolas datos básicos,* UNALM, Lima-PERÚ.

**DIBUT B. MARTÍNEZ V. (1990)** *Evaluación de cepas de Azotobacter chroococcum de los suelos de Cuba.* Revista Ciencias de la Agricultura. La Habana Cuba.

**FERRARIS C.** *Evaluación de la Inoculación con Micorrizas en Maíz bajo diferentes Ambientes de Fertilidad. Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino. Proyecto Regional Agrícola, CERBAN.*

**FUENTES L. (1999)** *El suelo y los fertilizantes. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ediciones Mundi – Prensa.*

**GIOVANNETTI M. (2002)** *Arbuscular Mycorrhizal fungal mycelium: from germlings to hyphal networks. Mycorrhizal Technology in agriculture.*

**HARRISON MJ (2005)** *Signaling in the arbuscular mycorrhizal symbiosis.* *Rev. Microbiol. EE.UU.*

**FCSHEPPER CM. (1981)** *Techniques for studying the infection of plants by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi under axenic conditions.* *New Phytol EE.UU.*

**GUENKO, G. (1983)** *Fundamentos de Horticultura Cubana. Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba. 1983.*

**HILDEBRANDT U. (2002)** Towards growth of arbuscular mycorrhizal fungi independent of a plant host. *Appl Environ Microbiol.* EE.UU.

**HUAUYA M.** *Evaluación de bacterias rizosféricas fijadoras de N<sub>2</sub> durante el ciclo vegetativo del maíz (Zea mays) bajo el sistema de agricultura natural en Oyolo – Ayacucho, tesis – UNALM (Anales científicos de la XX reunión latinoamericana de rizobiología y defensa del medio ambiente-2000 Arequipa - Perú.*

**IDEMA. (2000)** *Los fertilizantes biológicos nitrogenados. Instituto de Defensa del Medio Ambiente. Arequipa – Perú.*

**JONSON NC. PFLEGER FL. (1992)** *Vesicular –arbuscular Mycorrhizae and cultural stresses. ASA Special Publisher N° 54 Madison Wisconsin USA.*

**MACKIE F. (1999)** *Efecto de inoculantes a base de Azotobacter y Hongos micorrizicos en maíz y cebada bajo invernadero en Ayacucho. Manejo Integral de Suelos. Perú.*

**MAMANI VARGAS (2008)** *Efecto de la co-inoculación con Azotobacter chroococcum y Glomus fasciculatum en el rendimiento de dos especies de ají (Capsicum baccatum, Capsicum chinense) en*

condiciones del valle de Ite” Universidad Nacional Jorge Basadre  
Grohomann; Tacna-Perú

**MARTÍNEZ R. DIBUT B. (2002)** *Biofertilización y producción agrícola sostenible. Retos y perspectivas. In: XIII Congreso Científico del INCA. Programa y Resúmenes. La Habana – Cuba*

**MAROTO J. V.; GÓMEZ A. M. (2002)** *El cultivo de la sandía*, Ediciones Mundi-prensa. Valencia – ESPAÑA.

**PEÑA S. TORRES E. (1992)** *La biofertilización: alternativa para el desarrollo rural. Lima: Red de Acción en Alternativas al Uso de Agroquímicos. Perú.*

**PÉREZ S. (1997)** *Producción de biofertilizante a partir de Azotobacter chroococcum. Trabajo de Diploma. Universidad Nacional de Ingeniería. Managua, Nicaragua.*

**ROMÁN GF- RODRIGUEZ HG (1991)** *Concentración de reguladores de crecimiento vegetal inducido por hongos micorrízicos en dos cultivares de Capsicum (Capsicum annum L. Segunda convención Mundial de Capsicum. México.*

**ROSENDAHL C. (1991)** Influence of vesicular –arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomusspp.p.*) on the response of cucumber. (*Cucumissativus L*) to salt stress. Agric. Ecosyst. Environ.

**SILVIA D. BURKS J. (1988)** *Selection of vesicular- Arbuscular Mycorrhizal fungus for practical inoculation of Uniolapaniculata.* Mycology.

**SOLARES RAMOS (2007)** EVALUACIÓN DE CINCO DOSIS DEL HONGO MICORRIZOGÉNICO (*Glomusfasciculatum*) SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE SANDÍA (*Citrulluslanatus (Thunb)*) EN FINCA FLOR DE LAS PALMAS, GUAZACAPÁN, SANTA ROSA; UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE AGRONOMIA

**TOMMERUP IC. (1981)** Prolonged survival and viability of VA-mycorrhizal hyphae after root death. Soil Biol. Biochem. USA.

**VALADEZ J. (1984)** Producción de hortalizas, LIMUNSA, MEXICO

**VALDIVIA, CORNEJO, G. ZVIEZCOVICH.** Uso de *Azotobater chroococcum* como inductor del rendimiento de plántulas de lechuga bajo condiciones de invernadero” (anales científicos XX Relar, IDEMA).

**VIDAL, J. (1984).** Curso de botánica, Stella Viamonte, Buenos Aires – ARGENTINA.

**WANG G. (1993)** Effects of pH on arbuscular mycorrhizae. Field observations on the long-term liming experiments at Rothamsted and Wrotham. New Phytol. EE.UU.

**ZVIETCOVICH G.** Estudio de la asociación simbiótica Rhizobium-leguminosa-Hongo Micorrizico para la producción de inoculante doble de uso agrícola en Arequipa.

# **ANEXOS**

### Anexo 1. Peso promedio de cada fruto (kg)

Tra/Bloq.	I	II	III	IV	$\bar{X}$
T <sub>1</sub>	7,8	6,6	7,1	7,5	7,25
T <sub>2</sub>	7,8	7,9	8,3	8,4	8,10
T <sub>3</sub>	8,1	8,4	8,5	8,4	8,35
T <sub>4</sub>	8,7	8,8	8,9	8,10	8,62
T <sub>5</sub>	8,7	8,8	9,0	9,10	8,90
T <sub>6</sub>	10,02	10,7	9,90	10,5	10,28
T <sub>7</sub>	10,5	10,9	11,0	11,3	10,92
T <sub>8</sub>	11,7	11,4	11,8	11,9	11,7

## Anexo 2. Longitud de la planta (cm)

Tra/Bloq.	I	II	III	IV	$\bar{X}$
T <sub>1</sub>	3,38	3,45	3,62	4,01	3,62
T <sub>2</sub>	4,02	4,75	4,32	4,92	4,50
T <sub>3</sub>	4,12	4,32	4,45	4,62	4,37
T <sub>4</sub>	4,16	4,18	4,27	4,23	4,21
T <sub>5</sub>	4,35	4,45	4,41	4,62	4,45
T <sub>6</sub>	4,68	4,77	4,96	4,62	4,75
T <sub>7</sub>	4,9	4,82	4,32	4,75	4,69
T <sub>8</sub>	5,02	5,18	4,92	4,87	4,99

### Anexo 3. Diámetro ecuatorial del fruto (cm)

Tra/Bloq.	I	II	III	IV	$\bar{X}$
T <sub>1</sub>	19,06	19,32	20,42	18,98	19,45
T <sub>2</sub>	19,94	21,06	20,62	21,45	20,76
T <sub>3</sub>	20,02	21,98	22,15	24,32	22,11
T <sub>4</sub>	21,00	22,03	22,35	21,78	21,79
T <sub>5</sub>	22,05	22,35	21,45	23,45	22,32
T <sub>6</sub>	23,45	22,95	24,85	23,15	23,60
T <sub>7</sub>	24,41	25,61	25,10	24,15	24,81
T <sub>8</sub>	24,98	25,50	25,71	25,60	25,44

#### Anexo 4. Diámetro polar del fruto (cm)

Tra/Bloq.	I	II	III	IV	$\bar{X}$
T <sub>1</sub>	29,85	30,01	28,08	31,05	29,74
T <sub>2</sub>	30,06	31,15	32,35	31,25	31,20
T <sub>3</sub>	31,15	32,45	33,83	32,45	32,47
T <sub>4</sub>	31,45	33,42	32,21	31,25	32,08
T <sub>5</sub>	32,45	33,12	33,12	32,12	32,95
T <sub>6</sub>	33,45	32,25	32,15	34,22	33,01
T <sub>7</sub>	33,95	32,78	33,00	33,62	33,33
T <sub>8</sub>	35,65	34,62	35,00	34,92	35,04

### Anexo 5. Rendimiento del fruto (kg/ha)

Tra/Bloq.	I	II	III	IV	$\bar{X}$
T <sub>1</sub>	25,45	24,15	20,25	23,14	23,25
T <sub>2</sub>	30,15	34,16	35,18	36,14	33,91
T <sub>3</sub>	32,18	33,17	35,14	32,15	33,16
T <sub>4</sub>	34,18	36,45	38,45	37,75	36,70
T <sub>5</sub>	45,15	42,16	43,18	46,12	44,15
T <sub>6</sub>	47,85	46,72	46,45	44,52	46,38
T <sub>7</sub>	48,52	47,60	49,50	48,96	48,65
T <sub>8</sub>	51,15	54,22	57,85	58,88	55,52