



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**EFECTO DE LA APLICACIÓN DE *Trichoderma sp.* y  
MICROORGANISMOS EFICACES (EM) EN EL RENDIMIENTO  
DE AJO (*Allium sativum* L.) EN PUNO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. LUIS ANGEL CASTRO HUISA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PUNO – PERÚ**

**2023**



## DEDICATORIA

A DIOS, por la vida, la salud, la fuerza y por dirigir siempre mi camino.

A mis queridos padres Ángel y Lorenza por su fortaleza, preocupación, apoyo, ánimo y oración por mi cada día, forjando valores y educación que permanecieron y permanecerán durante toda mi formación profesional, les estaré siempre agradecido.

A mis dos hermanas Ruth Mirian y Gladys Verónica por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas, por ser mi inspiración para mi crecimiento profesional y por su gran amor y cariño.

A mis queridos sobrinos Kevin Smith, Angeló y Kendra que siempre de alguna manera me han apoyado, preguntándome como estaba, gracias por su cariño.

*Luis Ángel Castro Huisa*



## AGRADECIMIENTOS

Para Dios sea la honra y la gloria. Agradezco a Dios por acompañarme, en todo el proceso de construcción de este trabajo de investigación, guiándome en cada decisión, motivación y fuerza mi gratitud para siempre a Dios.

A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, docentes y personal administrativo por haberme formado académicamente con conocimientos que contribuyeron y contribuirán en mi formación profesional.

AL JURADO EVALUADOR. Dr.Sc. Evaristo Mamani Mamani, al Dr. Felix Alonso Astete Maldonado, al M.Sc. Saturnino Marca Vilca, por sus recomendaciones.

A MI DIRECTOR DE TESIS el M.Sc. Julio Cesar Sosa Choque por sus valiosos consejos, orientación, dirección en el proceso y culminación del trabajo de investigación.

A la Ing. Nora Ortiz Calcina y al Ing. Luis Pauro Flores, por la motivación y el apoyo que ayudaron para que se realice este trabajo de investigación.

A mis amigos. Valerio, Yuri y Richard de igual manera al Sr. Luciano y Jaime por su apoyo para la realización del presente trabajo de investigación.

*Luis Ángel Castro Huisa*



# ÍNDICE GENERAL

Pág.

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 13**

**ABSTRACT..... 14**

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. OBJETIVO GENERAL ..... 18**

**1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 18**

## **CAPITULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN ..... 19**

**2.2. MARCO TEORICO ..... 24**

2.2.1. Generalidades del cultivo de ajo ..... 24

2.2.2. Origen ..... 24

2.2.3. Taxonomía ..... 25

2.2.4. Morfología ..... 25

2.2.5. Variedades..... 28

2.2.6. Fenología del desarrollo de la planta ..... 29

2.2.7. Requerimientos edafoclimáticos ..... 31



2.2.8. Requerimientos de suelo .....	33
2.2.9. Manejo del cultivo .....	33
2.2.10. Fertilización .....	36
2.2.11. Cosecha y poscosecha.....	36
2.2.12. Abonos orgánicos.....	38
2.2.13. <i>Trichoderma</i> sp. ....	39
2.2.14. <i>Trichoderma</i> en la agrobiotecnología .....	40
2.2.15. Microorganismos eficientes .....	43
2.2.16. Modo de acción de los microorganismos eficientes .....	44
2.2.17. Aplicaciones De Microorganismos Eficientes.....	44

### **CAPITULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO .....</b>	<b>46</b>
3.1.1. Ubicación .....	46
<b>3.2. TIPO DE ESTUDIO .....</b>	<b>46</b>
<b>3.3. MATERIALES EXPERIMENTALES .....</b>	<b>46</b>
<b>3.4. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO .....</b>	<b>47</b>
<b>3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>47</b>
<b>3.6. DIMENSIONES DEL CAMPO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>48</b>
<b>3.7. CONDUCCIÓN EL EXPERIMENTO .....</b>	<b>49</b>
<b>3.8. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN POR OBJETIVOS.....</b>	<b>51</b>

### **CAPITULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>4.1. OBJETIVO 01.....</b>	<b>53</b>
------------------------------	-----------



4.1.1. Evaluar el efecto de los microorganismos Trichoderma sp. y Microorganismos eficaces (EM) en el rendimiento de bulbo en ajo en condiciones de campo en Puno. ....	53
<b>4.2. OBJETIVO 02</b> .....	<b>62</b>
4.2.1. Determinar el efecto de los microorganismos de Trichoderma sp. y Microorganismos eficaces (EM) en la altura de la planta y tamaño de bulbo en ajo bajo condiciones de campo en Puno.....	62
4.2.1.1. Altura en la planta .....	62
4.2.2. Tamaño de bulbos.....	69
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	<b>88</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>89</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	<b>90</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>96</b>

**ÁREA:** Ciencias Agrícolas

**TEMA:** Manejo Agronómico de Cultivo

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 13 de enero del 2023



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Factores en estudio con sus respectivas dosis .....	47
<b>Tabla 2.</b> ANVA para un diseño BCA con arreglo factorial .....	48
<b>Tabla 3.</b> ANVA para peso de bulbo/planta de ajo por efecto de los microorganismos de Trichoderma sp. y Microorganismos eficaces (EM).....	53
<b>Tabla 4.</b> Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para peso de bulbo/planta de ajo por efecto de los microorganismos de Trichoderma sp. y Microorganismos eficaces (EM).....	54
<b>Tabla 5.</b> Método tabular para la interacción Dosis de Trichoderma sp. (DT) Dosis de EM (DM) .....	55
<b>Tabla 6.</b> Análisis de varianza de efectos simples para la interacción Dosis de Trichoderma sp. (DT) Dosis de EM (DM) sobre el peso de bulbo de ajo ...	57
<b>Tabla 7.</b> Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para peso de bulbo/planta de ajo por efecto de los microorganismos de Trichoderma sp. y Microorganismos eficaces (EM).....	60
<b>Tabla 8.</b> ANVA para altura de planta de ajo por efecto de los microorganismos de Trichoderma sp. Y Microorganismos eficaces (EM).....	63
<b>Tabla 9.</b> Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para altura de planta de ajo por efecto de los microorganismos de Trichoderma sp. ....	63
<b>Tabla 10.</b> Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para altura de planta de ajo por efecto de los microorganismos de Trichoderma sp. y Microorganismos eficaces (EM).....	64
<b>Tabla 11.</b> ANVA para diámetro polar de bulbo de ajo por efecto de los microorganismos de Trichoderma sp. y Microorganismos eficaces (EM).....	70



<b>Tabla 12.</b> ANVA para diámetro ecuatorial de bulbo de ajo por efecto de los microorganismos de <i>Trichoderma</i> sp. y Microorganismos eficaces (EM) ..	71
<b>Tabla 13.</b> Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para diámetro ecuatorial de bulbo de ajo por efecto de los microorganismos de <i>Trichoderma</i> sp. ....	72
<b>Tabla 14.</b> Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para diámetro ecuatorial de bulbo de ajo por efecto de los microorganismos eficaces (EM).....	73
<b>Tabla 15.</b> Método tabular para la interacción dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT) Dosis de EM (DM) sobre el diámetro ecuatorial de bulbo de ajo .....	74
<b>Tabla 16.</b> Análisis de varianza de efectos simples para la interacción DT x DM sobre el diámetro ecuatorial de bulbo de ajo .....	75
<b>Tabla 17.</b> Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para diámetro ecuatorial de bulbo de ajo por efecto de los microorganismos de <i>Trichoderma</i> sp. y Microorganismos eficaces (EM).....	78
<b>Tabla 18.</b> ANVA para número de dientes por bulbo de ajo por efecto de los microorganismos de <i>Trichoderma</i> sp. y Microorganismos eficaces (EM) ..	80
<b>Tabla 19.</b> Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para número de dientes por bulbo de ajo por efecto de los microorganismos de <i>Trichoderma</i> sp. ....	80
<b>Tabla 20.</b> Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para número de dientes por bulbo de ajo por efecto de los microorganismos eficaces (EM).....	81
<b>Tabla 21.</b> Método tabular para la interacción Dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT) Dosis de EM (DM) .....	81
<b>Tabla 22.</b> Análisis de varianza de efectos simples para la interacción Dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT) Dosis de EM (DM) sobre el peso de bulbo de ajo...	84





<b>Tabla 23.</b> Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para número de dientes por bulbo de ajo por efecto de los microorganismos de <i>Trichoderma</i> sp. y Microorganismos eficaces (EM).....	86
<b>Tabla 24.</b> Promedio de datos evaluados de altura de planta .....	97
<b>Tabla 25.</b> Promedio de datos evaluados de diámetro polar de bulbos .....	97
<b>Tabla 26.</b> Promedio de datos evaluados de diámetro ecuatorial de bulbos.....	97
<b>Tabla 27.</b> Promedio de datos evaluados de peso de bulbo/planta .....	98
<b>Tabla 28.</b> Promedio de datos evaluados de rendimiento de bulbo kg/ha .....	98
<b>Tabla 29.</b> Promedio de datos evaluados de número de dientes por bulbo .....	98



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Interacción de los factores Dosis de Trichoderma sp. (DT) Dosis de EM (DM) .....	56
<b>Figura 2.</b> Altura de planta por cada evaluación respecto a la aplicación sin Trichoderma sp. con las tres dosis de EM.....	65
<b>Figura 3.</b> Altura de planta por cada evaluación respecto a la dosis de Trichoderma sp. de 4 kg/ha con las tres dosis de EM .....	66
<b>Figura 4.</b> Altura de planta por cada evaluación respecto a la dosis de Trichoderma sp. de 3 kg/ha con las tres dosis de EM .....	67
<b>Figura 5.</b> Altura de planta por efecto de los tratamientos en estudio en la última evaluación.....	68
<b>Figura 6.</b> Efecto de las dosis de EM y Trichoderma sp sobre el diámetro polar del bulbo .....	70
<b>Figura 7.</b> Interacción de los factores dosis de Trichoderma sp. (DT) Dosis de EM (DM) sobre el diámetro ecuatorial de bulbo de ajo .....	74
<b>Figura 8.</b> Interacción de los factores DT x DM sobre número de dientes por bulbo en ajo .....	82
<b>Figura 9.</b> Delimitación de unidades experimentales .....	99
<b>Figura 10.</b> Medición para siembra de dientes de ajo .....	99
<b>Figura 11.</b> Activación de EM a EMa .....	99
<b>Figura 12.</b> Pesaje de Trichoderma viride .....	99
<b>Figura 13.</b> Vista de las plántulas de ajo en pleno crecimiento.....	99
<b>Figura 14.</b> Extracción de conidias de Trichoderma viride para su aplicación .....	99
<b>Figura 15.</b> Primera aplicación de Trichoderma sp .....	100



<b>Figura 16.</b> Medición de altura de planta antes de la segunda aplicación.....	100
<b>Figura 17.</b> Preparación de EMa para aplicación foliar.....	100
<b>Figura 18.</b> Crecimiento de las hojas de las plantas de ajo.....	100
<b>Figura 19.</b> Crecimiento de bulbos.....	100
<b>Figura 20.</b> Plantas de ajo en maduración de bulbos.....	100
<b>Figura 21.</b> Cosecha de plantas de ajo del tratamiento 7.....	101
<b>Figura 22.</b> Cosecha de plantas de ajo.....	101
<b>Figura 23.</b> Ajos cosechados .....	101
<b>Figura 24.</b> Ajos cosechados y desgrane de dientes .....	101



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ANVA	: Análisis de varianza
C.M.	: Cuadrados medios
DM	: Dosis de EM
DT	: Dosis de <i>Trichoderma viride</i>
EM.	: Microorganismos eficientes
EMa	: Microorganismos eficientes activados
Fc.	: F calculada
F.V.	: Fuente de variación
G.L.	: Grados de libertad
S.C.	: Suma de cuadrados
Sig.	: Significancia
*	: Significativo
**	: Altamente Significativo
n.s	: No significativo
C.V.	: Coeficiente de variabilidad



## RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en un terreno a campo abierto de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno. Siendo los objetivos de estudio: a) Evaluar el efecto de los microorganismos *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM) en el rendimiento de ajo en condiciones de campo, y b) Determinar el efecto de *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM) en la altura de la planta, tamaño de bulbo y número de dientes de ajo en condiciones de campo. La investigación fue del tipo experimental debido a que fue conducido en campo, donde se utilizó *Trichoderma* sp. (0, 3 y 4 kg/ha) y Microorganismos eficaces EM (0, 10 y 15%), siendo el diseño experimental bloque completamente al azar con arreglo factorial con un total de 9 tratamientos combinados con 3 bloques. La unidad experimental fue de 1.50 m<sup>2</sup> y el área total de 62.70m<sup>2</sup>. La aplicación de *Trichoderma* y EM fue a 15 días después de la siembra, en la fase fenológica de crecimiento vegetativo (emisión de hojas) y en la fase fenológica de bulbificación (inicio de formación de bulbos). Los resultados fueron: a) En el peso de bulbos/planta se encontró que las dosis de EM (DM0 0%, DM1 10% y DM2 15%), son significativos estadísticamente con la dosis de *Trichoderma* de 0 kg/ha; destacando la dosis de 4 kg/ha de *Trichoderma* sp. más la dosis de EM al 15% con 39.97g/planta (10652.89 kg/ha). b) En la altura de planta y diámetro polar no se encontraron diferencias estadísticas significativas en la interacción, pero se ha evidenciado que la dosis de *Trichoderma* sp. de 3 kg/ha más la dosis de EM al 10% tuvo mayor altura de planta alcanzando 54.00 cm. En diámetro polar de bulbo, la dosis de *Trichoderma* sp. de 4 kg/ha más la dosis de EM al 15% tuvo 27.10 mm. En el diámetro ecuatorial y número de dientes el análisis estadístico mostró que las dosis de EM (DM0 0%, DM1 10% y DM2 15%), son significativas con la dosis de *Trichoderma* sp. de 0 kg/ha; destacando la dosis de 3 kg/ha de *Trichoderma* sp. más la dosis de EM al 10% con 42.10 mm. En número de dientes, sobresalió la dosis de 4 kg/ha de *Trichoderma* sp. más la dosis de EM al 15% con 10.63 dientes en promedio.

**Palabras clave:** Ajo, bulbos, Microorganismos eficientes, *Trichoderma*, rendimiento



## ABSTRACT

The research work was carried out in an open field of the Professional School of Agronomic Engineering, in the Faculty of Agrarian Sciences of the National University of the Altiplano - Puno. The objectives of the study were: a) Evaluate the effect of the microorganisms of *Trichoderma* sp. and Effective microorganisms (EM) on garlic yield under field conditions, and b) Determine the effect of *Trichoderma* sp. and Effective microorganisms (EM) on plant height, bulb size, and number of garlic cloves under field conditions. The investigation was of the experimental type because it was conducted in the field, where organic and ecological products such as *Trichoderma* sp. (0, 3 and 4 kg/ha) and effective Microorganisms EM (0, 10 and 15%), the experimental design being a completely randomized block with factorial arrangement. with a total of 9 treatments combined with 3 blocks. The experimental unit was 1.50 m<sup>2</sup> and the total area of 62.70 m<sup>2</sup>. The application of *Trichoderma* and EM was 15 days after planting, in the phenological phase of vegetative growth (leaf emission) and in the phenological phase of bulbification (start of bulb formation). The results were: a) In the weight of bulbs/plant it was found that the doses of EM (DM0 0%, DM1 10% and DM2 15%), are statistically significant with the *Trichoderma* dose of 0 kg/ha; highlighting the dose of 4 kg/ha of *Trichoderma* sp. plus the dose of EM at 15% with 39.97g/plant (10652.89 kg/ha). b) In plant height and polar diameter, no significant statistical differences were found in the interaction, but it has been shown that the *Trichoderma* sp dose of 3 kg/ha plus the 10% EM dose had a better plant height than 54.00 cm. In bulb polar diameter, the dose of *Trichoderma* sp. of 4 kg/ha plus the dose of EM at 15% had 27.10 mm. In the equatorial diameter and number of teeth, the statistical analysis showed that the doses of EM (DM0 0%, DM1 10% and DM2 15%), are significant with the dose of *Trichoderma* sp. of 0 kg/ha; highlighting the dose of 3 kg/ha of *Trichoderma* sp. plus the dose of EM at 10% with 42.10 mm. In number of teeth, the dose of 4 kg/ha of *Trichoderma* sp. plus the dose of EM at 15% with 10.63 teeth

**Key words:** Garlic, bulbs, efficient microorganisms, *Trichoderma*, yield.



# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

En la región de Puno, actualmente se puede observar pequeñas áreas de cultivo de ajo en reducidas extensiones, En los distritos de Ichu y Chucuito, lo cual probablemente se debe al desconocimiento de la conducción técnica del cultivo y Uso de los abonos orgánico, lo cual limita la obtención de mayores rendimientos.

La aplicación de fertilizantes químicos, hace que la vegetación crezca más rápido, pero con el paso de los años pierden su resistencia ante las plagas y enfermedades.

Los usos de niveles exagerados de fertilizantes químicos en el medio ambiente pueden tener riesgos en la salud humana, como producto de la lixiviación por ser muy solubles en el agua.

En los últimos años se está dando más auge en lo que se refiere a la producción orgánica, esto a causa de que los fertilizantes químicos están trayendo ciertos efectos perjudiciales para la agricultura de las que se puede mencionar:

- Empobrecen la micro fauna del suelo, así como minerales requeridos por los cultivos.

El ajo (*Allium sativum* L.), es un cultivo muy difundido en el Perú que se siembra en casi todas las regiones, desde el nivel del mar hasta los 3 500 m de altitud. La superficie ocupada de ajo en nuestro país alcanza las 8 000 ha, siendo su producción destinada mayormente para consumo local y en los últimos años para exportación (INIA, 2013). Sembrándose en todas las regiones del Perú, principalmente en Arequipa, Cajamarca y Lima, así mismo es considerado una planta de excelentes cualidades no sólo desde el punto de vista alimenticio, sino también por poseer propiedades estimulantes, expectorantes y antisépticas. Su principal uso es en fresco, pero también es usado en la



agricultura en forma de extracto para el control de plagas como, ácaros, babosas, bacterias, hongos, insectos y nematodos (ESCRIBA, 2014).

Este cultivo, es considerado dentro de la producción agrícola familiar como alternativa económica y como alimento desde el punto de vista nutricional, al ser una de las hortalizas más utilizadas en la canasta familiar de la mayoría de la población.

Actualmente se busca obtener productos más orgánicos y limpios, que genere grandes expectativas para los consumidores, el tema relacionado con la salud humana sin duda ha hecho que consumir productos orgánicos libres de trazas de pesticidas y moléculas químicas contribuye a tener una mejor calidad de vida. Por consiguiente, las exigencias en los mercados exigen gran demanda hacia estos productos; además el ajo al contener altos porcentajes en vitaminas es apreciado y utilizado frecuentemente lo cual provoca una demanda del producto cada vez más grande.

La importancia de implementar prácticas de agricultura biológica y orgánica en la producción de alimentos se hace cada vez más alta. Los temas relacionados con la conservación de suelos y de ecosistemas mediante métodos de producción limpia contribuyen a incrementar la utilidad del suelo y sus componentes tales como recursos naturales, controladores biológicos y microorganismos eficaces.

En los últimos años, se está dando un lugar a la producción orgánica, el cual viene a ser como una alternativa frente al uso de los fertilizantes químicos, están trayendo efectos negativos y perjudiciales para la agricultura, como el empobrecimiento de la micro fauna del suelo, así como de minerales requeridos por los cultivos. Como se conoce, el uso de los fertilizantes químicos, tiene un efecto en el crecimiento más rápido de los cultivos, pero su efecto negativo se da o se observa con el pasar de los años, lo cual hace que las plagas y enfermedades se presenten en diferentes grados de resistencia, además su uso exagerado, causa riesgos en la salud humana.





Teniendo en consideración los efectos negativos de los fertilizantes químicos, se propone como alternativa el uso del *Trichoderma* spp. y Microorganismos eficaces (EM-1) como parte de la agricultura orgánica, como fuentes naturales para mejorar el rendimiento del cultivo de ajo dentro de la región de Puno; la implementación orgánica como fuentes de abonamiento orgánico apoyará a la agricultura sostenible que favorecerá al medio ambiente y los ecosistemas, reduciendo la aplicación de productos de síntesis química que pueden provocar afectación en la salud de los productores y consumidores.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la región de Puno, actualmente se puede observar pequeñas áreas de cultivo de ajo en reducidas extensiones, en los distritos de Ichu y Chucuito lo cual probablemente se debe al desconocimiento de la conducción técnica del cultivo y no uso de los abonos orgánicos, lo cual limita la obtención de mayores rendimientos.

En los últimos años, se está dando mayor importancia a la producción orgánica, el cual viene a ser una alternativa importante frente al uso de los fertilizantes químicos, que están trayendo efectos negativos y perjudiciales para la agricultura, como el empobrecimiento de la micro fauna del suelo, así como de minerales requeridos por los cultivos. Teniendo en consideración los efectos negativos de los fertilizantes químicos, se propone como alternativa el uso del *Trichoderma* spp. y Microorganismos eficaces (EM-1) como parte de la agricultura orgánica, como fuentes naturales para mejorar el rendimiento del cultivo de ajo dentro de la región de Puno. Por lo tanto, se ha planteado los siguientes objetivos:



### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos *Trichoderma* sp y Microorganismos Eficaces (EM) en el rendimiento de ajo en condiciones de campo.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar el efecto de los microorganismos *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM) en el rendimiento de ajo en condiciones de campo en Puno.
- Determinar el efecto *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM) en la altura de la planta, tamaño de bulbo y número de dientes en condiciones de campo en Puno.



## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

##### Local

Huamán (2019), en la investigación titulada “Microorganismos eficaces (EM) en diferentes sustratos de materia orgánica en el cultivo de ajo bajo invernadero en Puno”, dicho experimento se realizó en el departamento de Puno. Los objetivos de estudio fueron: a) Evaluar el crecimiento del cultivo de ajo (*Allium sativum* L.) a la influencia de diferentes tipos de sustratos y Microorganismos Eficaces (EM) en condiciones de invernadero Puno. b) Determinar el rendimiento del cultivo de ajo (*Allium sativum* L.). Los tratamientos en estudio fueron los tipos de sustratos; tierra negra (S1), tierra negra + estiércol de ovino (S2), tierra negra + estiércol de vacuno (S3) y tierra negra + estiércol de ovino + estiércol de vacuno (S4), y Microorganismos Eficaces (EM) con tres dosis: testigo 0ml de EM es (E0), 10ml de (EM) es (E1) y 15 ml de (EM) es (E2). Como material experimental se usó dientes de ajos de la variedad Morada arequipeña. El área total del campo experimental fue de 21.60m<sup>2</sup> y la unidad experimental de 0.36m<sup>2</sup> por tratamiento. El experimento se condujo bajo diseño completamente al azar con una factorial de 3x4. Los resultados fueron: En altura de planta a los 60 días fue con una dosis de 15 ml con S2 (tierra negra + estiércol de ovino) con una altura de 17.79cm superando al testigo 0ml con S2 (tierra negra + estiércol de ovino) que tiene 14.69cm. En 120 días de altura de planta la aplicación con una dosis de 15 ml con S2 (tierra negra + estiércol de ovino) tuvo mejor respuesta en altura de planta con 34.30cm superando al testigo 0ml con S2 (tierra negra + estiércol de ovino) que tiene 28.77cm. En diámetro de bulbo o



cabeza de ajo con una dosis de 15 ml con S2(tierra negra + estiércol de ovino) es 7.68cm un diámetro que supera al testigo 0ml con S2(tierra negra + estiércol de ovino) que tiene 4.48cm.El rendimiento de ajo con una dosis de 15 ml (EM) con S2 (tierra negra + estiércol de ovino) es 21641.39kg/ha, con una dosis de 15 ml de EM con S4 (tierra negra+ estiércol de ovino+ estiércol de vacuno) es 17366.39kg/ha, con una dosis de 15 ml de EM con S1(tierra negra) es 6041.94kg/ha y con una dosis de 15 ml de EM con S3(tierra negra+ estiércol de vacuno) es 5969.72 kg/ha.

### **Regional**

Soto (2018), en la investigación titulada “Introducción y evaluación de parámetros de rendimiento de 4 variedades del cultivo de ajo (*Allium sativum* L.). en condiciones de la provincia de Acobamba, cuya investigación se realizó en campo experimental “Común Era” de la Facultad de Ciencias Agrarias en la Provincia de Acobamba – Huancavelica durante la campaña agrícola 2014-2015, tuvo por objetivo la evaluación perse y componentes del rendimiento de 4 variedades del cultivo de ajo (*Allium sativum* L.). El diseño experimental utilizado fue bloque completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones, todas las variables en estudio se sometieron al análisis de varianza y a la prueba de Tukey al 5%. Se tuvo como resultados principales los siguientes: La mejor emergencia de plantas fue presentado por la variedad serrana con un promedio de 79.05%; la variedad arequipeña el mayor promedio de hojas 5.55, en diámetro de bulbo la variedad mexicana presentó el mayor diámetro con un promedio de 6.67 cm, el mayor peso de bulbo fue presentado por la variedad arequipeña con un promedio de 90.7 g; y el mayor rendimiento promedio proyectado se obtuvo con la variedad arequipeña con 7.256.27 kg/ha.



Guzmán y Huamán (2019), en la investigación titulada “Efecto de tres fitohormonas en pre y post cosecha en el cultivo de dos variedades de ajos (*Allium sativum* L.) en condiciones del centro poblado de San Miguel de Cuchis distrito de Vilcabamba-Pasco”. Siendo los objetivos: Determinar los efectos de las tres fitohormonas en el rendimiento y post cosecha en el cultivo de dos variedades de ajos (*Allium sativum* L.) en condiciones del centro poblado de San Miguel de Cuchis distrito de Vilcabamba – Pasco, Analizar en pre cosecha la fenología, precocidad y características agronómicas de cada una las variedades en estudio. Analizar en post cosecha las características cualitativas (color del diente, forma del diente) y cuantitativas (tamaño y peso de diente, diámetro del diente; y número de dientes por bulbo) de las variedades en estudio. Se estudiaron 8 tratamientos con 3 repeticiones el diseño estadístico utilizado fue de bloques completos al azar. Los resultados fueron los siguientes: Los mejores rendimientos lo tuvieron el T2 (var. Napurí + Biozyme) y T6 (var. Chino + Biozyme) con 16.6 y 16.0 t/ha respectivamente. En cuanto a la conservación de dientes después de la cosecha el T2 (var. Napurí + Biozyme) es la que duro mayor tiempo con 29.2 días en condiciones del centro poblado de San Miguel de Cuchis distrito de Vilcabamba – Pasco. La mayor precocidad presento el T2 (var. Napurí + Biozyme) con 151 días a la maduración, en cuanto a las características agronómicas la mayor altura lo tuvo el T6 (var. Chino + Biozyme) con 62.59 cm, así mismo todos los tratamientos tuvieron 100% de emergencia los 15 días después de la siembra.

Trujillo (2020), en una investigación titulada “Efecto de Microorganismos Benéficos como promotores de crecimiento y rendimiento en el cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* L.), en el Valle de Huaral 2016”, el cual se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas INIA – DONOSO, ubicado en la provincia de Huaral, departamento de Lima, durante los meses de Agosto a



Octubre. Este trabajo tuvo como finalidad determinar el efecto de microorganismos benéficos como promotor de crecimiento y rendimiento en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el valle de Huaral. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar (DBCA), con cinco tratamientos (cuatro tratamientos y un testigo absoluto) y cinco repeticiones por cada tratamiento, El área total experimental fue de 336 m<sup>2</sup> y el área por tratamiento fue de 8 m<sup>2</sup>. Este trabajo de investigación fue de tipo aplicada por que se llegó a obtener conocimientos de los efectos de los microorganismos como promotores de crecimiento y rendimiento en el cultivo de lechuga; fue experimental, ya que se llegó a manipular 4 distintos tipos de microorganismos como: *Trichoderma Viride*, *Azotobacter*, *Gibberella* sp, *Trichoderma* sp. En esta investigación el T4: *Trichoderma* sp. registra el más alto contenido de materia seca, registrándose 9307,60 kg /has siendo estadísticamente superior al testigo, sin embargo, entre los tratamientos T2, T3, T1 y T4 no existe diferencia significativa.

### **Internacional**

Aillón (2015). Respuesta de ajo (*Allium sativum* L.) var. Canadiense a la aplicación complementaria de fitoestimulantes foliares, Guasuntos, Chimborazo. La presente investigación se llevó a cabo en la comunidad de Shuid Alto, ubicado en la provincia de Chimborazo, cantón Alausí, parroquia de Guasuntos, a una altitud de 3200 m.s.n.m., en la zona de vida de bosque húmedo Montano (bh-M). Con los siguientes objetivos: Determinar el fitoestimulante que mejore la producción de ajo (*Allium sativum*) var. Canadiense; Establecer la dosis que permita mejorar la producción de ajo (*Allium sativum*) var. Canadiense; Detectar si existe interacción entre los factores en estudio y realizar el análisis financiero de los tratamientos en estudio. Los factores en estudio fueron: Fitoestimulantes (F); f1= Purín de hierbas, f2= Abono de frutas, f3= Extracto de algas EXALMA, Dosis (D); d1= Dosis Bajo (– 25 % de la dosis recomendada), d2=Dosis



Media (dosis recomendada), d3= Dosis Alta (+ 25 % de la dosis recomendada). Además se consideró dos testigos: Tag. (Testigo de agricultor), Tab. (Testigo absoluto). Para el análisis estadístico se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar, con arreglo factorial  $3 \times 3 + 2$ , con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental con una superficie de 8.40m<sup>2</sup>. El bioestimulante orgánico foliar abono de frutas (f2), obtuvo los mejores promedios para las variables: altura promedio de planta con 59,36 cm/planta; número promedio de hojas con 8,94 hojas/planta; diámetro de macollo con 6,08 mm/macollo; rendimiento promedio con 51,86 t/ha; diámetro de bulbo con 5,10 cm/bulbo. Esta respuesta se atribuye al contenido de fitohormonas que tiene el abono de frutas, en relación a los otros bioestimulantes. La dosis de los productos evaluados que provocó mejor efecto en las variables fue la dosis media o recomendada d2 2,50 litros/ha, a lo que se atribuye que los bioestimulantes orgánicos contenidos en abono de frutas, permiten la estimulación de varios procesos de crecimiento y diferenciación celular.

Montenegro (2017), en la investigación titulada “Respuesta del cultivo de ajo (*Allium sativum* L.) a tres frecuencias de aplicación de abonos orgánicos”, la cual se realizó en la comunidad de Taya, parroquia Urbina, cantón, Tulcán, provincia del Carchi; donde se utilizó bulbillos (dientes de ajo) variedad chilena, los factores evaluados fueron; Factor A (Tipos de abonos orgánicos; Eco abonaza, Bocashi y Te de estiércol). Factor B: (Frecuencias de aplicación; 8 días antes de la siembra, 20 días después de la emergencia, 40 días después de la emergencia). Los tratamientos efectuados en el proyecto de investigación fueron 9 más un testigo, se aplicó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con factorial (A x B) +1, se incluyeron los tratamientos específicos más un testigo, dando un total de 10 tratamientos y tres repeticiones, total 30, para diferencias estadísticas de los resultados obtenidos en las variables se sometieron a la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad. El área total fue de 565,80 m<sup>2</sup>. Los resultados registrados



determinan que el tratamiento (Te de estiércol aplicado 20 días después de la emergencia), obtuvo mayores promedios en; altura de planta, diámetro de tallo, peso de bulbo, en diámetro polar y ecuatorial de bulbo, número de dientes por bulbo, producción de primera categoría y mayor utilidad económica de \$ 18.294,67 USD/ha mientras que (Eco abonaza aplicada a los 20 y 40 días después de la emergencia) obtuvo promedios similares estadísticamente en; altura de planta, diámetro de tallo, peso de bulbo, diámetro polar y ecuatorial de bulbo.

## **2.2. MARCO TEORICO**

### **2.2.1. Generalidades del cultivo de ajo**

Su nombre latino (ajo, alho, ail, aglio, all, allo) proviene del vocablo celta all que significa fuerte, ardiente e incendiario, mientras que el nombre anglosajón (garlic) proviene de los vocablos gar (atravesar) y leac (olla, marmita) que probablemente esté vinculado con el poder de su aroma. El ajo pertenece a la familia de las Alliáceas, género *Allium*. Dentro de este género hay más de 500 especies y los *Allium* comestibles comprenden algunas de las plantas cultivadas más antiguamente por el hombre; su rasgo más conocido es su característico aroma y sabor (Escobar *et al.*, 2012).

El parámetro más utilizado en el mundo para diferenciar los clones de ajo es el color de los bulbos o los dientes, pero esta clasificación es confusa y es frecuente que un mismo clon reciba varias denominaciones locales o, al contrario, que clones diferentes lleven el mismo nombre en la misma región. En los últimos tiempos, Argentina ha clasificado sus ajos en seis grupos (antes eran cuatro): rosados, violetas, colorados, morados blancos y castaños. En Colombia todos los materiales cultivados tradicionales corresponden al grupo de los rosados (Escobar *et al.*, 2012).

### **2.2.2. Origen**

Carrión (2022) cita a Lluís (1997), quien nos dice que el origen de ajo incierto, debido principalmente a que su uso es antiquísimo, y su diseminación



como planta silvestre y de cultivo se produjo hace milenios. Por otro lado, Salmer (2012), sostiene que el ajo proviene de Oriente abarcando todo el norte de África, Cercano Oriente, India y China, algunas islas del Pacífico y Sudamérica.

El ajo, (*Allium sativum* L.) es una planta oriunda de Asia Central, hay más de 500 especies del género *Allium*, la mayor parte de las cuales son silvestres sin importancia económica y confinada al hemisferio Norte desde donde fué llevada a Egipto, y posteriormente introducido en América por los españoles, incorporándose como cultivo en México, Estados Unidos, Perú y posteriormente en Chile. Es una especie muy antigua bajo cultivo (Kehr, 2002).

### 2.2.3. Taxonomía

De acuerdo a Integrated Taxonomic Information System (ITIS, 2023), la clasificación taxonómica de ajo es:

#### **Clasificación Taxonómica:**

Reino	:	Plantae
Sub Reino	:	Viridiplantae
Infra Reino	:	Streptophyta
Superdivision	:	Embryophyta
División	:	Tracheophyta
Subdivisión	:	Spermatophytina
Clase	:	Magnoliopsida
Superorden	:	Lilianae
Orden	:	Asparagales
Familia	:	Amaryllidaceae
Género	:	<i>Allium</i>
Especie	:	<i>Allium sativum</i> L.

### 2.2.4. Morfología

#### a) Raíz

El sistema de raíces de ajo es poco desarrollado, ya que estas son gruesas y escasamente ramificadas si es que se le compara con la mayoría de plantas cultivadas.



Por otra parte, Carrión (2022) cita a Morales (1998), quien indica que, el sistema de raíces de esta especie es parecido al de la cebolla (fibrosas adventicias), las cuales desarrollan a partir del tallo verdadero y alcanzan profundidades de 70 a 80 cm, concentrándose la mayoría entre los 45 a 50 cm (Pinzón, 2007).

Es de origen adventicio, es decir que se origina del tallo o disco, son fasciculadas, blancas, similar es a la de la cebolla. Son muy numerosas de pocas ramificaciones. La masa radicular es superficial 100% por encima de los 40 cm., 80% por encima de los 30 cm (Rueda, 2013).

### **b) Tallo**

El tallo verdadero, llamado “plato” o “disco”, se encuentra en la base de la cabeza o bulbo y sobre él se forman las yemas y las hojas; así mismo, de esta estructura crecen las raíces (Pinzón, 2007).

El tallo de ajo y la cebolla son similares, es un plato o disco pequeño, masa cónica que en la madurez forma un callo muy duro, de nudos cortos. Posee un meristema central apical y axilar que da origen a hojas, dientes o gajos (yemas vegetativas axilares) (Rueda, 2013).

### **c) Hojas**

Carrión (2022) cita a Morales (1998) indica que estas son alternas y están compuestas de limbo y vaina, el limbo es plano o laminado y sólido, de aproximadamente 3 cm de ancho, lineal y termina en punta y las vainas son cilíndricas y constituyen el falso tallo. Así mismo, Carrión (2022) cita a FDA (1995), quien añade que en la base de las vainas de las hojas no se acumulan sustancias nutritivas y que al morir estas, se convierten en túnicas protectoras de los bulbos. Son iguales a las de cebolla en cuanto se refiere a forma y divergencia. A diferencia de la cebolla son sólidas, constan de dos partes: vaina foliar, es la parte inferior de la hoja y filodio o limbo foliar, sólido acanalado, ceroso, de color verde (Rueda, 2013).

#### **d) Flor**

Carrión (2022) cita a Morales (1998), manifiesta que, la flor es una umbela densa, con flores de pétalos rosados sobre largos pedicelos conbrácteas; el pistilo y los estambres se proyectan fuera del perianto. Generalmente estas flores son estériles y en múltiples ocasiones abortan.

La subida del escapo floral, puede producirse en el segundo período, la inflorescencia es una umbela con flores poco numerosas con 6 pétalos y 6 estambres, un ovario plurilocular, con un estilo filiforme, y un estigma pequeño, el fruto es una cápsula, con dos compartimientos (Rueda, 2013).

#### **e) Bulbo**

El bulbo de ajo está compuesto y formado por una serie de vainas foliares delgadas que encierran en sus axilas yemas engrosadas denominadas “dientes” o “bulbillos”; esta es la diferencia más importante respecto de la cebolla (Pinzón, 2007).

Se compone de 6 a 12 bulbillos dependiendo de la variedad, conocidos tradicionalmente como dientes de ajo, unidos por la base formando un cuerpo con forma redondeada llamada cabeza de ajos (Rueda, 2013).

Carrión (2022) cita a Burba (2003), quien nos dice que cada “diente” es un bulbo en potencia y está formado desde afuera hacia dentro por:

- Hoja de protección: Es una vaina (carece de lámina), envolvente y lignificada, que por lo general esta coloreada.
- Hoja de reserva: Se trata de un tejido compacto que representa más del 85% del peso del bulbo. Las reservas acumuladas en ella serán utilizadas para la brotación del nuevo ejemplar.



- Hoja de brotación: Es la responsable de proteger al nuevo brote durante la emergencia. Tiene forma tubular (carece de lámina), y su crecimiento se inhibe ante la luz, dejando pasar a las hojas verdaderas.
- Hojas verdaderas: Son aquellas que poseen lámina, y que pueden ser estériles o fértiles.

**f) El fruto**

Es de forma una cápsula globosa con tres lóculos, cuya dehiscencia se realiza a través de nervios medios con lo que la estructura queda destruida por completo. Dos semillas, por lo general, se alojan en el interior de los lóculos, su forma es angulosa y de coloración oscura con una cara plana y otra convexa (Nicho y Condor, 2012).

**g) El embrión**

Es cilíndrico y curvo. A manera de aclaración debemos indicar que en el Perú es poco frecuente que la planta de ajo floree y fructifique de allí que la reproducción del cultivo sea por vía vegetativa utilizando los dientes del bulbo (bulbillos) (Nicho y Condor, 2012).

**h) Tipo de polinización**

Es entomófila, cuando existe, en el género *Allium*. Los estambres de la flor alcanzan la madurez y el polen está perfectamente formado y es apto para la fertilización, antes que el estilo sea capaz de admitirlo, el gineceo todavía está inmaduro. Las flores que se sitúan en la superficie de la umbela son las primeras en abrirse y luego las del interior (Nicho y Condor, 2012).

**2.2.5. Variedad**

**Variedad morada**

El ajo, procede de Asia. Los usos de este maravilloso alimento, son muy variados, ya que se ha ido expandiendo por el mundo a lo largo de los años. Pero si hablamos



de ajo morado, esta variedad de ajo es única, como bien saben las personas que lo suelen consumir, este alimento no sólo queda ideal en cualquier receta, ya que le da un sabor increíble, sino que, además, está repleto de beneficios y propiedades para nuestro organismo.

#### **Propiedades y beneficios de ajo morado:**

- Es un gran antioxidante, ya que tiene un alto contenido en alicina.
- El bulbo de ajo también contiene hidratos de carbono.
- Tiene un alto contenido en vitamina B6
- También tiene propiedades hipoglucémicas
- Aparte de la vitamina B6, también contiene vitaminas A, B1, B2, B3, C y E

Antiguamente, el ajo se consideraba un remedio medicinal, el cual se utilizaba como tónico y así quitar los piojos. Durante la Edad Media, el ajo se cultivaba en los monasterios y también se trataba para las mordeduras de serpientes, caídas del caballo, dolor de muelas, erupciones, problemas respiratorios.

Es la más conocida en el departamento de Arequipa y en el Perú, tiene la cualidad de ser cultivada naturalmente, sin aditivos sintéticos y respetando la sostenibilidad medioambiental. Se caracteriza por la uniformidad del bulbo externo e interno. Tiene un intenso sabor y aroma y posee un alto contenido en alicina. Su cabeza es de tamaño medio, con forma redondeada y homogénea y de un profundo color violeta. Es el más utilizado y apreciado en la gastronomía.

#### **2.2.6. Fenología del desarrollo de la planta**

La cabeza de ajo está formada por dientes que, una vez plantados en condiciones adecuadas, darán lugar a nuevas plantas. Un diente de ajo está constituido por un resto de tallo, una hoja protectora que lo envuelve y una hoja transformada en almacén de reservas nutritivas, en cuyo interior, en la base del



diente donde se encuentra el resto de tallo, se halla la yema terminal que dará lugar a la nueva planta (Nicolás de la Cruz, 2015).

Nicolás de la Cruz (2015), da a conocer la siguiente fenología:

**a. Dormancia:** Cuando se cosecha el ajo, esta yema terminal reducida a un pequeño abultamiento de menos de un milímetro de diámetro, se aletarga. Los dientes entran en un estado de dormancia durante un periodo de tiempo variable en función de la variedad o ecotipo y de las condiciones en que se conservan estos dientes.

**b. Brotación:** Pasados unos meses (entre 3 y 5 según tipo de ajo y condiciones de conservación de la semilla), en el diente, incluso sin plantar, se inicia la actividad de la yema terminal, alargándose en dirección a la punta, al ápice del diente. La primera hoja que emerge es una protección de las hojitas que darán lugar a la nueva planta y las acompaña hasta romper la costra del terreno, quedando como una funda, sin desplegar el limbo. Durante este tiempo la plantita toma el alimento que precisa de las sustancias nutritivas del propio diente y comienza a emitir las raicillas. La plantación debe realizarse cuando el brote alcanza un 50% de la longitud del diente, en todo caso, siempre antes de que el brote asome por el ápice del diente.

**c. Crecimiento y Desarrollo vegetativo:** Después de la brotación se van desarrollando las raíces y las hojas de la planta que servirán para transformar las extracciones nutritivas del suelo en tejidos vegetales. Este periodo termina cuando comienza la formación del bulbo. El crecimiento vegetativo se desarrolla en un espacio de tiempo variable, alrededor de 100 a 150 días según las condiciones de conservación de la semilla y las técnicas de cultivo que se apliquen, característico



para cada variedad o ecotipo y muy directamente influido por las condiciones de fotoperiodo, temperatura y humedad.

**d. Bulbificación:** Es la fase del desarrollo de la planta en que se forma el bulbo. El comienzo de la bulbificación se produce cuando se alcanzan unas condiciones determinadas de temperatura, humedad y fotoperiodo, aplicando técnicas de cultivo convencionales, definidas para cada variedad y ecotipo en un área geográfica determinada. Puede modificarse sometiendo la semilla a condiciones especiales de temperatura o fotoperiodo.

**e. Floración:** En condiciones normales de cultivo, las variedades y ecotipos morados (o rojos), chino, gigantes y otros producen tallo floral y flores, generalmente estériles. Las variedades y ecotipos blancos y rosas no desarrollan tallo floral, en condiciones normales de cultivo.

**f. Maduración:** En condiciones normales de cultivo, las plantas, a los 25-30 días de la floración llegan a formar la cabeza, quedando los dientes bien marcados y las hojas de la mitad inferior de las plantas marchitas, adquiriendo el pseudotallo una consistencia flácida. En este momento se llega a la maduración de la cabeza de ajo, que se podrá sacar unos días después.

#### 2.2.7. Requerimientos edafoclimáticos

Es una planta de clima frío, no tiene exigencias climáticas marcadas, pero adquiere un sabor más pungente en climas fríos. El cero vegetativo de ajo corresponde a 0 °C. A partir de esta temperatura se inicia el desarrollo vegetativo de la planta. Hasta que la planta tiene 2-3 hojas soporta bien las bajas temperaturas. En pleno desarrollo vegetativo tolera altas temperaturas por encima de los 40 °C, siempre que tenga suficiente humedad en el suelo (Torres, 2018; cita Monardes, 2009).



Es una planta que se desarrolla bien en climas templados y fríos con temperaturas ideales de 18 a 24 °C en la fase inicial de crecimiento del tallo y de 13 a 15 °C en la fase de bulbificación y crecimiento de bulbos; y por arriba de 25°C en la fase de maduración de bulbos. Las lluvias en el período de cosecha perjudican la calidad y el proceso de curado del bulbo; así como daños por presencia de enfermedades (Amaya *et al.*, 2007).

El ajo necesita de una altitud de 600-1800 m.s.n.m., generalmente se cultiva bajo riego, pero puede prosperar en regiones con una precipitación anual entre 450 y 1000 mm. Es una especie bastante tolerante a la sequía, sin embargo, no le debe faltar el agua en las etapas de germinación y formación de bulbos. Debe contar con un periodo seco en la etapa de maduración, La temperatura mínima para crecimiento está entre 4 y 8 °C, mientras que la temperatura crítica de helada es de -1°C. En etapas tempranas de desarrollo le son favorables temperaturas de entre 8 °C a 16 °C para la brotación y formación de bulbos. Después de la inducción de bulbos, temperaturas de entre 18 y 20 °C son favorables para el crecimiento del bulbo; la temperatura máxima durante este periodo no debe ser superior a los 30 °C, Para el logro de buenos rendimientos, la media optima está alrededor de los 18 °C, con una máxima que no debe superar los 26°C; Puede prosperar en suelos calcáreos y es moderadamente tolerante a la salinidad; crece en un pH entre 5 y 7.5; requiere buen drenaje, ya que no tolera encharcamientos (Torres, 2018; cita a Ruíz, 1999).

Se le cultiva en todas las regiones, Evidencias experimentales muestran que cuanto mayor es la cuota de frío recibida, menor es el requerimiento foto periódico y la bulbificación se induce con días de umbral más cortos. Este cultivo se produce en altitudes que van desde los 600 a los 3.500 m.s.n.m (Kehr, 2002).





Se cultiva en la Región Andina en altitudes comprendidas entre 1.200 y 3.200 m.s.n.m, exige temperaturas medias entre 10° y 20°C, para un desarrollo y producción óptimos. Es muy importante conocer que, en las zonas de temperaturas más altas, dentro del rango mencionado, la temperatura nocturna caiga por debajo de los 15°, a fin de estimular la formación del bulbo (Torres, 2018; cita a FONAIAP, 1983).

#### **2.2.8. Requerimientos de suelo**

La planta de ajo prefiere suelos sueltos y ligeros, pero sustanciosas y saneados, porque no tolera la humedad excesiva ni el abuso de riegos, que pudren las plantaciones y, sin embargo, se cultiva en buenas condiciones en tierras fuertes, a condición de que sean de moderada humedad y ricos en materia orgánica (Torres, 2018; cita Armas, 1956).

El cultivo de ajo se adapta a una amplia gama de suelos, siendo los más adecuados los sueltos, con buen drenaje que permitan la adecuada evacuación del agua en exceso, buena capacidad de retención de humedad, lo más nivelados posible para facilitar el riego en zonas donde es necesario regar y pH de 5.8 a 7 (Kehr, 2002).

Suelos ligeros o sueltos y permeables, para evitar los encharcamientos de agua típicos de suelos muy compactos ya que el ajo es muy susceptible a la podredumbre. Generalmente se obtienen altos rendimientos y buena calidad de los bulbos en suelos areno arcilloso calcáreos, fértiles y con buenas labores de preparación de suelo, el ajo está clasificado como moderadamente tolerante a la acidez, siendo su rango de pH de 5.5 a 7, en cuanto a la salinidad se considera como medianamente tolerante (Torres, 2018; cita a López, 1995).

#### **2.2.9. Manejo del cultivo**

El cultivo se lleva a cabo a partir del siguiente manejo agronómico:



- Propagación: de acuerdo a la propagación se realiza por medio de los dientes. Bulbos que se desprenden o se desgranar solamente al momento de la siembra, ya que los dientes no se conservan bien, como las cabezas en almacenamiento. Se utiliza la circunferencia de la cabeza, eliminando los pequeños dientes centrales (Quiroga, 2013).
- El volumen de semilla a utilizarse por hectárea estará en función a la sub especie: así para la sub especie sagitatum (barranquino, pata de perro) se requiere de 1 000 a 1 200 kg de bulbos/ha, para la sub especie vulgare los cultivares INIA 104 - Blanco Huaralino, Napurí, Siete mesino etc.) se requiere de 800 a 1000 kg de bulbos/ha (Nicho y Condor, 2012)
- Preparación del suelo: una adecuada preparación del suelo constituye una garantía para un efectivo control de las malezas. Se debe tener en cuenta, la aplicación de materia orgánica descompuesta (20-40 t/ha), nivelar correctamente el suelo para evitar encharcamientos y riego eficiente y el suelo debe quedar lo suficientemente mullido y sin residuos secos sin descomponer (Montenegro 2017; cita a Oviedo, 2006)
- Así mismo, se indica que es importante que los suelos tengan un buen drenaje y un buen contenido de materia orgánica. Prefiere los suelos francos o algo arcillosos, con contenidos moderados de cal y ricos en potasio (Nodo Hortícola, 2009).
- Plantación: la siembra se realiza de forma directa usando los bulbillos o dientes como órganos reproductivos. A juicio de varios autores, el tamaño de los dientes elegidos determina en gran parte la calidad y producción del cultivo. Se ha demostrado que al sexto día después de la brotación, el sistema radicular de las plantas crecidas de pequeños dientes (menores de 1.60g.) ha sido un 23% menos



que de las plantas crecidas en dientes grandes (mayores de 2.73g). (Montenegro 2017; cita a Fundación de Desarrollo Agropecuario, 1995).

- En la densidad de siembra; si es con riego por gravedad la densidad de siembra está en relación directa al periodo vegetativo del cultivar de ajo; para ajo precoz (5 meses) los distanciamientos son de 0.50 m entre surcos y 0.10 m entre plantas (400 000 plantas/ha); para ajo tardío (7 meses) 0.60 m entre surcos y 0.12 m entre plantas (277 777 plantas /ha). En ambos casos se trabaja con dos hileras por surco. En riego por goteo de acuerdo a la franja de humedad del suelo y tipo de suelo se trabaja con más de dos hileras distanciadas a 10 cm entre sí a ambos lados de la cinta de riego y entre diente o bulbillo de 0.10m a 0.12 m (Nicho y Condor, 2012).
- Los dientes adecuados para la siembra deben ser grandes y uniformes, que procedan de bulbos sanos con raíces completas, para evitar que se use material de siembra afectado por la enfermedad denominada raíz rosada, que se presenta en algunos casos de bulbillos sin raíces (Montenegro 2017; cita a Fundación de Desarrollo Agropecuario, 1995).
- Quiroga (2013), explica que las labores culturales del cultivo de ajo son:
  - Deshierbe: generalmente se requieren de 3 a 4 deshierbes después de cada riego, las que puedan disminuir con una apropiada utilización de químicos.
  - El efecto negativo producido por el enmalezamiento de las plantaciones puede evaluarse analizando los aspectos perjudiciales ejercidos sobre los rendimientos y o los costos de producción.
  - Aporque: el primer aporque se realiza después de la siembra, cuando la planta alcanza una altura de 10 – 15 cm. El aporque tiene dos fines: controlar las malezas, romper el endurecimiento del suelo. Al disponerse de bastante tierra suelta para su tapado y al romper el suelo aumentamos la aireación y reducimos las pérdidas



por capilaridad y lo más importante es que se forma un medio favorable para la formación y desarrollo del bulbo.

#### **2.2.10. Fertilización**

Consiste en la incorporación de elementos nutritivos al suelo, utilizando fuentes orgánicas e inorgánicas, con la finalidad de mejorar los niveles de fertilidad y permitir al cultivo durante su ciclo vegetativo, la disponibilidad de nutrientes que requieren para su crecimiento, diferenciación de dientes, llenado y maduración de bulbos (Nicho y Condor, 2012).

##### **Niveles y fuentes de fertilización**

La materia orgánica mejora la estructura del suelo, incrementa la capacidad de cambio de elementos minerales y mejora el desarrollo de microorganismos benéficos. Se recomienda su incorporación a razón de 10 – 15 t / ha. La dosis de fertilizantes debe estar basada en los resultados del análisis de suelo, se menciona como referencia una dosis de fertilización 220 - 100 - 200 de NPK (Nicho y Condor, 2012).

#### **2.2.11. Cosecha y poscosecha**

##### **a) Índice de madurez**

La determinación de la madurez del bulbo de ajo se realiza en base al estado de las hojas terminales de la planta, se considera que cuando la vegetación se seca o se agosta en más de 1/3 del follaje, el bulbo está presto para ser recogido. La fase de maduración finaliza, no obstante, cuando las hojas terminales comienzan a secarse y pierden el porte erecto, comenzando a doblarse hacia el suelo. Se considera como otro índice de maduración cuando los dientes empiezan separarse entre sí en el interior del bulbo, tal como se observa en la subespecie *sagittatum* (pata de perro), pero esto puede causar que los dientes del



bulbo se abran por completo y pierdan su valor comercial (Nicho y Condor, 2012).

### **b) Cosecha**

El ajo se procede a cosechar a los 150 días en cultivares precoces y a los 210 días de la siembra en cultivares tardíos, cuando los bulbos están bien desarrollados. La recolección se realiza de dos formas: Arrancado manual y mecánico (Nicho y Condor, 2012).

- Arrancado manual: en esta forma de cosecha se procede arrancando las plantas a mano y dejándolas sobre el lomo del surco para su secado, esta actividad requiere alta demanda de mano de obra lo cual incrementa el costo de producción.
- Arrancado mecánico: esta labor se realiza con la ayuda de un tractor el cual utilizando una reja con aletas planas procede al removido de las plantas a una profundidad de 15 cm del sistema radicular a fin de no dañar estas, esta actividad requiere bajo número de mano de obra, procediendo luego al sacudido de la tierra adherida al sistema radicular y el colocado de las plantas sobre el suelo para el secado del follaje (Nicho y Condor, 2012).

### **c) Curado**

Castillo (2020), indica que es la etapa posterior al arrancado y consiste en someter a los bulbos a temperaturas elevadas y baja humedad relativa para provocar la deshidratación de las hojas envolventes (catáfilas). Cuando estas han disminuido su coeficiente de conductividad hídrica, disminuye el flujo transpirado desde el bulbo y por lo tanto éste se mantiene turgente. Esta operación se inicia en el campo colocando (acordando) los bulbos en varias hileras, tapando unos con las hojas de los otros y evitar escaldaduras de sol. Al recolectar los bulbos no debe



de golpearse unos con otros para eliminar la tierra adherida, ocasiona daños por donde entran patógenos. La etapa de cura al sol con temperaturas de 20°C a 25°C y humedad ambiental entre 60 a 70% tiene una duración de 4-7 días, luego colocar las plantas bajo sombra por 10 a 20 días, para completar cicatrización de los dientes. (cura bajo sombra). Dependiendo de las condiciones de clima, del cultivar y del estado de la planta, a los 15 a 20 días después de la cosecha se procede al corte de follaje y a su clasificación para su comercialización. La clasificación para el mercado local exige dos categorías:

- Primera: con diámetros mayores de 3.5 a 4 cm.
- Segunda: con diámetro entre 2.5 a 3.5 cm

#### **d) Almacenamiento**

Se almacenarán a una determinada temperatura, ya que el objetivo es lograr que el estado de dormancia se prolongue, normalmente las temperaturas que fluctúan entre 7°C y 8°C y una humedad relativa de 60 a 70% son las ideales (Castillo, 2020).

#### **2.2.12. Abonos orgánicos**

El mantenimiento de la capacidad productiva del suelo requiere de prácticas adecuadas de nutrición vegetal y mejoramiento de suelos. Los abonos orgánicos son buenos para aportar materia orgánica al suelo, mejoran la microbiología, la textura, pero su aporte en nutrientes es relativamente bajo con respecto a los fertilizantes sintéticos (Ávarez *et al.*, 2010). Todos estos beneficios para el suelo y las plantas hacen importante investigar el aporte de los abonos orgánicos y sus efectos en los cultivos. Los estiércoles son usados tradicionalmente en los cultivos, por ser materiales locales y accesibles; sin

embargo, pueden presentar efectos indeseados en plantas, ambiente y la salud humana. Por ello, es recomendable su gestión y procesamiento para aplicar abonos orgánicos procesados (Huerta *et al.*, 2019). Existen distintas fuentes de materia orgánica, entre ellas el compost, la gallinaza, koripacha, vermicompost, entre otros. Estos abonos orgánicos suelen tener una relativa lenta liberación, la cual depende de factores medioambientales, edáficos y características propias de cada enmienda. La producción de abonos orgánicos actualmente es una oportunidad de negocio para proveedores de agricultores y grandes empresas que demandan estos insumos (Beyer *et al.*, 2021)

### **2.2.13. *Trichoderma* sp.**

El género *Trichoderma* son hongos filamentosos, oportunistas, de vida libre encontrados en una gran diversidad de ambientes (Harman *et al.*, 2004). Pertenecen al orden de los Hypocreales y a la división de los Ascomycota (Kredics *et al.*, 2003). En estado vegetativo presenta micelio con septos simples, son haploides y su pared está compuesta por quitina y glucano, se reproducen asexualmente por conidios, presentan conidióforos hialinos ramificados, fiálides simples o en grupos. Tiene la capacidad de producir clamidosporas en sustratos naturales que, son unicelulares, pero pueden unirse entre dos o más. Estas estructuras son de vital importancia para la sobrevivencia del género en el suelo bajo condiciones adversas. El organismo crece y se ramifica desarrollando hifas, de 5 a 10  $\mu\text{m}$  de ancho (Harman *et al.*, 2004).

Los hongos del género *Trichoderma* son cada vez más utilizados en la agricultura, ya que promueve el crecimiento y desarrollo de las raíces, la productividad de los cultivos, la resistencia al estrés abiótico y la absorción y uso de nutrientes (Harman *et al.*, 2004). Favorece el crecimiento de las plantas debido a que ha presentado



una formación de sideróforos quelatantes que permiten la disponibilidad de elementos hacia la planta como lo son: Ca, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO<sub>2</sub>, Cu y Zn, al igual que las hormonas reguladoras de crecimiento (Candelero *et al.*, 2015).

Se ha documentado que las especies de *Trichoderma* estimulan el crecimiento radical a través de la producción de ácido indol acético, la producción de compuestos volátiles como sesquiterpenos, lactonas, ésteres, tioalcoholes, tioésteres y ciclohexenos (Contreras *et al.*, 2009).

*Trichoderma* es un microorganismo candidato para la industria biotecnológica por poseer la capacidad de producir diversos metabolitos, además de adaptarse a diversas condiciones ambientales y sustratos (Martínez *et al.*, 2013).

#### **2.2.14. *Trichoderma* en la agrobiotecnología**

Las diferentes especies de *Trichoderma* logran la colonización de un hábitat determinado, para lo cual ejercen mecanismos de control por competencia directa, producción de metabolitos y enzimas, aumento en la resistencia sistémica, producción de sustancias promotoras del crecimiento vegetal y micoparasitismo. A continuación, se describen cada uno de ellos (Schuster & Schmoll, 2010; Rai *et al.*, 2016).

##### **Competencia**

La competencia por espacio y/o nutrientes en la rizosfera de la planta, ha sido considerada como uno de los mecanismos de biocontrol del género *Trichoderma* debido a que son capaces de colonizar la superficie de la raíz, penetrando en ella por los espacios intercelulares hasta la primera o la segunda capa de células (Saravanakumar *et al.*, 2017). Tiene una rápida tasa de desarrollo, lo que hace que sea un fuerte competidor por espacio a la hora de colonizar la rizosfera, además presenta resistencia a metabolitos generados por otras especies (plantas, bacterias



y hongos), compuestos fenólicos, y tóxicos como herbicidas, fungicidas y antibióticos (Harman *et al.*, 2004). Por otra parte, posee la capacidad de movilizarse y tomar los nutrientes del suelo, ejemplo de esto es la absorción del hierro por la producción de sideróforos altamente eficientes que funcionan como agentes quelantes (Sun *et al.*, 2016). Además, es muy versátil para utilizar diversos sustratos como fuente de carbono y nitrógeno, permitiendo su rápida proliferación en un medio (Rai *et al.*, 2016).

### **Producción de metabolitos secundarios**

Con el fin de sobrevivir y competir en su nicho ecológico, *Trichoderma* posee la capacidad de producir diversos metabolitos secundarios, como micotoxinas y más de 100 moléculas no polares y volátiles de bajo peso molecular con actividad antibiótica, tales como pironas, policétidos, terpenos, butenolidas, auxinas, esteroides y metabolitos derivados de aminoácidos, además de compuestos heterocíclicos e isocianuros (Jeleń *et al.*, 2013). También produce un impresionante repertorio de compuestos no volátiles, que comprenden algunos alcaloides y un número importante de antibióticos peptídicos. Cabe mencionar, que para la regulación de la producción de los metabolitos secundarios intervienen diferentes factores ambientales como lo son: pH, nutrientes, luz e impacto por lesiones mecánicas (Vinale *et al.*, 2008).

### **Resistencia sistémica en plantas**

El género *Trichoderma* ha demostrado ser simbiote de plantas, colonizando sus raíces y generando factores de comunicación químicos que inducen la invasión de las capas externas de la raíz (corteza) por las hifas del hongo (Yedidia *et al.*, 1999). Durante este proceso se induce la resistencia al ataque de patógenos e interacciones sistémicas dentro de la misma; es decir,



durante la penetración se estimula el sistema de defensa de la planta, lo que ocasiona un incremento en la producción de enzimas como la quitinasa, glucanasa y enzimas asociadas con la síntesis de fitoalexinas. Aunque este ascomiceto está restringido a las raíces, el follaje se vuelve resistente a las enfermedades (Yedidia *et al.*, 2003; Harman *et al.*, 2004).

### ***Trichoderma* como Promotor de crecimiento vegetal**

Las especies del género *Trichoderma* mejoran el crecimiento de las plantas, favoreciendo el desarrollo de la raíz, la captación de nutrientes y la resistencia al estrés abiótico, mejorando su productividad en campo hasta en un 300% (Bae *et al.*, 2009). Esto debido a la producción de fitohormonas (auxinas y citoquininas), la solubilidad y el aumento en la disponibilidad de fosfatos, micronutrientes y minerales tales como hierro, manganeso y magnesio (Contreras *et al.*, 2011). Igualmente mejora el verdor de las plantas, dando lugar a mayores tasas en la fotosíntesis por la formación de sustancias como ácido indol acético, ácido antranílico y ácido giberélico (Harman *et al.*, 2004; Harman, 2006).

### **Micoparasitismo**

El micoparasitismo es el tipo de interacciones biotróficas en el que los organismos se benefician a expensas de otros hongos, teniendo la capacidad de antagonizar, parasitar o incluso matar al hospedante. En este mecanismo pueden actuar los fenómenos de antibiosis y competencia, ocurriendo en cuatro etapas: Crecimiento quimiotrófico; donde *Trichoderma* crece en respuesta a algún estímulo de la hifa del hospedante o hacia un gradiente de químicos producidos por el mismo (Druzhinina *et al.*, 2011). Reconocimiento: en esta etapa las hifas de *Trichoderma* detectan la presencia de un posible huésped en el medio mediante lectinas específicas. Adhesión o enrollamiento y Actividad lítica: en la cual el



hongo crece rodeando al patógeno, posteriormente genera la formación de ovillos y apresorios, cuya función es la de atravesar la pared celular del hongo para favorecer la penetración de sus hifas las cuales utilizarán el contenido intracelular del hospedante a su favor. Esta etapa se encuentra acompañada de la producción de enzimas líticas extracelulares, fundamentalmente quitinasas, glucanasas y proteasas las cuales favorecen la ruptura de la pared celular (Samolski *et al.*, 2009; Kubicek *et al.*, 2011; Druzhinina *et al.*, 2011).

#### **2.2.15. Microorganismos eficientes**

Los microorganismos eficientes o EM son una combinación de microorganismos beneficiosos de origen natural y es un cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales y fisiológicamente compatibles unos con otros. Contiene principalmente organismos beneficiosos de cuatro géneros principales (Llanos, 2013, cita a González *et al.*, 2007):

- Bacterias fototróficas: sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas.
- Levaduras: Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división celular activa. Sus secreciones son sustratos útiles para microorganismos eficientes como bacterias ácido lácticas y actinomiceto.
- Bacterias productoras de ácido láctico: El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica.



- Hongos de fermentación: aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica

#### **2.2.16. Modo de acción de los microorganismos eficientes**

Hurtado (2001), manifiesta que los microorganismos eficientes actúan de manera que toman sustancias generadas por otros organismos basando en ello su funcionamiento y desarrollo. Las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por los microorganismos eficientes para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas. IDIAF (2009), expresa que a través de los efectos antioxidantes promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus. Los efectos antioxidantes de estos microorganismos pasan directamente al suelo e indirectamente a las plantas, manteniendo así la proporción de NPK y CN. Este proceso aumenta el humus contenido en el suelo, siendo capaz de mantener una elevada calidad de la producción.

#### **2.2.17. Aplicaciones de microorganismos eficientes**

IDIAF (2009), manifiesta que el mejor uso de EM en agricultura depende de la zona, la calidad del suelo, el clima, los métodos de cultivo y la irrigación, entre otros factores. Con la aplicación de EM el suelo retiene más agua. Este cambio implica una mejora de los cultivos que incrementan su resistencia al estrés hídrico en épocas de sequía o en suelos más arenosos. Esta mejora viene dada tanto por el incremento de materia orgánica en el suelo, reduciendo la porosidad, como consecuencia de la actividad microbiana, como por el equilibrio iónico que aporta EM al suelo, favoreciendo así la interacción de las cargas superficiales de la estructura física del suelo con las cargas iónicas del agua. El uso de EM incrementa tanto el crecimiento como la productividad del cultivo. Los principales



beneficios para los cultivos se originan en el mantenimiento de la materia orgánica durante la etapa de crecimiento. Los macro y micronutrientes solubles están más disponibles a causa de la rápida descomposición de las macromoléculas que los liberan.

### **En las plantas**

**Silva (2009)**, manifiesta que genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades, consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades, incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos, y promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas. Incrementa la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar.

### **En los suelos**

Silva (2009), expresa que los efectos de los microorganismos en el suelo, están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas, químicas, biológicas y supresión de enfermedades. Así pues, entre sus efectos se enmarcan en:

Efectos en las condiciones físicas del suelo: Acondicionador, mejora la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduce su compactación, incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua. De esta manera se disminuye la frecuencia de riego, tornando los suelos capaces de absorber 24 veces más las aguas lluvias, evitando la erosión, por el arrastre de las partículas.



## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

##### 3.1.1. Ubicación

El trabajo de investigación se realizó en terreno a campo abierto, ubicado a un costado del invernadero de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno.

##### **Ubicación política.**

- País : Perú
- Región : Puno
- Provincia : Puno
- Distrito : Puno

##### **Ubicación geográfica.**

- Latitud sur 15°50'15"
- Longitud oeste 70°01'18"
- Altitud 3812 m.s.n.m.

#### 3.2. TIPO DE ESTUDIO

La investigación fue del tipo experimental, fue conducido en campo, donde se utilizó los productos *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces para observar su efectividad en la mejora del rendimiento de ajo.

#### 3.3. MATERIALES EXPERIMENTALES

##### 3.3.1. Material experimental

- a) Semilla

Las semillas de ajo se obtuvieron de la región Arequipa, de la variedad morada.

b) Material biológico

- Cepas de *Trichoderma* sp; fue adquirido del Megalaboratorio de Sanidad Vegetal de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- Microorganismos eficaces (EM); fue adquirido de una tienda comercial garantizada BIOEM S.A.C.

### 3.4. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

**Tabla 1.** Factores en estudio con sus respectivas dosis

N° de tratamiento	Dosis de <i>Trichoderma</i> sp.	Dosis de Microorganismos eficaces
T1	DT0 = 0 kg/ha	DM0 = 0.0 %
T2	DT0 = 0 kg/ha	DM1 = 10%
T3	DT0 = 0 kg/ha	DM2 = 15%
T4	DT1 = 3 kg/ha	DM0 = 0.0 %
T5	DT1 = 3 kg/ha	DM1 = 10%
T6	DT1 = 3 kg/ha	DM2 = 15%
T7	DT2 = 4 kg/ha	DM0 = 0.0 %
T8	DT2 = 4 kg/ha	DM1 = 10%
T9	DT2 = 4 kg/ha	DM2 = 15%

### 3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental fue en Bloques completos al azar con un arreglo factorial de tres niveles de *Trichoderma* sp (0, 3 y 4 kg/ha) por tres niveles de EM (0,10 y 15%), con un total de 9 tratamientos conducido bajo 3 repeticiones (bloques), con un total de 27 unidades experimentales. Siendo el modelo estadístico el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$
$$i=1,2,\dots,a; j=1,2,\dots,b; k=1,2,\dots,r$$

Donde:

$Y_{ijk}$  : Variable respuesta de la k-ésima observación bajo el j-ésimo nivel de factor B, sujeto al i-ésimo nivel de tratamiento A.

$\mu$  : Constante, media de la población a la cual pertenecen las observaciones.

$\alpha_i$  : Efecto del del i-ésimo nivel del factor A.



$\beta_j$  : Efecto del j-ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\beta)_{ij}$  : Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A, en el j-ésimo nivel del factor B.

$\varepsilon_{ijk}$  = Efecto del error experimental.

Siendo el análisis de varianza para un DBCA con arreglo factorial, el siguiente:

**Tabla 2.** ANVA para un diseño BCA con arreglo factorial

F. de V.	GL
Bloques	$r-1 = 3-1=2$
A (Dosis de <i>Trichoderma</i> sp.)	$a-1 = 3-1=2$
B (Dosis de Microorganismos eficaces)	$b-1 = 3-1=2$
A x B	$(a-1)(b-1) = 2 \times 2 = 4$
Error experimental	$(ab-1)(r-1) = (3 \times 3-1)(3-1) = 16$
Total	$abr - 1 = (3 \times 3 \times 3) - 1 = 26$

### 3.6. DIMENSIONES DEL CAMPO EXPERIMENTAL

#### De la unidad experimental

- Número de surcos : 5
- Distancia entre surcos : 0.30 m
- Distancia entre plantas : 0.12 m
- Número de dientes de ajo/surco : 08
- Ancho : 1.00 m
- Largo : 1.50 m
- Área : 1.50 m<sup>2</sup>
- Distancia entre unidades exp. : 0.30 m

#### De las repeticiones

- Ancho : 1.5 m
- Largo : 11.40 m
- Área : 17.10 m<sup>2</sup>
- Numero de repeticiones : 03
- Distancia entre repeticiones : 0.5 m

#### Del área experimental

- Ancho : 5.50 m
- Largo : 11.40 m





- Área total : 62.70 m<sup>2</sup>

### 3.7. CONDUCCIÓN EL EXPERIMENTO

#### a) Preparación suelo.

La preparación de suelo del campo experimental se realizó a una profundidad de 20 cm aproximadamente, prosiguiendo con la nivelación del campo con la ayuda de rastrillos y tablonces de madera en toda el área destinada para el experimento (62.70 m<sup>2</sup>).

#### b) Delimitación del campo experimental

Para la delimitación se utilizó yeso y una wincha de 10 m. luego se realizó la distribución de los bloques con calles de 30 cm y cada unidad experimental consta de 1 m x 1.50 m (1.50 m<sup>2</sup>)

#### c) Plantación

Se seleccionaron los dientes de ajo más grandes y sanos, los cuales fueron sembrados a una profundidad de 4 cm y a una distancia de 12 cm de separación entre dientes

#### Labores culturales

Se realizó el deshierbe de malezas en forma oportuna de manera manual, así mismo se hizo el riego por surcos. También se realizó el aporque cuando las plantas tenían una altura de 10 a 15 cm (2-5 hojas) y cuando tenían 5 a 7 hojas por planta durante la formación del bulbo.

#### d) Dosis de aplicación de insumos

- Las dosis de *Trichoderma* sp. fueron de 3 y 4 kg/ha,
- Las dosis por parcela de 1.50m<sup>2</sup> fueron de 0.54 g para la dosis de 3 kg/ha y de 0.72 g para la dosis de 4 kg/ha. Para la aplicación de *Trichoderma* sp., se procedió al lavado de conidios con 360 ml de agua, seguidamente se utilizó el



líquido conteniendo conidios para su respectiva aplicación.

- Las dosis de Microorganismos eficaces fueron de 10% y 15%; para la aplicación de las dosis, primero se procedió a su activación, de acuerdo al siguiente procedimiento:

Activación del EM; Los materiales que se emplearon para la activación de los microorganismos eficaces fueron: EM-1, melaza y agua hervida. El procedimiento consistió en mezclar 100 ml de EM-1, 100 ml de melaza en 800 ml de agua para la concentración del 10%; y de 150 ml de EM-1, 150 ml de melaza para la concentración del 15% en 700 ml de agua, el cual se hizo fermentar por 7 días bajo sombra en un recipiente cerrado. A partir del tercer día, se hizo escapar el aire del recipiente cerrado, una vez por día, con el propósito de evitar la presión interna del recipiente como consecuencia del fermentado por parte de los microorganismos encargados de la descomposición de la materia orgánica; quedando activado el EM, cuando ya no se apreció la presión del aire en el interior del recipiente, denominándose al producto final Microorganismos Eficaces Activado (EMa) listo para su aplicación.

**e) Aplicación de insumos (*Trichoderma sp* y Microorganismos eficaces)**

Los insumos (tratamientos en estudio), se aplicaron en tres oportunidades, vía foliar:

- 15 días después de la siembra
- Fase fenológica de crecimiento vegetativo: emisión de hojas
- Fase fenológica de bulbificación: inicio de formación de bulbos

**f) Evaluación del cultivo**

Se evaluó el estado del cultivo semanalmente, verificando la presencia de malezas, plagas y enfermedades.



**g) Cosecha**

El bulbo se cosechó cuando las hojas se tornaron amarillos en madurez fisiológica, faltando diez días para la cosecha aproximadamente se suspendió el riego; la cosecha se realizó de forma manual con ayuda de picos, evitando dañar a los bulbos.

**3.8. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN POR OBJETIVOS**

**a) Primer objetivo: Evaluar el efecto de los microorganismos *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM) en el rendimiento de ajo en condiciones de campo en Puno.**

- Variable independiente: *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM)
- Variables dependientes o de respuesta: Rendimiento de ajo (kg/ha)
- Método de evaluación: Cosecha manual de bulbos por tratamiento
- Se cosecharon dos plantas por surco, obteniéndose 10 plantas por unidad experimental, el peso promedio por planta se expresó en kg/planta y kg/unidad experimental, para finalmente expresarlos en kg/ha.
- Los datos fueron registrados en una planilla previamente elaborada.

**Análisis de datos**

- Los datos de cosecha fueron analizados mediante el análisis de varianza y prueba de comparación de medias al 95% de confiabilidad usando un software estadístico libre.

**b) Segundo objetivo: Determinar el efecto de los microorganismos *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM) en altura de planta, tamaño de bulbo y número de dientes en condiciones de campo en Puno.**

- Variable independiente: *Trichoderma* spp. y Microorganismos eficaces



(EM)

- Variable de respuesta: altura de planta (cm), diámetro de bulbo (cm), número de dientes por bulbo (N°)
- Método de evaluación:

La altura de planta se midió utilizando una cinta métrica desde la superficie del suelo hasta el ápice superior más alto de las hojas de cada planta.

El diámetro polar se midió de la parte inferior hasta la parte superior (desde el disco basal hasta el tallo folioso) y el ecuatorial se midió en el cuerpo del bulbo a toda la circunferencia de bulbo de ajo utilizando un vernier, luego se procedió a contar el número de dientes por bulbo para lo cual se tomaron dos bulbos de ajo por cada surco haciendo en total 10 bulbos por unidad experimental.

Los datos fueron registrados en una planilla previamente elaborada.

### **Análisis de datos**

Los datos de las mediciones y conteo se analizaron mediante análisis de varianza y prueba de comparación de medias al 95% de confiabilidad usando un software estadístico libre

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. OBJETIVO 01

##### 4.1.1. Evaluar el efecto de los microorganismos *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM) en el rendimiento de ajo en condiciones de campo en Puno.

En la tabla 3, se observa el ANVA para pesos de bulbo/planta de ajo por efecto de los microorganismos *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM), en donde se aprecia que entre bloques existe diferencia estadística altamente significativa, entendiéndose que existe diferencia entre bloques para peso de bulbos. Para el factor Dosis de *Trichoderma* sp. (DT) no se visualiza diferencias estadísticas significativas, indicando que se tiene similar peso de bulbos. Para factor Dosis de EM (DM), se muestra diferencias estadísticas significativas, indicando que se tiene diferente peso de bulbos. En la interacción DT x DM, existe diferencias estadísticas altamente significativas, indicando que ambos factores actúan de forma dependiente sobre el peso de bulbos. El coeficiente de variación (CV) es igual a 10.96% lo que nos indica que los datos analizados son confiables para este tipo de experimentos en campo (Vásquez, 2013).

**Tabla 3.** ANVA para peso de bulbo/planta de ajo por efecto de los microorganismos de *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM)

F.V.	GL	SC	CM	F	P-Valor	Sig.
Bloques	2	269.18	134.59	8.67	0.0028	**
Dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT)	2	62.65	31.32	2.02	0.1653	n.s.
Dosis de EM (DM)	2	115.44	57.72	3.72	0.0472	*
DT x DM	4	188.12	47.03	3.03	0.0488	*
Error	16	248.31	15.52			
Total	26	883.71				

CV=10.96%

La tabla 4, muestra la Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para peso de bulbo de ajo por efecto de Microorganismos eficaces (EM), donde se visualiza que la dosis de EM al 10% tuvo el peso de bulbos con 37.50 g/planta, seguido de la dosis de EM al 15% con 37.31 g/planta, los cuales estadísticamente son similares y superiores al testigo EM al 0% con menor peso de bulbos con 33.02 g/planta.

**Tabla 4.** Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para peso de bulbo/planta de ajo por efecto de los microorganismos de *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM).

Orden de merito	Dosis de EM	Prom. de Rdto (g/planta)	Prom. de Rdto (kg/ha)	Sig. $P \leq 0.05$
1	DM1 = 10%	37.50	9999.35	a
2	DM2 = 15%	37.31	9947.94	a
3	DM0 = 0%	33.02	8805.01	B

Los resultados obtenidos en la investigación difieren a lo reportado por Huamán (2019) quien, al probar diferentes dosis de EM, encontró que la dosis de “15 ml de EM por 270 ml de agua” tuvo mayor peso de bulbos de 459.18g; seguido de la dosis de EM “10 ml de EM por 180 ml de agua” con 194.69g y en último lugar se ubica la interacción “dosis de EM “Testigo” con 168.62g, respaldando que se tiene diferencias en peso al utilizar diferentes dosis de EM.

Por su parte Guzmán y Huaman (2019), al probar fitohormonas, hallaron diferencias donde la variedad Napuri con la aplicación de la fitohormona Biozyme obtuvo mayor peso de bulbos de 67.00 g, seguido de la variedad Chino con la aplicación de la fitohormona Biozyme con 64.57 g, siendo superiores a la variedad Napurí y Chino sin fitohormona con 42.83g y 41.63 g respectivamente. Los resultados obtenidos son diferentes a lo encontrado en la investigación y su

diferencia se debería al efecto de las fitohormonas, los cuales tienen diferentes efectos en la plata a comparación de los microorganismos eficaces.

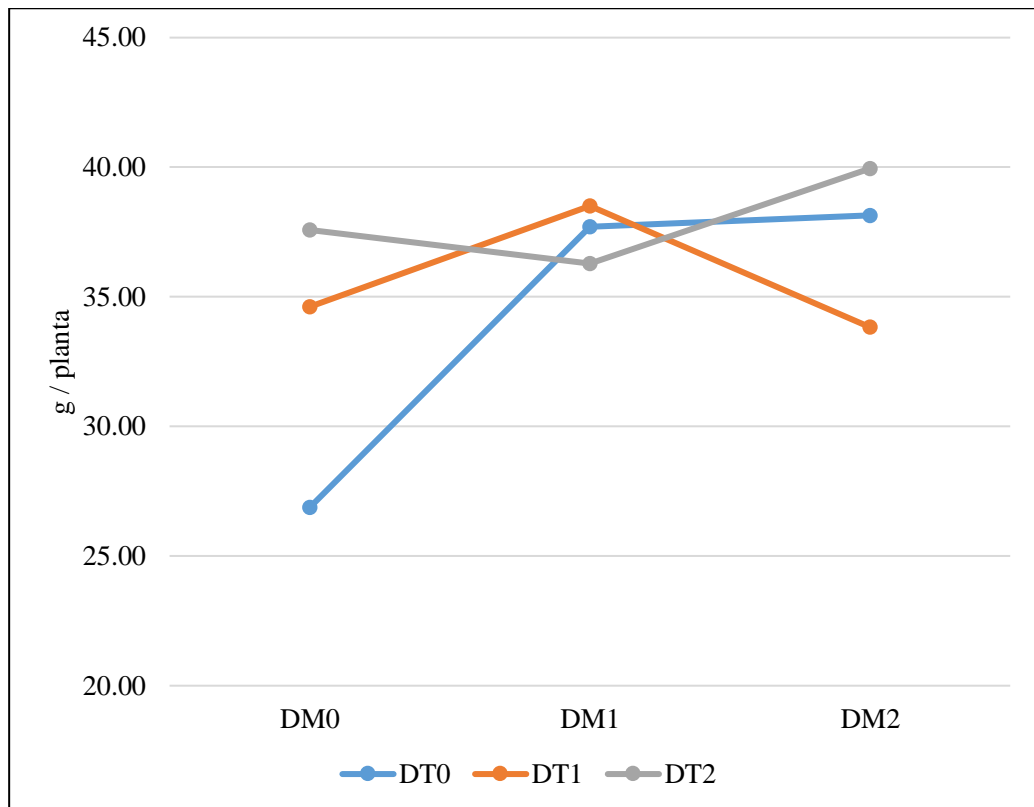
Finalmente, Hernández (2014), quien al usar diversas dosis de EM en cultivo de cebolla china obtuvo diferencias estadísticas en rendimiento de bulbos respecto al testigo, obteniendo el mayor rendimiento con la dosis de 2.5 l/ha de 25 312.5 kg/ha, mientras que el testigo obtuvo 22100.9 kg/ha de rendimiento de bulbos; estos resultados confirman el efecto del EM respecto al testigo, viéndose claramente los resultados en rendimiento; lo cual también se ha obtenido en la investigación.

Al observar que existe efectos de la interacción por los dos factores en estudio, el ANVA para peso de bulbo/planta de ajo por efecto de los microorganismos *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM) (Tabla 3), los efectos principales pierden interés al igual que los efectos de la doble interacción, por lo cual se procedió a realizar el análisis de varianza de efectos simples de la interacción dosis de *Trichoderma* sp. (DT) dosis de EM (DM) (Tabla 5).

**Tabla 5.** Método tabular para la interacción dosis de *Trichoderma* sp. (DT) dosis de EM (DM)

		Dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT)			
		DT0	DT1	DT2	Prom
Dosis de EM (DM)	DM0	26.87	34.61	37.57	33.02
	DM1	37.70	38.51	36.28	37.50
	DM2	38.14	33.83	39.95	37.31
Prom.		34.24	35.65	37.94	

El gráfico para la interacción se presenta a continuación:



**Figura 1** .Interacción de los factores dosis de *Trichoderma* sp. (DT) dosis de EM (DM)

En la tabla 5 y figura 1, se observa la interacción de los factores en estudio con sus diferentes sub niveles, visualizándose lo siguiente:

- La línea azul de la dosis de *Trichoderma* sp (DT0) respecto a las dosis de EM, se tiene un aumento del peso de bulbos conforme se aumenta la dosis de EM de 10 % y 15% de EM.
- Mientras que la línea de color naranja de la dosis de *Trichoderma* sp (DT1) tiene un aumento en el peso de bulbos con la Dosis de EM (DM1=10 % de EM), luego se ve que disminuye con la dosis de EM (DM2=15 % de EM).
- La línea de color plomo de la dosis de *Trichoderma* sp (DT2), tiene una ligera disminución en el peso de bulbos con la Dosis de EM (DM1=10 % de EM), luego se ve que aumenta con la dosis de EM (DM2=15 % de EM).



**Tabla 6.** Análisis de varianza de efectos simples para la interacción dosis de *Trichoderma* sp. (DT) dosis de EM (DM) sobre el peso de bulbo de ajo

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F	Sig.
Efecto simple de las dosis de EM						
(DM) dentro de la dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT0=0 kg/ha)	2	244.47	122.24	7.87	0.0042	**
Efecto simple de las dosis de EM						
(DM) dentro de dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT1=3 kg/ha)	2	37.94	18.97	1.22	0.3211	n.s
Efecto simple de las dosis de EM						
(DM) dentro de dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT2= 4 kg/ha)	2	20.74	10.37	0.67	0.5269	n.s.
Efecto simple de las dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT) dentro de dosis de EM (DM0 = 0%)						
<i>Trichoderma</i> sp. (DT) dentro de dosis de EM (DM0 = 0%)	2	184.37	92.16	5.93	0.0118	*
Efecto simple de las dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT) dentro de dosis de EM (DM1= 10%)						
<i>Trichoderma</i> sp. (DT) dentro de dosis de EM (DM1= 10%)	2	7.64	3.82	0.25	0.7849	n.s.
Efecto simple de las dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT) dentro de dosis de EM (DM2=15%)						
<i>Trichoderma</i> sp. (DT) dentro de dosis de EM (DM2=15%)	2	59.47	29.73	1.91	0.1799	n.s.

La interpretación respecto a la Tabla 6, sería:

- Las dosis de EM dentro de la dosis de *Trichoderma* sp. (DT0= 0 kg/ha): se encontró diferencia estadística altamente significativa en el peso de bulbo de ajo entre los niveles de las dosis de EM (DM0=0%, DM1=10% y DM2=15%), bajo el nivel DT0=0 kg/ha; es decir la dosis de DT0 es



- dependiente de los niveles de EM para el peso de bulbo de ajo.
- Las dosis de EM dentro de la dosis de *Trichoderma* sp. (DT1= 3 kg/ha): no se encontró diferencia estadística significativa en el peso de bulbo de ajo entre los niveles de las dosis de EM (DM0=0%, DM1=10% y DM2=15%), bajo el nivel DT1=3 kg/ha; es decir la dosis de DT1 es independiente de los niveles de EM para el peso de bulbo de ajo.
  - Las dosis de EM dentro de la dosis de *Trichoderma* sp. (DT2= 4 kg/ha): se encontró diferencia estadística significativa en el peso de bulbo de ajo entre los niveles de las dosis de EM (DM0=0%, DM1=10% y DM2=15%), bajo el nivel DT2=4 kg/ha; es decir la dosis de DT2 es independiente de los niveles de EM para el peso de bulbo de ajo.
  - La dosis de *Trichoderma* sp. dentro de la dosis de EM (DM0=0%): se encontró diferencia estadística significativa en el peso de bulbos de ajo entre los niveles de las dosis de *Trichoderma* sp. (DT0= 0kg/ha, DT1=3 kg/ha y DT2=4kg/ha), bajo el nivel DM0= 0%; es decir la dosis de EM (DM0=0%); es dependiente de los niveles de *Trichoderma* sp. para el peso de bulbo de ajo.
  - La dosis de *Trichoderma* sp. dentro de la dosis de EM (DM1=10%): no se encontró diferencia estadística significativa para el peso de bulbo de ajo entre los niveles de las dosis de *Trichoderma* sp. (DT0= 0kg/ha, DT1=3 kg/ha y DT2=4 kg/ha), bajo el nivel DM1= 10%; es decir la dosis de EM (DM1=10%); es independiente de los niveles de *Trichoderma* sp. para el peso de bulbo de ajo.
  - La dosis de *Trichoderma* sp. dentro de la dosis de EM (DM2=15%): no se encontró diferencia estadística significativa en el peso de bulbo de ajo entre

los niveles de las dosis de *Trichoderma* sp. (DT0= 0kg/ha, DT1=3 kg/ha y DT2=4 kg/ha), bajo el nivel DM2= 15%; es decir la dosis de EM (DM2=15%); es independiente de los niveles de *Trichoderma* sp. para el peso de bulbo de ajo.

La tabla 7, muestra la Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para peso de bulbo de ajo por efecto de los microorganismos *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM), donde se visualiza que todas las interacciones por orden de mérito del 1 al 8, estadísticamente son similares y superiores al testigo, confirmando el resultado de análisis de varianza de efectos simples donde hubo diferencias estadísticas solamente en el efecto simple de las dosis de EM (DM) dentro de la dosis de *Trichoderma* sp. (DT0=0 kg/ha) y en el efecto simple de las dosis de *Trichoderma* sp. (DT) dentro de dosis de EM (DM0 = 0%).

Además, se observa que la interacción conformada por la dosis de 4 kg/ha de *Trichoderma* sp. más la dosis de EM al 15% tuvo el mayor peso/planta con 39.97g, seguido de las interacciones de 3 kg/ha de *Trichoderma* sp. más la dosis de EM al 10% y la interacción de 0 kg/ha de *Trichoderma* sp. al 15% con pesos de bulbo de 38.53g. y 38.13 g. respectivamente, siendo superiores en especial al testigo con menor peso de bulbo/planta (26.87 g).

Los resultados obtenidos en la investigación al combinar dosis de *Trichoderma* con EM son diferentes a lo hallado por Huaman (2019), quien obtuvo un rendimiento diferenciado en ajo al usar dosis de EM en diferentes sustratos, donde con una dosis de 15 ml (EM) con S2 (tierra negra + estiércol de ovino) obtuvo 21641.39kg/ha, con una dosis de 15 ml de EM con S4(tierra negra+ estiércol de ovino+ estiércol de vacuno) obtuvo 17366.39kg/ha, con una dosis de

15 ml de EM con S1(tierra negra) con 6041.94kg/ha y con una dosis de 15 ml de EM con S3(tierra negra+ estiércol de vacuno) con 5969.72 kg/ha.

**Tabla 7.** Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para peso de bulbo/planta de ajo por efecto de los microorganismos *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM).

Orden de merito	Dosis de <i>Trichoderma</i> sp.	Dosis de EM	Prom. de Rdto (g/planta)	Prom. de Rdto (kg/ha)	Sig. $P \leq 0.05$
1	DT2 = 4 kg/ha	DM2 = 15%	39.97	10652.89	a
2	DT1 = 3 kg/ha	DM1 = 10%	38.53	10268.71	a
3	DT0 = 0 kg/ha	DM2 = 15%	38.13	10171.29	a
4	DT0 = 0 kg/ha	DM1 = 10%	37.70	10054.40	a
5	DT2 = 4 kg/ha	DM0 = 0%	37.57	10019.29	a
6	DT2 = 4 kg/ha	DM1 = 10%	36.27	9674.93	a
7	DT1 = 3 kg/ha	DM0 = 0%	34.63	9229.33	a
8	DT1 = 3 kg/ha	DM2 = 15%	33.83	9019.64	a
9	DT0 = 0 kg/ha	DM0 = 0%	26.87	7166.40	b

Los resultados claramente muestran un efecto diferenciado al usar diferentes fuentes de aplicación de abonos en el cultivo de ajo.

Los resultados obtenidos en la investigación son respaldados por Montenegro (2017), quien, al aplicar diferentes abonos orgánicos, obtuvo diferencias, donde al aplicar Eco abonaza tuvo 57.89 g, seguido de Bocashi con 53.56 g y té de estiércol con 59.78 g. Soto (2018), obtuvo el mayor rendimiento promedio proyectado con la variedad arequipeña con 7.256.27 kg/ha a comparación de otras variedades. Estos resultados también evidencian que va a existir un efecto diferente si nos referimos a las dosis de aplicación, así como de diferentes fuentes de abonamiento en el cultivo.



La diferencia en el rendimiento entre los tratamientos estudiados respecto al testigo, es respaldado por la inoculación del hongo *Trichoderma* sp, lo cual favoreció el rendimiento de los tratamientos, esto podría deberse a la estimulación del crecimiento que se dio por la presencia del ácido indolacético cuya función es de regular el crecimiento, así como ácidos orgánicos que al encontrarse en la rizósfera favorecen la absorción y disponibilidad de los nutrientes (Valencia *et al.*, 2005).

Corona (2018), al inocular tres cepas a evaluar y un testigo, y cada uno de ellos con una fertilización al 100, 75, 50 y 0% respectivamente, obtuvo diferencias en el rendimiento de bulbos en cultivo de cebolla, lo que corrobora que al mezclar diferentes abonos orgánicos se tendrá efectos diferenciables en el rendimiento.

Con los resultados obtenidos se evidencia el efecto de *Trichoderma* sobre el cultivo, ya que este hongo tiene la capacidad de aumentar el crecimiento y productividad de algunos cultivos; y estos efectos se consiguen gracias a la inducción de los metabolitos secundarios que tienen actividades similares a las auxinas y al ácido indolacético (Contreras *et al.*, 2009).

Sin embargo Rueda (2013), quien al probar diferentes dosis de fertilizante bajo la formulación de 18-46-0, obtuvo diferencias en rendimiento de bulbos, de 5469,90 kg/ha con a dosis de 1.08 kg, 5930,99 kg/ha con la dosis de 1.2 kg y 6399,78 kg/ha con la dosis de 1.32 kg y de 5242,76 kg/ha sin aplicación a los 120 días de evaluación en la variedad Ambateño y en la variedad Perla se tuvo de 7315,62 kg/ha con a dosis de 1.08 kg, 8003,84 kg/ha con la dosis de 1.2 kg, 7417,87 kg/ha con la dosis de 1.32 kg y de 6769,68 kg/ha sin



aplicación. Estos resultados demuestran que al probar diferentes dosis o formulaciones de productos orgánicos y/o químicos en combinación se tiene resultados diferentes.

## **4.2. OBJETIVO 02**

### **4.2.1. Determinar el efecto de los microorganismos *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM) en la altura de la planta, tamaño de bulbo y número de dientes de ajo en condiciones de campo en Puno.**

#### **4.2.1.1. Altura en la planta**

En la tabla 8, se observa el ANVA para altura de planta de ajo por efecto de los microorganismos de *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM), en donde se aprecia que entre bloques no existe diferencia estadística significativa, entendiéndose que no existe diferencia entre bloques para altura de planta. Para el factor Dosis de *Trichoderma* sp. (DT) se visualiza diferencias estadísticas significativas, indicando que se tiene diferente altura de planta. Para factor dosis de EM (DM), se muestra diferencias estadísticas significativas, indicando que se tiene diferente altura de planta. En la interacción DT x DM, no existe diferencias estadísticas significativas, indicando que ambos factores actúan de forma independiente sobre altura de planta. El coeficiente de variación (CV) igual a 3.43% nos indica que los datos analizados son confiables para este tipo de experimentos en campo (Vásquez, 2013).

**Tabla 8.** ANVA para altura de planta de ajo por efecto de los microorganismos *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM)

F.V.	GL	SC	CM	F	P-Valor	Sig.
Bloques	2	7.87	3.94	1.23	0.3195	n.s.
Dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT)	2	35.98	17.99	5.60	0.0143	*
Dosis de EM (DM)	2	26.03	13.01	4.05	0.0376	*
DT x DM	4	10.53	2.63	0.82	0.5312	n.s.
Error	16	51.36	3.21			
Total	26	131.76				

CV=3.43%

La tabla 9, muestra la Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para altura de planta de ajo por efecto de *Trichoderma* sp., donde se visualiza que la dosis de DT1 de 3 kg/ha tuvo la mayor altura de planta de 53.11 cm, seguido de la dosis de DT2 de 4 kg/ha con 53.06 cm, los cuales estadísticamente son similares y superiores al testigo DT0 de 0 kg/ha con menor altura de planta de 50.64 cm.

**Tabla 9.** Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para altura de planta de ajo por efecto de los microorganismos *Trichoderma* sp.

Orden de merito	Dosis de <i>Trichoderma</i> sp.	Prom. de altura de planta (cm)	Sig. $P \leq 0.05$
1	DT1= 3 kg/ha	53.11	a
2	DT2 = 4 kg/ha	53.06	a
3	DT0 = 0 kg/ha	50.64	b

Los resultados obtenidos son diferentes al reporte de Guzmán y Huaman (2019), al probar fitohormonas, encontraron que la variedad chino con la aplicación de la fitohormona Biozyme obtuvo la mayor altura de planta de 62.50 cm, seguido de la variedad Napurí con la aplicación de la fitohormona Biozyme con 61.67 cm, siendo superiores a la variedad Napurí y Chino sin fitohormona con 47.93 y 48.31 cm respectivamente.

Al respecto Bae *et al.* (2009), indican que las especies del género *Trichoderma* mejoran el crecimiento de las plantas, favoreciendo el desarrollo de la raíz, la captación de nutrientes y la resistencia al estrés abiótico, mejorando su

productividad en campo y es por ello que se tiene buena respuesta en crecimiento de planta.

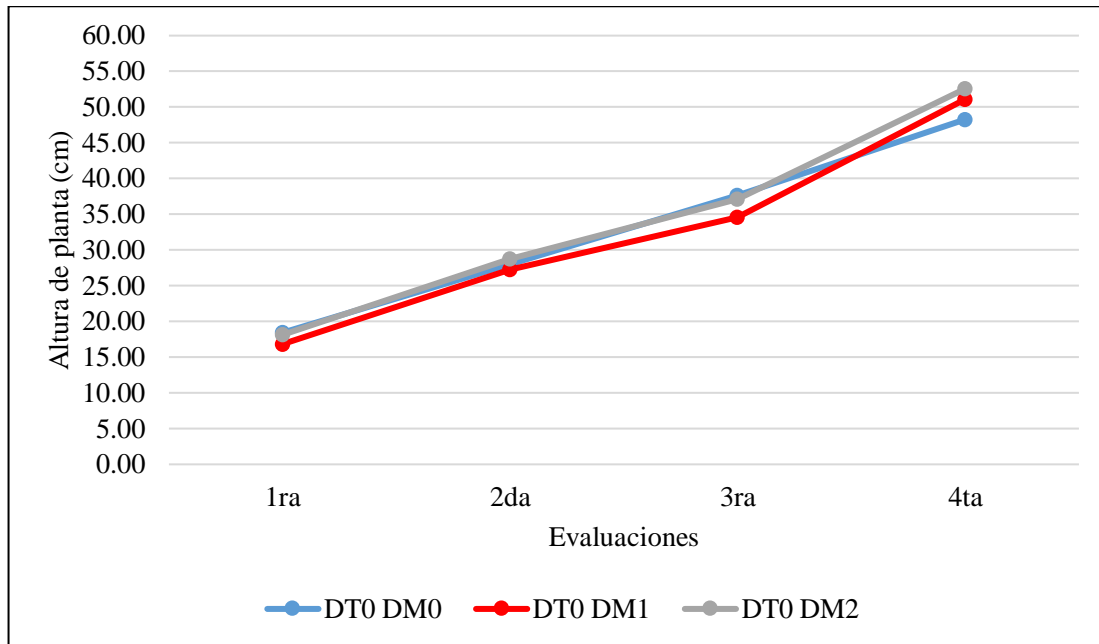
La tabla 10, muestra la Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para altura de planta de ajo por efecto de Microorganismos eficaces (EM), donde se visualiza que la dosis de DM2 al 15% tuvo la mayor altura de planta con 53.08 cm, seguido de la dosis de DM1 al 10% con 52.84 cm, los cuales estadísticamente son similares y superiores al testigo DM0 al 0% con menor altura de planta de 50.89cm.

**Tabla 10.** Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para altura de planta de ajo por efecto de los microorganismos *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM).

Orden de merito	Dosis de EM	Prom. de altura de planta (cm)	Sig. $P \leq 0.05$
1	DM2 = 15%	53.08	a
2	DM1 = 10%	52.84	a
3	DM0 = 0%	50.89	b

Los resultados obtenidos son respaldados por Huamán (2019), al probar diferentes dosis de EM, reporta que la dosis “15 ml de EM por 270 ml de agua” tuvo mayor altura de planta de 25.92 cm; seguido de la dosis de EM “10 ml de EM por 180 ml de agua” con 24.09 cm; y en último lugar se ubica la interacción “dosis de EM “Testigo” con 22.78 cm, corroborando que las dosis si influyen en el crecimiento del cultivo. Montenegro (2017), quien, a aplicar diferentes abonos orgánicos, obtuvo diferencias, donde con Eco abonaza tuvo 23.51 cm, seguido de Bocashi con 23.47 cm y te de estiércol con 24.96 a los 90 días después de la última frecuencia de aplicación.

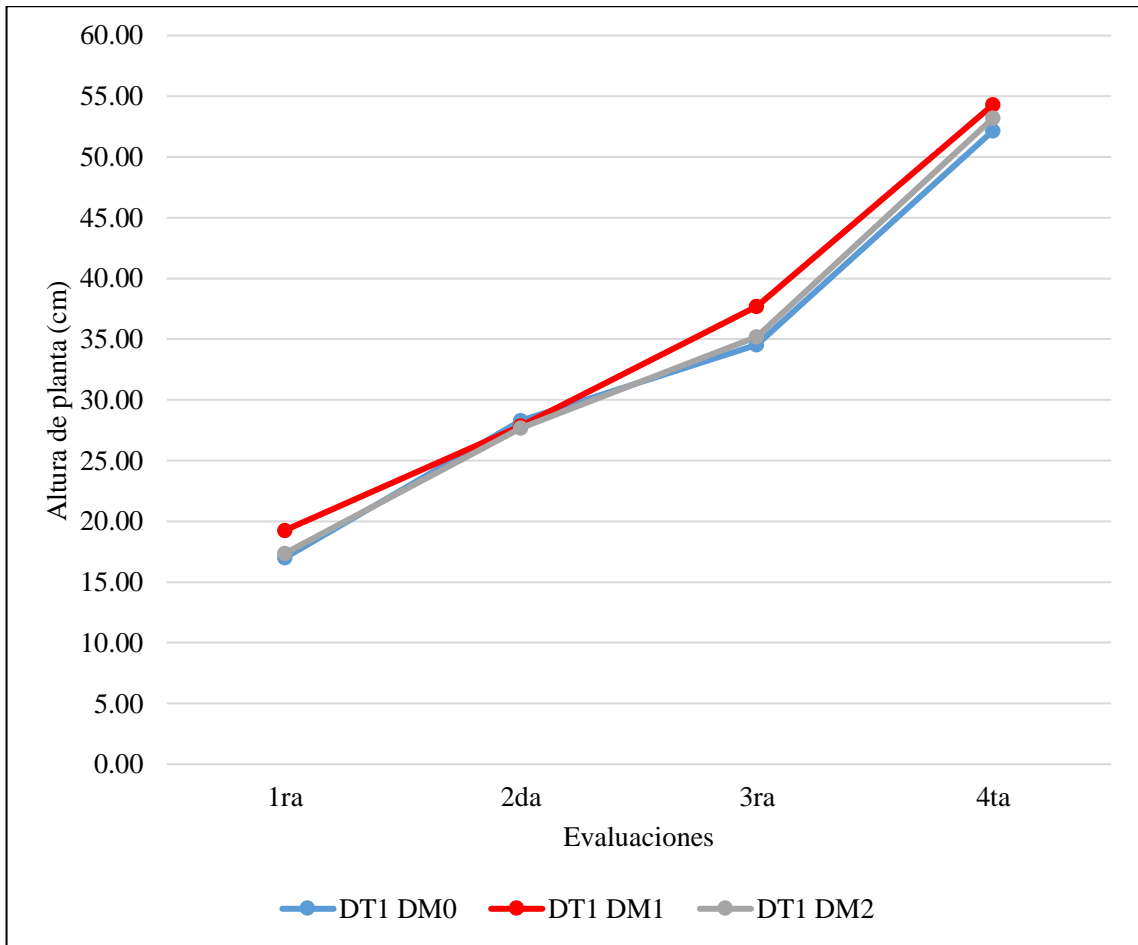




**Figura 2.** Altura de planta por cada evaluación respecto a la aplicación sin *Trichoderma* sp. con las tres dosis de EM

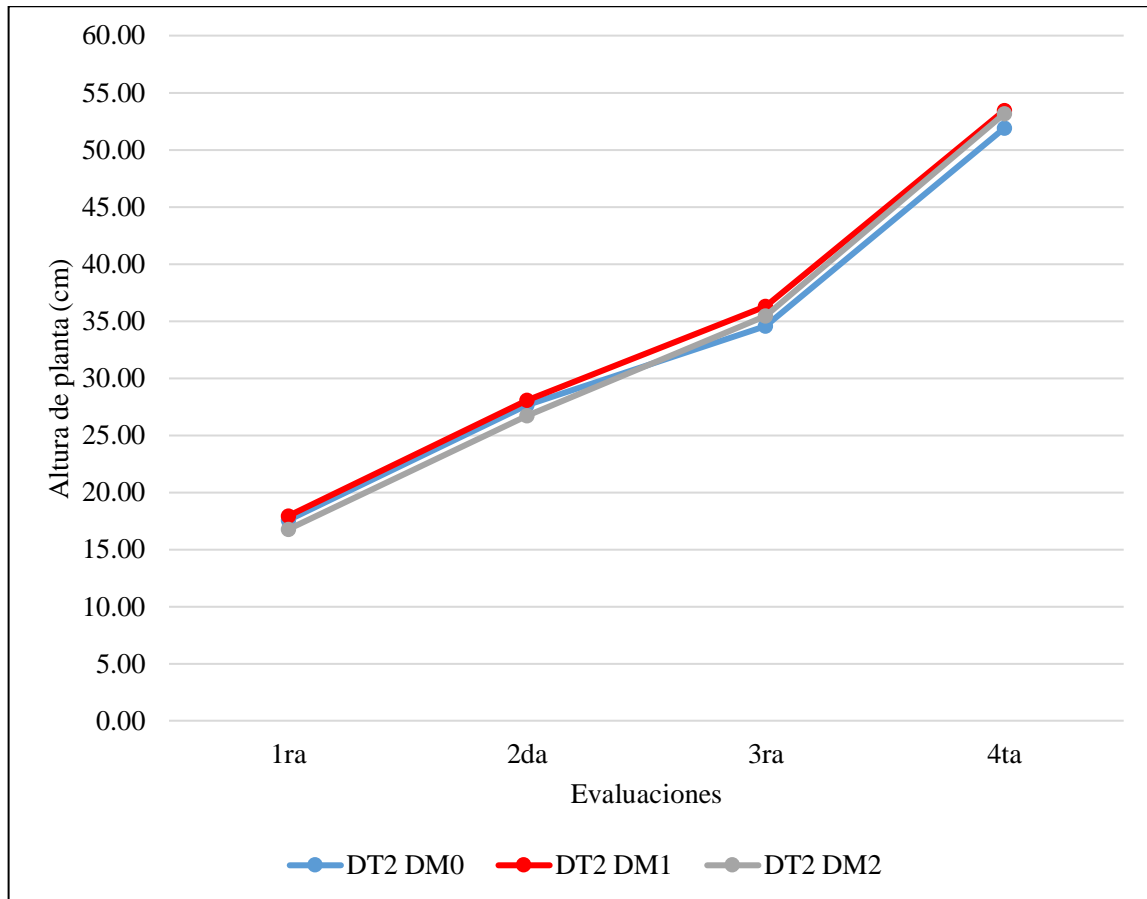
En la figura 2, se observa el crecimiento de ajo sin la aplicación de *Trichoderma* sp. bajo las tres dosis de EM, donde la dosis de DM2 al 15% tuvo mayor influencia en el crecimiento en la última evaluación, seguido de la dosis de DM1 al 10% y el testigo sin DM0 obtuvo menor crecimiento.

En la figura 3, se observa el crecimiento de ajo con la aplicación de la dosis de *Trichoderma* sp. de 4 kg/ha bajo las tres dosis de EM, donde la dosis de EM al 10% tuvo mayor influencia en el crecimiento en la última evaluación, seguido de la dosis de EM al 15% y el testigo sin EM obtuvo menor crecimiento.



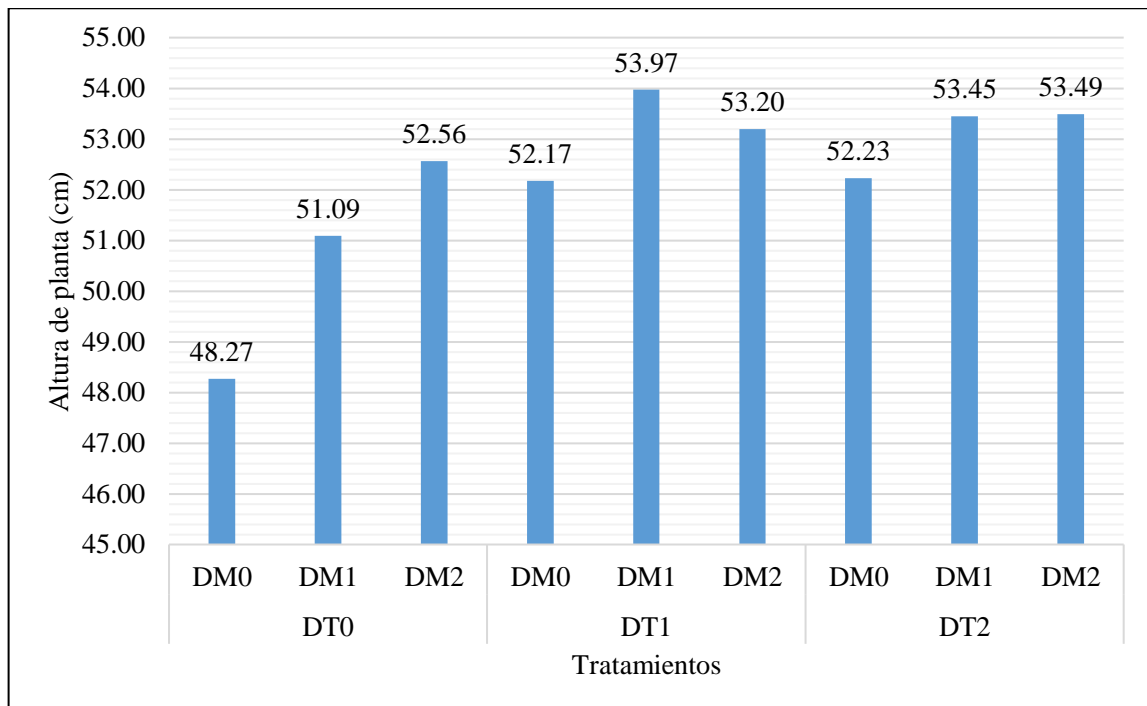
**Figura 3.** Altura de planta por cada evaluación respecto a la dosis de *Trichoderma* sp. de 4 kg/ha con las tres dosis de EM

En la figura 4, se observa el crecimiento de ajo con la aplicación de la dosis de *Trichoderma* sp. de 3 kg/ha bajo las tres dosis de EM, donde la dosis de EM al 10% tuvo mayor influencia en el crecimiento en la última evaluación, seguido de la dosis de EM al 15% y el testigo sin EM obtuvo menor crecimiento.



**Figura 4.** Altura de planta por cada evaluación respecto a la dosis de *Trichoderma* sp. de 3 kg/ha con las tres dosis de EM

En la figura 5, se visualiza que el tratamiento conformado por 3 kg/ha de *Trichoderma* sp. más EM al 10% tuvo mayor altura de planta con 53.97 cm, seguido del tratamiento conformado por 4 kg/ha de *Trichoderma* sp. más EM al 15% con 53.49 cm; el tratamiento conformado por 4 kg/ha de *Trichoderma* sp. más EM al 10% tuvo 53.45 cm y el tratamiento conformado por 3 kg/ha de *Trichoderma* sp. más EM al 15% tuvo 53.20 cm. El testigo tuvo 48.27 cm.



**Figura 5.** Altura de planta por efecto de los tratamientos en estudio en la última evaluación.

Los resultados obtenidos son diferentes respecto a la altura de planta evaluado por Huaman (2019), quien indica que la altura de planta a los 120 días, la interacción “EO (6.250kg/parcela) + Tierra negra más la dosis de EM de 15 ml de EM por 270 ml de agua” tuvo mayor altura de planta de 34.30 cm; seguido de la interacciones “EO (6.250kg/parcela) + Tierra negra más 10 ml de EM por 180 ml de agua” y “EO (6.250kg/parcela) + Tierra negra ” con 30.58 y 28.77 cm respectivamente; y en último lugar se ubica la interacción “Tierra negra” con 17.98 cm. Pero si se observa un efecto diferente por las dosis de aplicación evidenciándose diferentes alturas de planta por dosis de aplicación, confirmando los resultados obtenidos respecto a la dosis de aplicación tanto de *Trichoderma* sp. y EM. Al respecto Harman *et al.*, (2004), indican que los hongos del género *Trichoderma* son cada vez más utilizados en la agricultura, ya que promueven el crecimiento y desarrollo de las raíces, por tanto, aumentan la productividad de los cultivos, la resistencia al estrés abiótico y la absorción y uso de nutrientes.



Por otro lado Rueda (2013), quien al probar diferentes dosis de fertilizante bajo la formulación de 18-46-0, obtuvo diferencias en altura de planta de 69.14 cm con una dosis de 1.08 kg, 76.01 cm, con la dosis de 1.2 kg y 79.99 cm, con la dosis de 1.32 kg y de 65.19 cm sin aplicación a los 120 días de evaluación en la variedad Ambateño y en la variedad Perla se tuvo de 73.63 cm con a dosis de 1.08 kg, 91.26 cm con la dosis de 1.2 kg, 77.72 cm, con la dosis de 1.32 kg y de 74.49 cm sin aplicación; estos resultados confirman el efecto respecto a las dosis de aplicación.

#### **4.2.1.2. Tamaño de bulbos**

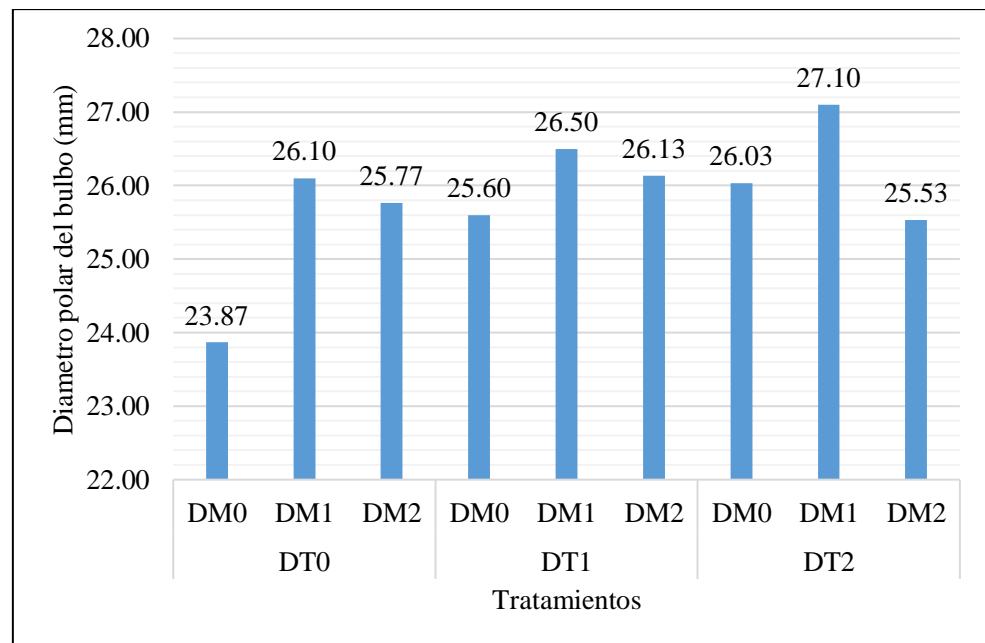
##### **a) Diámetro polar**

En la tabla 11, se observa el ANVA para diámetro polar de bulbo de ajo, por efecto de los microorganismos *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM), en donde se aprecia que en bloques existe diferencia estadística significativa, entendiéndose que existe diferencia entre bloques en diámetro polar de bulbo. Para factor dosis de *Trichoderma* sp. (DT) no se visualiza diferencias estadísticas significativas, indicando que se tiene similar diámetro polar de bulbos. Para factor dosis de EM (DM), se muestra que no existe diferencias estadísticas significativas, indicando que no se tiene diferente diámetro polar de bulbos. En la interacción DT x DM, no existe diferencias estadísticas significativas, indicando que ambos factores actúan de forma independiente sobre diámetro polar de bulbos. El coeficiente de variación (CV) igual a 5.36% nos indica que los datos analizados son confiables para este tipo de experimentos en campo (Vásquez, 2013).

**Tabla 11.** ANVA para diámetro polar de bulbo de ajo por efecto de los microorganismos *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM)

F.V.	GL	SC	CM	F	P-Valor	Sig.
Bloques	2	33.61	16.80	8.74	0.0027	**
Dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT)	2	5.01	2.51	1.30	0.2986	n.s.
Dosis de EM (DM)	2	8.84	4.42	2.30	0.1325	n.s.
DT x DM	4	4.94	1.24	0.64	0.6398	n.s.
Error	16	30.75	1.92			
Total	26	83.15				

CV=5.36%



**Figura 6.** Efecto de las dosis de EM y *Trichoderma* sp sobre el diámetro polar del bulbo

Los resultados obtenidos respecto al diámetro polar de los bulbos de ajo son respaldados por Montenegro (2017), quien, al aplicar diferentes abonos orgánicos, no obtuvo diferencias estadísticas, pero si una diferencia numérica donde con té de estiércol con 43.51 mm, Eco abonaza con 43.43 mm cm, y Bocashi con 41.77 mm, obtuvo efectos diferentes en el diámetro respecto a la fuente de abonamiento.

## b) Diámetro ecuatorial

En la tabla 12, se observa el ANVA para diámetro polar de bulbo de ajo por efecto de los microorganismos de *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM), en donde se aprecia que entre bloques existe diferencia estadística altamente significativa, entendiéndose que existe diferencias entre bloques en diámetro ecuatorial de bulbo. Para factor Dosis de *Trichoderma* sp. (DT) se visualiza diferencias estadísticas significativas, indicando que se tiene diferente diámetro ecuatorial de bulbo. Para factor Dosis de EM (DM), se muestra diferencias estadísticas significativas, indicando que se tiene diferente diámetro ecuatorial de bulbo. En la interacción DT x DM, existe diferencias estadísticas significativas, indicando que ambos factores actúan de forma dependiente sobre diámetro ecuatorial de bulbo. El coeficiente de variación (CV) igual a 4.93% nos indica que los datos analizados son confiables para este tipo de experimentos en campo (Vásquez, 2013).

**Tabla 12.** ANVA para diámetro ecuatorial de bulbo de ajo por efecto de los microorganismos *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM)

F.V.	GL	SC	CM	F	P-Valor	Sig.
Bloques	2	196.25	98.13	25.23	<0.0001	**
Dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT)	2	36.97	18.48	4.75	0.0240	*
Dosis de EM (DM)	2	41.19	20.59	5.29	0.0172	*
DT x DM	4	74.06	18.51	4.76	0.0101	*
Error	16	62.23	3.89			
Total	26	410.69				

CV=4.93%

La tabla 13, muestra la Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para diámetro ecuatorial de bulbo de ajo por efecto de Microorganismos de *Trichoderma* sp., donde se visualiza que la dosis de EM de 4 kg/ha tuvo el mayor diámetro ecuatorial de 41.20 mm, seguido de la dosis de EM de 3 kg/ha con 40.53 mm, los cuales estadísticamente son similares y superiores al testigo EM de 0 kg/ha con menor diámetro ecuatorial de 38.31 mm.

**Tabla 13.** Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para diámetro ecuatorial de bulbo de ajo por efecto de los microorganismos de *Trichoderma* sp.

Orden de merito	Dosis de <i>Trichoderma</i> sp.	Prom. de diámetro ecuatorial (mm)	Sig. $P \leq 0.05$
1	DT2 = 4 kg/ha	41.20	a
2	DT1 = 3 kg/ha	40.53	a
3	DT0 = 0 kg/ha	38.31	b

Los resultados obtenidos respecto al diámetro ecuatorial de bulbo de ajo son respaldados por Harman *et al.*, (2004), quienes indican que los hongos del género *Trichoderma* son cada vez más utilizados en la agricultura, ya que promueve el crecimiento y desarrollo de las raíces, la productividad de los cultivos, y la absorción y uso de nutrientes. Favorece el crecimiento de las plantas debido a que ha presentado una formación de sideróforos quelatantes que permiten la disponibilidad de elementos hacia la planta (Candelero *et al.*, 2015).

La tabla 14, muestra la Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para diámetro ecuatorial de bulbo de ajo por efecto de Microorganismos eficaces (EM), donde se visualiza que la dosis de EM al 10% tuvo el mayor diámetro ecuatorial de 41.20 mm, seguido de la dosis de EM al 15% con 40.53 mm, los



cuales estadísticamente son similares y superiores al testigo EM al 0% con menor diámetro ecuatorial de 38.31 mm.

**Tabla 14.** Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para diámetro ecuatorial de bulbo de ajo por efecto de los microorganismos eficaces (EM).

Orden de merito	Dosis de EM	Prom. de diámetro ecuatorial (mm)	Sig. $P \leq 0.05$
1	DM1 = 10%	41.20	a
2	DM2 = 15%	40.53	a
3	DM2 = 0%	38.31	b

Los resultados obtenidos respecto a al diámetro ecuatorial son similares al reporte de Huaman (2019), el estudiar tres dosis de EM, en donde la dosis “15 ml de EM por 270 ml de agua” tuvo mayor diámetro de bulbo con un promedio de 5.64 cm, seguido de la dosis e EM “10 ml de EM por 180 ml de agua” con 4.70 cm; y en último lugar se ubica la “dosis de EM “Testigo” con 3.43cm, confirmándose el efecto de las dosis de aplicación.

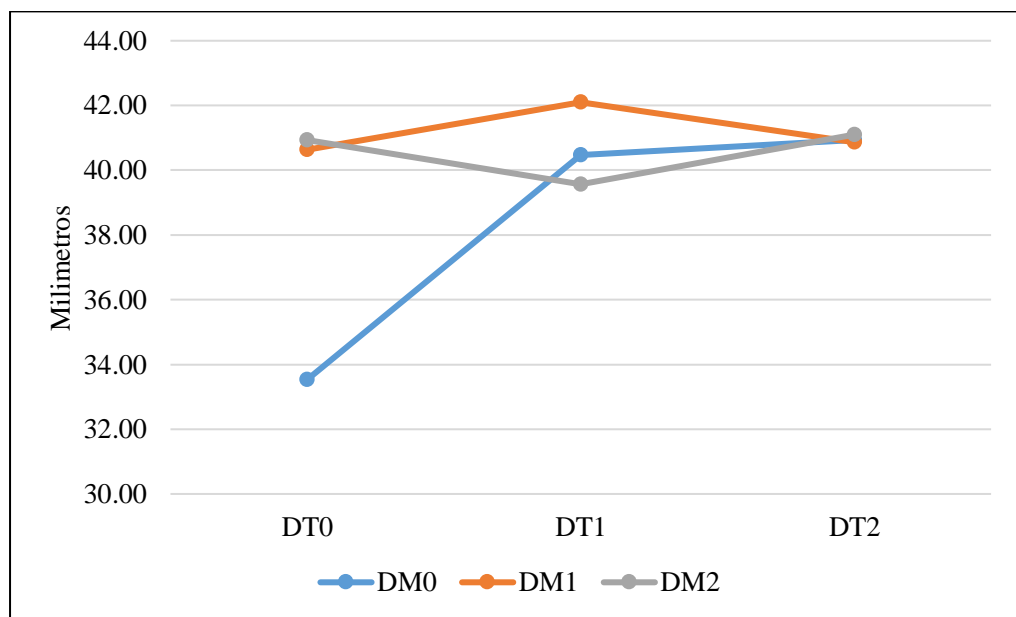
Por su parte Hernández (2014), al usar diversas dosis de EM en cultivo de cebolla china obtuvo diferencias estadísticas en el diámetro de bulbo respecto al testigo, obteniendo el mayor diámetro con la dosis de 2.5 l/ha de 13.0mm, mientras que el testigo obtuvo 10.8 mm de diámetro de bulbo; demostrándose que si existe diferencias al aplicar diversas dosis de EM.

Al observar que existe efectos de la interacción por los dos factores en estudio, ANVA para diámetro ecuatorial de bulbo de ajo por efecto de los microorganismos *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM) (Tabla 12), los efectos principales pierden interés al igual que los efectos de la doble interacción, por lo cual se procedió a realizar el análisis de varianza de efectos simples de la interacción dosis de *Trichoderma* sp. (DT) dosis de EM (DM) (Tabla 15).

**Tabla 15.** Método tabular para la interacción dosis de *Trichoderma* sp. (DT)  
Dosis de EM (DM) sobre el diámetro ecuatorial de bulbo de ajo

		Dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT)			
		DT0	DT1	DT2	Prom
Dosis de EM (DM)	DM0	33.53	40.47	40.93	38.31
	DM1	40.63	42.10	40.87	41.20
	DM2	40.93	39.57	41.10	40.53
	Prom.	38.37	40.71	40.97	

El gráfico para la interacción se presenta a continuación:



**Figura 7.** Interacción de los factores dosis de *Trichoderma* sp. (DT) Dosis de EM (DM) sobre el diámetro ecuatorial de bulbo de ajo

En la tabla 15 y figura 7, se observa la interacción de los factores en estudio con sus diferentes sub niveles, visualizándose lo siguiente:

- La línea azul de la dosis de *Trichoderma* sp (DT0) respecto a las dosis de EM, se tiene un aumento en diámetro ecuatorial del bulbo conforme se aumenta la dosis de Dosis de EM de 10 % y 15% de EM.
- Mientras que la línea de color naranja de la dosis de *Trichoderma* sp (DT1) si bien tiene un aumento en el diámetro de bulbo con la dosis de EM

(DM1=10 % de EM), luego se ve que disminuye con la dosis de EM (DM2=15 % de EM).

- La línea de color plomo de la dosis de *Trichoderma* sp (DT2), tiene una ligera disminución en el diámetro de bulbos con la dosis de EM (DM1=10 % de EM), luego se ve que aumenta con la dosis de EM (DM2=15 % de EM).

**Tabla 16.** Análisis de varianza de efectos simples para la interacción DT x DM sobre el diámetro ecuatorial de bulbo de ajo

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F	Sig.
Efecto simple de las dosis de EM (DM) dentro de la dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT0=0 kg/ha)	2	105.26	52.63	13.53	0.0004	**
Efecto simple de las dosis de EM (DM) dentro de dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT1=3 kg/ha)	2	9.90	4.95	1.27	0.3071	n.s
Efecto simple de las dosis de EM (DM) dentro de dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT2= 4 kg/ha)	2	0.09	0.04	0.01	0.9889	n.s.
Efecto simple de las dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT) dentro de dosis de EM (DM0 = 0%)	2	103.05	51.52	13.25	0.0004	*
Efecto simple de las dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT) dentro de dosis de EM (DM1= 10%)	2	3.73	1.86	0.48	0.6280	n.s.
Efecto simple de las dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT) dentro de dosis de EM (DM2=15%)	2	4.25	2.12	0.55	0.5897	n.s.

La interpretación respecto a la tabla 16, sería:

- Las dosis de EM dentro de la dosis de *Trichoderma* sp. (DT0= 0 kg/ha): se encontró diferencia estadística altamente significativa en el diámetro de bulbo de ajo entre los niveles de las dosis de EM (DM0=0%, DM1=10% y DM2=15%), bajo el nivel DT0=0 kg/ha; es decir la dosis



- de DT0 es dependiente de los niveles de EM para el diámetro ecuatorial de bulbo de ajo.
- Las dosis de EM dentro de la dosis de *Trichoderma* sp. (DT1= 3 kg/ha): no se encontró diferencia estadística significativa en el diámetro de bulbo de ajo entre los niveles de las dosis de EM (DM0=0%, DM1=10% y DM2=15%), bajo el nivel DT1=3 kg/ha; es decir la dosis de DT1 es independiente de los niveles de EM para el diámetro ecuatorial de bulbo de ajo.
  - Las dosis de EM dentro de la dosis de *Trichoderma* sp. (DT2= 4 kg/ha): se encontró diferencia estadística significativa en el peso de diámetro de bulbo de ajo entre los niveles de las dosis de EM (DM0=0%, DM1=10% y DM2=15%), bajo el nivel DT2=4 kg/ha; es decir la dosis de DT2 es independiente de los niveles de EM para el diámetro ecuatorial de bulbo de ajo.
  - La dosis de *Trichoderma* sp. dentro de la dosis de EM (DM0=0%): se encontró diferencia estadística significativa en el peso de diámetro de bulbo de ajo entre los niveles de las dosis de *Trichoderma* sp. (DT0= 0kg/ha, DT1=3 kg/ha y DT2=4 kg/ha), bajo el nivel DM0= 0%; es decir la dosis de EM (DM0=0%); es decir es dependiente de los niveles de *Trichoderma* sp. para el diámetro ecuatorial de bulbo de ajo.
  - La dosis de *Trichoderma* sp. dentro de la dosis de EM (DM1=10%): no se encontró diferencia estadística significativa en el diámetro de bulbo de ajo entre los niveles de las dosis de *Trichoderma* sp. (DT0= 0kg/ha, DT1=3 kg/ha y DT2=4 kg/ha), bajo el nivel DM1= 10%; es decir la dosis de EM (DM1=10%); es decir es independiente de los niveles de



*Trichoderma* sp. para el diámetro ecuatorial de bulbo de ajo.

- La dosis de *Trichoderma* sp. dentro de la dosis de EM (DM2=15%): no se encontró diferencia estadística significativa en el diámetro de bulbo de ajo entre los niveles de las dosis de *Trichoderma* sp. (DT0= 0kg/ha, DT1=3kg/ha y DT2=4 kg/ha), bajo el nivel DM2= 15%; es decir la dosis de EM (DM2=15%); es independiente de los niveles de *Trichoderma* sp. para el diámetro ecuatorial de bulbo de ajo.

La Tabla 17, muestra la Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para diámetro ecuatorial de bulbo de ajo por efecto de los microorganismos de *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM), donde se visualiza que todas las interacciones por orden de mérito del 1 al 8, estadísticamente son similares y superiores al testigo, confirmando el resultado de análisis de varianza de efectos simples donde hubo diferencias solamente estadísticas en el efecto simple de las dosis de EM (DM) dentro de la dosis de *Trichoderma* sp. (DT0=0 kg/ha) y en el efecto simple de las dosis de *Trichoderma* sp. (DT) dentro de dosis de EM (DM0 = 0%).

Además, se observa que la interacción conformada por la dosis de 3 kg/ha de *Trichoderma* sp. más la dosis de EM al 10% tuvo mayor diámetro ecuatorial con 42.10 mm, seguido de las interacciones de 4 kg/ha de *Trichoderma* sp. más la dosis de EM al 15% y la interacción de 0 kg/ha de *Trichoderma* sp. al 15% con diámetros ecuatoriales de 41.10 y 40.93 mm respectivamente, siendo estadísticamente similares y superiores en especial a testigo con menor diámetro ecuatorial de 33.53 mm.

**Tabla 17.** Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para diámetro ecuatorial de bulbo de ajo por efecto de los microorganismos de *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM).

Orden de merito	Dosis de <i>Trichoderma</i> sp.	Dosis de EM	Prom. de diámetro ecuatorial (mm)	Sig. $P \leq 0.05$
1	DT1 = 3 kg/ha	DM1 = 10%	42.10	a
2	DT2 = 4 kg/ha	DM2 = 15%	41.10	a
3	DT0 = 0 kg/ha	DM2 = 15%	40.93	a
4	DT2 = 4 kg/ha	DM0 = 0%	40.93	a
5	DT2 = 4 kg/ha	DM1 = 10%	40.87	a
6	DT0 = 0 kg/ha	DM1 = 10%	40.63	a
7	DT1 = 3 kg/ha	DM0 = 0%	40.47	a
8	DT1 = 3 kg/ha	DM2 = 15%	39.57	a
9	DT0 = 0 kg/ha	DM0 = 0%	33.53	b

Los resultados obtenidos respecto al diámetro ecuatorial de bulbo de ajo son respaldados por Montenegro (2017), quien al aplicar diferentes abonos orgánicos, obtuvo diferencias, donde con Eco abonaza tuvo 44.66 mm cm, seguido de Bocashi con 43.80 mm y te de estiércol con 45.64 mm. Huaman (2019), obtuvo diferencias en diámetro de bulbo, con una dosis de 15 ml con S2 (tierra negra + estiércol de ovino) obtuvo 7.68 cm un diámetro, el cual superó al testigo 0 ml con S2 (tierra negra + estiércol de ovino) que tiene 4.48 cm. Demostrándose que hay un efecto diferente al aplicar diferentes dosis sobre el cultivo.

Por otro lado, Guzmán y Huaman (2019), al probar fitohormonas, reportan diferencias donde la variedad Napury con la aplicación de la fitohormona Biozyme obtuvo mayor diámetro de bulbo de 5.60 cm, seguido de la variedad Chino con la aplicación de la fitohormona Biozyme con 5.47 cm, siendo superiores a la variedad Napuri y Chino sin fitohormona con 3.67 y 3.47 cm. De igual forma Rueda (2013), al probar diferentes dosis de fertilizante bajo la formulación de 18-46-0, obtuvo diferencias en diámetro de



bulbo de 5.05 cm con a dosis de 1.08 kg, 5.27 cm con la dosis de 1.2 kg y 6.79 cm con la dosis de 1.32 kg y de 3.39 cm sin aplicación a los 120 días de evaluación en la variedad Ambateño y en la variedad Perla se tuvo de 6.97 cm con a dosis de 1.08 kg, 7.89 cm con la dosis de 1.2 kg, 8.68 cm con la dosis de 1.32 kg y de 6.00 cm sin aplicación; estos resultados avalan los resultados obtenidos respecto al efecto de las dosis de diferentes fuentes de abonamiento orgánico sobre el diámetro ecuatorial.

### **c) Número de dientes de ajo por bulbo**

En la tabla 18, se observa el ANVA para número de dientes por bulbo de ajo por efecto de los microorganismos de *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM), en donde se aprecia que en bloques existe diferencia estadística altamente significativa, entendiéndose que existe diferencias entre bloques en número de dientes por bulbo. Para factor Dosis de *Trichoderma* sp. (DT) se visualiza diferencias estadísticas altamente significativas, indicando que se tiene diferente número de dientes por bulbo. Para factor Dosis de EM (DM), se muestra diferencias estadísticas altamente significativas, indicando que se tiene diferente número de dientes por bulbo. En la interacción DT x DM, existe diferencias estadísticas significativas, indicando que ambos factores actúan de forma dependiente sobre número de dientes por bulbo. El coeficiente de variación (CV) igual a 4.50% nos indica que los datos analizados son confiables para este tipo de experimentos en campo (Vásquez, 2013).

**Tabla 18.** ANVA para número de dientes por bulbo de ajo por efecto de los microorganismos de *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM)

F.V.	GL	SC	CM	F	P-Valor	Sig.
Bloques	2	2.56	1.28	6.07	0.0109	**
Dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT)	2	2.72	1.36	6.45	0.0088	**
Dosis de EM (DM)	2	2.33	1.16	5.52	0.0151	**
DT x DM	4	2.58	0.64	3.06	0.0475	*
Error	16	3.37	0.21			
Total	26	13.56				

CV=4.50%

La tabla 19, muestra la Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para número de dientes por bulbo de ajo por efecto de Microorganismos de *Trichoderma* sp., donde se visualiza que la dosis de DT2 de 4 kg/ha tuvo mayor número de dientes de 10.50 dientes, seguido de la dosis de DT3 de 3 kg/ha con 10.32 dientes, los cuales estadísticamente son similares y superiores al testigo DT0 de 0 kg/ha con menor cantidad de 9.76 dientes.

**Tabla 19.** Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para número de dientes por bulbo de ajo por efecto de los microorganismos de *Trichoderma* sp.

Orden de merito	Dosis de <i>Trichoderma</i> sp.	Prom. de número de dientes/bulbo (N°)	Sig. $P \leq 0.05$
1	DT2 = 4 kg/ha	10.50	a
2	DT1 = 3 kg/ha	10.32	a
3	DT0 = 0 kg/ha	9.76	b

La tabla 20, muestra la Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para número de dientes por bulbo de ajo por efecto de Microorganismos eficaces (EM), donde se visualiza que la dosis de EM al 10% tuvo la mayor cantidad de 10.41 dientes, seguido de la dosis de EM al 15% con 10.39 dientes, los cuales estadísticamente son similares y superiores al testigo EM al 0% con menor cantidad de 9.78 dientes.



**Tabla 20.** Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para número de dientes por bulbo de ajo por efecto de los microorganismos eficaces (EM).

Orden de merito	Dosis de EM	Prom. de número de dientes/bulbo (N°)	Sig. $P \leq 0.05$
1	DM1 = 10%	10.41	a
2	DM2 = 15%	10.39	a
3	DM0 = 0%	9.78	b

Al observar que existe efectos de la interacción por los dos factores en estudio, el ANVA para número de dientes por bulbo de ajo por efecto de los microorganismos de *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM) (Tabla 12), los efectos principales pierden interés al igual que los efectos de la doble interacción, por lo cual se procedió a realizar el análisis de varianza de efectos simples de la interacción dosis de *Trichoderma* sp. (DT) dosis de EM (DM) (Tabla 22).

**Tabla 21.** Método tabular para la interacción Dosis de *Trichoderma* sp. (DT) Dosis de EM (DM)

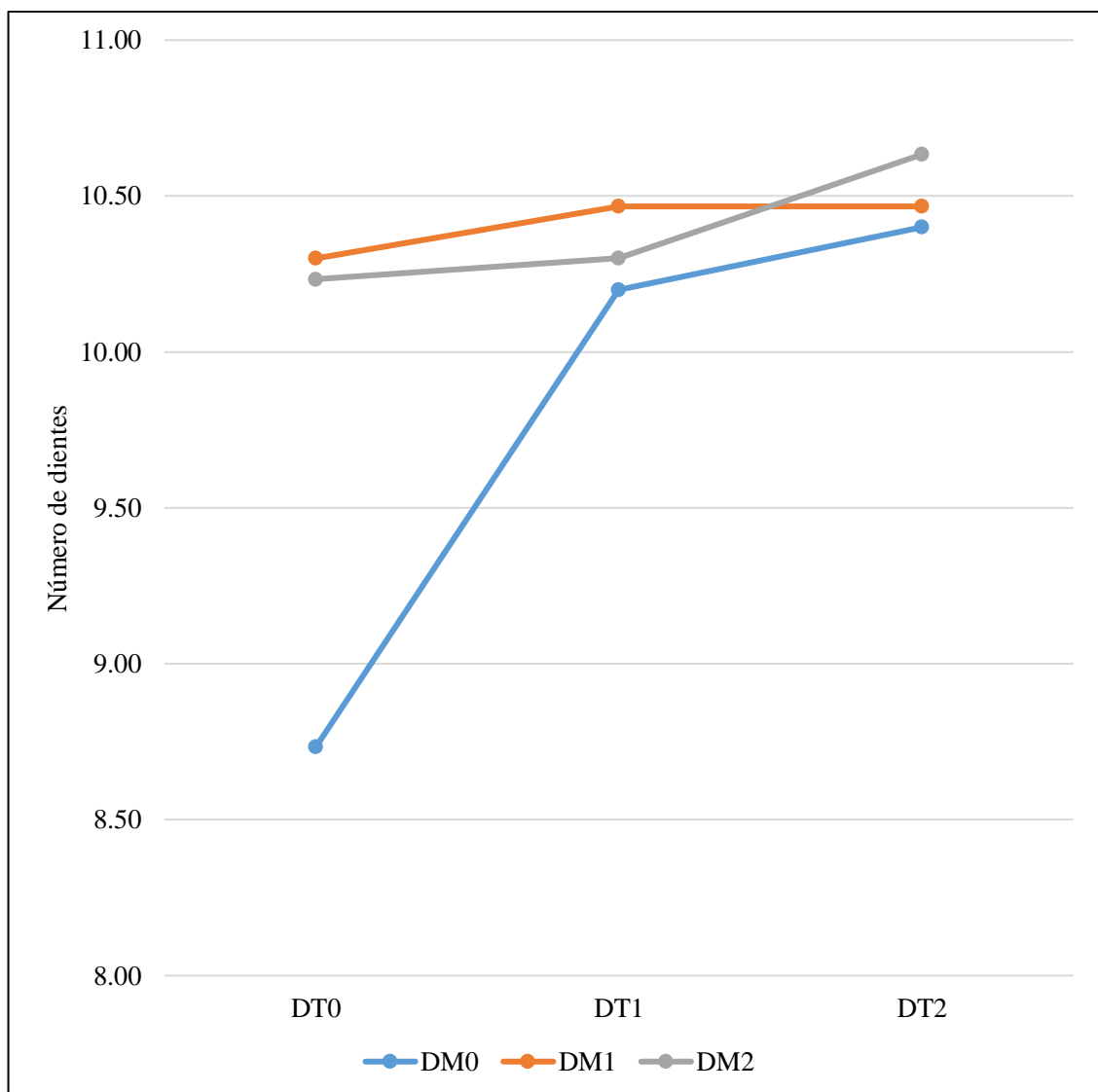
		Dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT)			
		DT0	DT1	DT2	Prom
Dosis de EM (DM)	DM0	8.73	10.20	10.40	9.78
	DM1	10.30	10.47	10.47	10.41
	DM2	10.23	10.30	10.63	10.39
	Prom.	9.76	10.32	10.50	

En la tabla 21 y figura 8, se observa la interacción de los factores en estudio con sus diferentes sub niveles, visualizándose lo siguiente:

- La línea azul de la dosis de *Trichoderma* sp (DT0) respecto a las dosis de EM, se tiene un aumento el número de dientes por bulbo conforme se aumenta la dosis de Dosis de EM de 10 % y 15% de EM.
- Mientras que la línea de color naranja de la dosis de *Trichoderma* sp (DT1) si bien tiene un ligero aumento en el número de dientes por bulbo

con la Dosis de EM (DM1=10 % de EM), luego se ve que disminuye ligeramente con la dosis de EM (DM2=15 % de EM).

- La línea de color plomo de la dosis de *Trichoderma* sp (DT2), tiene un aumento en el número de dientes por bulbo con la Dosis de EM (DM1=10 % de EM), luego se ve que aumenta con la Dosis de EM (DM2=15% de EM).



**Figura 8.** Interacción de los factores DT x DM sobre número de dientes por bulbo en ajo

La interpretación respecto a la tabla 22, sería:

- Las dosis de EM dentro de la dosis de *Trichoderma* sp. (DT0= 0 kg/ha):



se encontró diferencia estadística altamente significativa en el número de dientes por bulbo entre los niveles de las dosis de EM (DM0=0%, DM1=10% y DM2=15%), bajo el nivel DT0=0 kg/ha; es decir la dosis de DT0 es dependiente de los niveles de EM para el número de dientes por bulbo de ajo.

- Las dosis de EM dentro de la dosis de *Trichoderma* sp. (DT1= 3 kg/ha): no se encontró diferencia estadística significativa en el número de dientes por bulbo entre los niveles de las dosis de EM (DM0=0%, DM1=10% y DM2=15%), bajo el nivel DT1=3 kg/ha; es decir la dosis de DT1 es independiente de los niveles de EM para el número de dientes por bulbo de ajo.
- Las dosis de EM dentro de la dosis de *Trichoderma* sp. (DT2= 4 kg/ha): se encontró diferencia estadística significativa en el número de dientes por bulbo entre los niveles de las dosis de EM (DM0=0%, DM1=10% y DM2=15%), bajo el nivel DT2=4 kg/ha; es decir la dosis de DT2 es independiente de los niveles de EM para el número de dientes por bulbo de ajo.

**Tabla 22.** Análisis de varianza de efectos simples para la interacción Dosis de *Trichoderma* sp. (DT) dosis de EM (DM) sobre el peso de bulbo de ajo

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F	Sig.
Efecto simple de las dosis de EM (DM) dentro de la dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT0=0 kg/ha)	2	4.71	2.35	11.17	0.0009	**
Efecto simple de las dosis de EM (DM) dentro de dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT1=3 kg/ha)	2	0.11	0.05	0.26	0.7755	n.s
Efecto simple de las dosis de EM (DM) dentro de dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT2= 4 kg/ha)	2	0.09	0.04	0.21	0.8163	n.s.
Efecto simple de las dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT) dentro de dosis de EM (DM0 = 0%)	2	4.97	2.48	11.79	0.0007	**
Efecto simple de las dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT) dentro de dosis de EM (DM1= 10%)	2	0.06	0.03	0.13	0.8775	n.s.
Efecto simple de las dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (DT) dentro de dosis de EM (DM2=15%)	2	0.28	0.14	0.65	0.5335	n.s.

- La dosis de *Trichoderma* sp. dentro de la dosis de EM (DM0=0%): se encontró diferencia estadística altamente significativa en el número de dientes de bulbo de ajo entre los niveles de las dosis de *Trichoderma* sp. (DT0= 0kg/ha, DT1=3 kg/ha y DT2=4 kg/ha), bajo el nivel DM0= 0%; es decir la dosis de EM (DM0=0%); es dependiente de los niveles de *Trichoderma* sp. para el número de dientes de bulbo de ajo
- La dosis de *Trichoderma* sp. dentro de la dosis de EM (DM1=10%): no se encontró diferencia estadística significativa en el número de dientes de bulbo de ajo, entre los niveles de las dosis de *Trichoderma* sp. (DT0= 0kg/ha, DT1=3 kg/ha y DT2=4 kg/ha), bajo el nivel DM1= 10%; es decir es dependiente de los niveles



- de *Trichoderma* sp. para el número de dientes de bulbo de ajo
- La dosis de *Trichoderma* sp. dentro de la dosis de EM (DM2=15%): no se encontró diferencia estadística en el número de dientes de bulbo de ajo, entre los niveles de las dosis de *Trichoderma* sp. (DT0= 0kg/ha, DT1=3kg/ha y DT2=4kg/ha), bajo el nivel DM2= 15%; es decir es dependiente de los niveles de *Trichoderma* sp. para el número de dientes de bulbo de ajo
  - La Tabla 23, muestra la Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para número de dientes por bulbo de ajo por efecto de *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM), donde se visualiza que todas las interacciones por orden de mérito del 1 al 8, estadísticamente son similares y superiores al testigo, confirmando el resultado de análisis de varianza de efectos simples donde hubo diferencias solamente estadísticas en el efecto simple de las dosis de EM (DM) dentro de la dosis de *Trichoderma* sp. (DT0=0 kg/ha) y en el efecto simple de las dosis de *Trichoderma* sp. (DT) dentro de dosis de EM (DM0 = 0%).

Además, se observa que la interacción conformada por la dosis de 4 kg/ha de *Trichoderma* sp. más la dosis de EM al 15% tuvo mayor número de dientes por bulbo con 10.63 dientes, seguido de las interacciones de 3 kg/ha de *Trichoderma* sp. más la dosis de EM al 10% y la interacción de 4 kg/ha de *Trichoderma* sp. más la dosis de EM al 10% con 10.47 y 10.47 dientes por bulbo respectivamente, siendo estadísticamente similares y superiores en especial a testigo con menor número de dientes de 8.73.

Los resultados obtenidos son respaldados por Montenegro (2017), quien, a aplicar diferentes abonos orgánicos, obtuvo diferencias, donde con te de estiércol 10.18 dientes, seguido de Bocashi con 9.63 dientes, y Eco abonaza tuvo 9.32 dientes, confirmando el efecto de las diferentes fuentes abonamiento.

**Tabla 23.** Prueba de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para número de dientes por bulbo de ajo por efecto de los microorganismos de *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM).

Orden de merito	Dosis de <i>Trichoderma</i> sp.	Dosis de EM	Prom. de número de dientes/bulbo (N°)	Sig. $P \leq 0.05$
1	DT2 = 4 kg/ha	DM2 = 15%	10.63	a
2	DT1 = 3 kg/ha	DM1 = 10%	10.47	a
3	DT2 = 4 kg/ha	DM1 = 10%	10.47	a
4	DT2 = 4 kg/ha	DM0 = 0%	10.40	a
5	DT0 = 0 kg/ha	DM1 = 10%	10.30	a
6	DT1 = 3 kg/ha	DM2 = 15%	10.30	a
7	DT0 = 0 kg/ha	DM2 = 15%	10.23	a
8	DT1 = 3 kg/ha	DM0 = 0%	10.20	a
9	DT0 = 0 kg/ha	DM0 = 0%	8.73	b

Los resultados obtenidos son diferentes a lo indicado por Guzmán y Huaman (2019), al probar fitohormonas, descubrieron que la variedad Napuri con la aplicación de la fitohormona Promalina obtuvo la mayor cantidad de 13.67 dientes, seguido de la variedad Napurí con la aplicación de la fitohormona TRIGGRR con 13.67 dientes, siendo superiores a la variedad chino con la fitohormona Promalina con 11.53 dientes y a la variedad chino con la fitohormona Promalina con 11.20 dientes.

De igual forma Rueda (2013), al probar diferentes dosis de fertilizante bajo la formulación de 18-46-0, obtuvo diferencias en número de bulbillos por bulbo de 15.95 bulbillos con a dosis de 1.08 kg, 15.50 bulbillos con la dosis de 1.2 kg y 24.54 bulbillos con la dosis de 1.32 kg y de 10.25 bulbillos sin aplicación a los 120 días de evaluación en la variedad Ambateño y en la variedad Perla se tuvo de 9.57 bulbillos con a dosis de 1.08 kg, 710.71 bulbillos con la dosis de 1.2 kg, 12.38 bulbillos con la dosis de 1.32 kg y de



6.50 bulbillos sin aplicación, confirmándose que las dosis si influyen la cantidad de dientes por bulbo.

Por otra parte Reveles *et al* (2009), justifica que los resultados que se obtengan va a depender de la variedad, el número óptimo de dientes por bulbo debe variar entre 8 y 12, pero se pueden elegir bulbos que tengan hasta 15 dientes; lo cual corrobora los resultados obtenidos en la cantidad de dientes obtenidos por tratamiento evaluado.



## V. CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación de Efecto de la aplicación de *Trichoderma* sp. y Microorganismos eficaces (EM) en el rendimiento de ajo (*Allium Cepa L.*) en Puno se concluye lo siguiente:

- a) En el peso de bulbo/planta el análisis estadístico reveló que las dosis de EM (DM0 0%, DM1 10% y DM2 15%), son significativos con el nivel DT0 de 0 kg/ha; donde ha destacado la dosis de 4 kg/ha de *Trichoderma* sp. más la dosis de EM al 15% con 39.97g/planta (10652.89 kg/ha)
- b) En altura de planta y diámetro polar no se ha encontrado diferencias estadísticas significativas en la interacción, pero se ha evidenciado que la dosis de *Trichoderma* sp, de 3 kg/ha más la dosis de EM al 10% tuvo mejor altura de planta de 54.00 cm. En diámetro polar de bulbo la dosis de *Trichoderma* sp. de 4 kg/ha más la dosis de EM al 15% tuvo mejor diámetro polar de 27.10 mm. En el diámetro ecuatorial y número de dientes el análisis estadístico mostró que los niveles de las dosis de EM (DM0 0%, DM1 10% y DM2 15%), son significativos con el nivel DT0 de 0 kg/ha; es decir la dosis de DT0, donde ha destacado la dosis de 3 kg/ha de *Trichoderma* sp. más la dosis de EM al 10% con 42.10 mm. En número de dientes ha resultado la dosis de 4 kg/ha de *Trichoderma* sp. más la dosis de EM al 15% con 10.63 dientes.





## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda tener en cuenta los resultados obtenidos en este trabajo de investigación con el fin que lo agricultores puedan hacer la aplicación de la dosis de 4 kg/ha de *Trichoderma* sp. más la dosis de EM al 15% con 39.97g/planta (10652.89 kg/ha), el cual obtuvo el mejor rendimiento.

Se recomienda realizar estudios con más niveles de *Trichoderma* sp. y EM, con la finalidad de encontrar la dosis optima de aplicación para conocer el mejor rendimiento del bulbo de ajo.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aillón, J.A. (2015). Respuesta de ajo (*Allium sativum* L.) var. Canadiense a la aplicación complementaria de fitoestimulantes foliares, Guasuntos, Chimborazo. Tesis de grado. Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. 83 p.
- ITIS (2023), Integrated Taxonomic Information System, en el link:  
[https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=42720#null](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=42720#null)
- Amaya, J.; Méndez, E.; Ríos, N.; Morachimo, P. y Ramírez, L. (2007). Hortalizas técnicas agrícolas y producción alternativa. (1 Ed.).110 p.
- Bae H., Sicher RC., Kim MS., Kim S., Strem MD., Melnick RL., Bailey BA. (2009). The beneficial endophyte *Trichoderma hamatum* isolate DIS 219b promotes growth and delays the onset of the drought response in *Theobroma cacao*. *Journal of Experimental Botánica*. 60: 3279-3295
- Beyer, A.; Taype, E.; & Coronado, J. (2021). Abonos orgánicos y niveles de materia orgánica bajo condiciones de invernadero en Ica, Perú. *Aporte Santiaguino*, 14(1), pág. 21-30. <https://doi.org/10.32911/as.2021.v14.n1.741>
- Castillo, A. (2020). Guía técnica del cultivo de ajo. Instituto de Educación Superior Tecnológico “San Agustín” Anexo Sallique. Carrera profesional de Producción Agropecuaria. Sallique. 20 p.  
<https://es.slideshare.net/alexandercastillotirado/gua-tnica-del-cultivo-de-ajo>
- Carrión, A.A. (2022). Aplicaciones de tres dosis de hidroabsorbentes y tres dosis de *Pochonia chlamydosporia* en la incidencia de *Ditylenchus dipsaci* en el cultivo de ajo cv. chino (*Allium sativum* L.) bajo condiciones del valle de tambo en la provincia de Islay, Arequipa. Tesis de grado. Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú. 100 p.
- Canelero, D.J.; Cristóbal, A.J.; Reyes, R.A.; Tun, S.J.M; Gamboa, A.M.M. & Ruíz, S.E. (2015). *Trichoderma* spp. promotoras del crecimiento en plántulas de *Capsicum chinense* Jacq. y antagónicas contra *Meloidogyne incognita*. *Phyton (Buenos Aires)*, 84(1), 113-119.



[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-56572015000100016&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572015000100016&lng=es&tlng=es)

- Corona, C. (2018). Inoculación de *Trichoderma* spp. para la producción del cultivo de cebolla. Tesis de grado. Instituto Politécnico Nacional. Jiquilpan de Juárez, Michoacán. 51 p.
- Contreras, H.A.; Macías, L., Cortés, C., López, J. (2009). *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.* 149, 1579–1592.
- Contreras, HA.; Macías, L.; Beltrán, E.; Herrera, A., López, J. (2011). *Trichoderma* induced plant immunity likely involves both hormonal and camalexin dependent mechanisms in *Arabidopsis thaliana* and confers resistance against necrotrophic fungus *Botrytis cinerea*. *Plant Signaling & Behavior.* 6: 1554-1563.
- Druzhinina ES., Seidl-Seiboth V., Herrera-Estrella A., Horwitz BA., Kenerley CM., Monte E., Mukherjee PK., Zeilinger S., Grigoriev IV., Kubicek CP. (2011). *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. *Nature Reviews Microbiology.* 9: 749-759.
- Escobar, H.; Pinzón, H.; Parra, M. (2012). Producción de semilla garantizada de ajo. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 56 p.
- Escriba, J. (2014). Efecto de la densidad de siembra del cultivo de ajo (*Allium sativum* L.). Lima: UNALM.123 p.
- Guzmán, M.A. y Huamán, R.M. (2019). Efecto de tres fitohormonas en pre y post cosecha en el cultivo de dos variedades de ajos (*Allium sativum* L.) en condiciones del centro poblado de San Miguel de Cuchis distrito de Vilcabamba-Pasco. Tesis de grado. Escuela de Formación Profesional de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco, Perú. 101 p.
- Harman, G. E.; Howell, C. R.; Viterbo, A.; Chet, I. & Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nat. Rev. Microbiol.* 2:43-56.



- Harman, GE. (2006). Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology*. 96: 190- 194.
- Hernández, D. (2014). Evaluación de dosis de microorganismos benéficos en cultivo de cebolla china (Var. Roja Chiclayana), bajo condiciones agroclimáticas del valle de Lamas. Tesis de grado. Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto. Tarapoto, Perú. 108 p.
- Huamán, Z.L. (2019). Microorganismos eficaces (EM) en diferentes sustratos de materia orgánica en el cultivo de ajo bajo invernadero en Puno. Tesis de grado. Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 107 p.
- Hurtado. (2001). ¿Qué son microorganismos eficientes? <http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080731132826aa6mgbr>
- IDIAF. (2009). Beneficios de los microorganismos eficientes en la agricultura. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. <http://www.idiaf.org.do/noticias/detallemain.php?recordID=971>
- INIA (2013). Ajo, INIA 104-Blanco Huaralino. Tríptico informativo. Lima, Perú <https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/645/1/Trip-Ajo-INIA104.pdf>
- Jeleń, H.; Blaszczyk, L.; Chelkowski, J.; Rogowicz, K.; Strakowska, J. (2013). Formation of 6-n-pentyl-2Hpyran-2-one (6-PAP) and other volatiles by different *Trichoderma* species. *Mycological Progress*. 13: 589-600
- Kredics, L., Antal, Z., Manczinger, L., Szekeres, A., Kevei, F. & Nagy, E. (2003). Influence of Environmental Parameters on *Trichoderma* Strains with Biocontrol Potential. *Food Tech. Biotechnol*. 41: 37
- Kehr, E. (2002). Cultivo de ajo (*Allium sativum* L.) para la Zona Sur de Chile [en línea]. Temuco, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Nro. 84. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6659>.
- Kubicek CP., Aerts A., Alcaraz LD., Antal Z., Atanasova L., Casas-Flores S., Cervantes-Badillo MG., Challacombe J., Chertkov O., Coulpier F., Deshpande N., Druzhinina ES., Ebbole DJ., Esquivel-Naranjo UE., Fekete E., Flipphi M., Glaser F., Gómez-Rodríguez EY., Herrera-Estrella A., Horwitz BA., Kredics L.,



- Martínez DA., McCluskey K., Mukherjee M., Mukherjee PK., Seidl-Seiboth V., Thon M., Von Döhren H., Zeilinger S., Gruber S. (2011). Comparative genome sequence analysis underscores mycoparasitism as the ancestral life style of *Trichoderma*. *Genome Biology*. 12: 40
- Llanos, C.H. (2013). Incidencia de microorganismos eficientes más abonos orgánicos en el comportamiento agronómico del cultivo de cebolla (*Allium cepa*) en el Cantón La Maná. Tesis de grado. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo – Ecuador. 85 p.
- Martínez, A.; Roldán, A., Pascual, J., (2013). Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and *Trichoderma harzianum* under conventional and low input fertilization field condition in melon crops: growth response and *Fusarium* wilt biocontrol. *Appl. Soil Ecol.* 47, 98–105.
- MINAGRI. (2020). El ajo en el contexto mundial y nacional, el covid-19 una oportunidad para las exportaciones de ajo en el Perú. Dirección general de políticas agrarias Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria. Lima, Perú. 20 p.  
[https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/2020/04/El\\_Ajo\\_MercadoMundial.pdf](https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/2020/04/El_Ajo_MercadoMundial.pdf)
- Montenegro, O.F. (2017). Respuesta del cultivo de ajo (*Allium sativum* L.) a tres frecuencias de aplicación de abonos orgánicos. Tesis de grado. Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo. Espejo, Carchi, Ecuador. 85 p.
- Nicolás de la cruz, N.S. (2015). Efecto de la densidad de siembra en dos ecotipos de ajo (*Allium sativum* L.) conducido con manejo orgánico y riego por aspersión en Chiñama, distrito de Kañaris. Tesis de grado. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque- Perú. 184 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/1031>
- Nicho, P. y Córdor, J. (2012). Tecnología de producción de ajo. Serie Manual N°1-12. Ministerio de Agricultura. Programa Nacional de Innovación Agraria en Hortalizas. Lima, Perú. 99 p.
- Nodo Hortícola. (2009). Manual del cultivo de ajo. En A. A. S. pp: 15-16.
- Oviedo, H. I. (2006). Instructivo técnico para la producción de ajo -semilla de alta calidad. <http://www.utm.mx/temas/temas-docs/nota6t30.pdf>



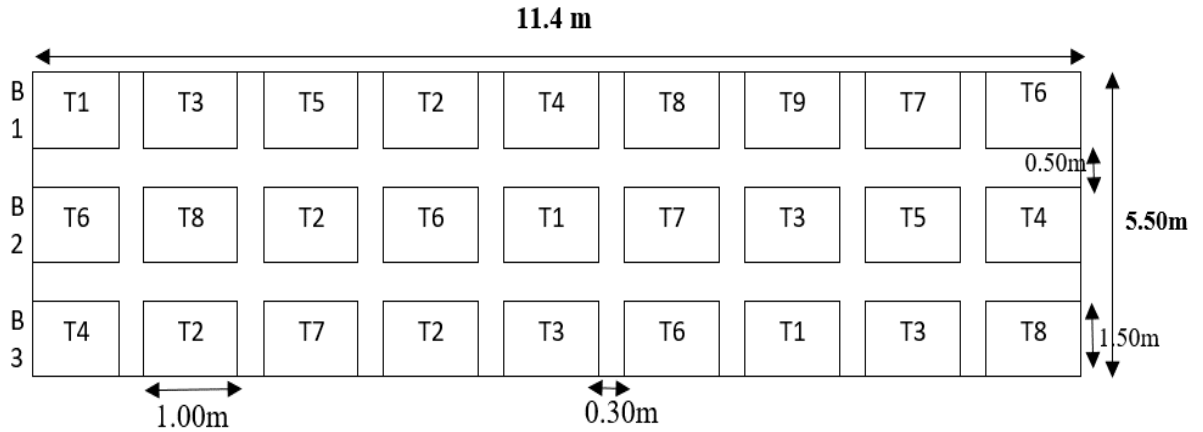
- Pinzón, H. (2007). El cultivo de ajo (en línea). PRODUMEDIOS, Baquero, C (ed.), Bogotá, Colombia. 32p.  
[https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2366/59454\\_50747.p df?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2366/59454_50747.p df?sequence=1&isAllowed=y)
- Quiroga, O. T. (2013). El cultivo de ajo. Proyecto de Desarrollo Agropecuario, Cotaguaita-San Juan del Oro. La paz Bolivia: plurales editores. 80 p.
- Rai, S.; Kashyap, P.L.; Kumar, S.; Srivastava, A.K.; Ramteke, P.W. (2016). Identification, characterization and phylogenetic analysis of antifungal *Trichoderma* from tomato rhizosphere. Springer Plus. 5: 1939.
- Revels, M.; Velásquez, R.; Bravo, A.G. (2009). Tecnología para cultivar ajo en zacatecas. Libro Técnico N° 11. Instituto Nacional d Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental Zacatecas. Calera, Zac., México. 294 p.
- Rueda, R.D. (2013). Evaluación de la aplicación de cuatro dosis de fertilización química en dos variedades de ajo (*Allium sativum* L.) en San Pedro de Huaca – Carchi. Tesis de grado. Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2667>
- Salmer, J.L. (2012). El libro de oro de ajo y cebolla. Brontes, Barcelona, España. 190p.
- Samolski, I.; De Luis, A.; Vizcaíno, J.A.; Monte, E.; Suárez, M.B. (2009). Gene expression analysis of the biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* in the presence of tomato plants, chitin, or glucose using a high-density oligonucleotide microarray. BMC Microbiology. 9: 217
- Saravanakumar, K.; Li, Y.; Yu, C.; Wang, Q.; Wang, M.; Sun, J.; Chen, J. (2017). Effect of *Trichoderma harzianum* on maize rhizosphere microbiome and biocontrol of Fusarium Stalk rot. Scientific Reports. 7: 1771.
- Silva, M. (2009). Microbiología General. Disponible en: <http://microbiologia-general.blogspot.com/2009/05/microorganismos-eficientes.html>
- Soto, L. (2018). Introducción y evaluación de parámetros de rendimiento de 4 variedades del cultivo de ajo (*Allium sativum* L.). en condiciones de la provincia de



- Acobamba. Escuela Profesional de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Huancavelica. Acobamba – Huancavelica. 79 p.
- Sun, J.; Pei, Y.; Li, E.; Li, W.; Hyde, KD.; Yin, WB.; Liu, X. (2016). A new species of *Trichoderma hypoxylon* harbours abundant secondary metabolites. *Scientific Reports*. 6: 37369.
- Schuster, A & Schmoll, M. (2010). Biology and biotechnology of *Trichoderma*. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 87: 787-799.
- Trujillo, S.E. (2020). Efecto de Microorganismos Benéficos como promotores de crecimiento y rendimiento en el cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* L.), en el Valle de Huaral 2016. Tesis de grado. Programa de Estudio de Ingeniería Agrónoma, Facultad de Ingeniería, Universidad San Pedro. Chimbote – Perú. 69 p.
- Torres, H.M. (2018). Determinación del uso consuntivo de ajo var. Napuri (*Allium sativum* L.) con riego por goteo en la Irrigación Majes – Arequipa. Tesis de grado. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa – Perú. 103 p. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7737>
- Vinale, F.; Sivasithamparam, K.; Ghisalberti, EL.; Marra, R.; Woo, S.L.; Lorito, M. (2008). *Trichoderma*– plant–pathogen interactions. *Soil Biology & Biochemistry*. 40: 1-10.
- Yedidia, I.; Benhamou, N.; Chet I. (1999). Induction of defense responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. *Applied and Environmental Microbiology*. 65: 1061-1070.
- Yedidia, I.; Shosh, M.; Kerem, Z.; Benhamou, N.; Kapulnik, Y.; Chet, I. (2003). Concomitant induction of systemic resistance to *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* in cucumber by *Trichoderma asperellum* (T-203) and accumulation of phytoalexins. *Applied and Environmental Microbiology*. 69: 7343-7353.

## ANEXOS

### ANEXO 1. Croquis de distribución de tratamientos



Código de tratamiento	Dosis de <i>Trichoderma</i> sp.	Dosis de Microorganismos eficaces
T1=DT0 + DM0 (Testigo)	DT0 = 0 kg/ha	DM0 = 0 %
T2=DT0 + DM1	DT0 = 0 kg/ha	DM1 = 10%
T3=DT0 + DM2	DT0 = 0 kg/ha	DM2 = 15%
T4=DT1 + DM0	DT1 = 3 kg/ha	DM0 = 0 %
T5=DT1 + DM2	DT1 = 3 kg/ha	DM1 = 10%
T6=DT1 + DM3	DT1 = 3 kg/ha	DM2 = 15%
T7=DT2 + DM0	DT2 = 4 kg/ha	DM0 = 0 %
T8=DT2 + DM1	DT2 = 4 kg/ha	DM1 = 10%
T9=DT2 + DM2	DT2 = 4 kg/ha	DM2 = 15%



**ANEXO 2.** Promedio de datos evaluados**Tabla 24.** Promedio de datos evaluados de altura de planta

Bloque	DT0			DT1			DT2		
	DM0	DM1	DM2	DM0	DM1	DM2	DM0	DM1	DM2
I	49.36	49.16	53.60	49.83	54.76	54.11	49.78	53.84	50.89
II	48.87	52.32	53.22	54.70	54.78	51.14	53.56	52.55	55.83
III	46.57	51.78	50.86	51.98	52.38	54.35	53.35	53.96	53.76
Total	144.80	153.26	157.68	156.51	161.92	159.60	156.69	160.35	160.48
Prom.	48.27	51.09	52.56	52.17	53.97	53.20	52.23	53.45	53.49
Prom. DT	50.64			53.11			53.06		
Prom. DM	50.89			52.84			53.08		

**Tabla 25.** Promedio de datos evaluados de diámetro polar de bulbo

Bloque	DT0			DT1			DT2		
	DM0	DM1	DM2	DM0	DM1	DM2	DM0	DM1	DM2
I	24.90	24.70	25.90	24.80	26.70	23.70	24.30	25.20	21.80
II	24.30	27.10	26.80	27.00	26.80	29.00	27.10	29.60	28.40
III	22.40	26.50	24.60	25.00	26.00	25.70	26.70	26.50	26.40
Total	71.60	78.30	77.30	76.80	79.50	78.40	78.10	81.30	76.60
Prom.	23.87	26.10	25.77	25.60	26.50	26.13	26.03	27.10	25.53
Prom. DT	25.24			26.08			26.22		
Prom. DM	25.17			26.57			25.81		

**Tabla 26.** Promedio de datos evaluados de diámetro ecuatorial de bulbo

Bloque	DT0			DT1			DT2		
	DM0	DM1	DM2	DM0	DM1	DM2	DM0	DM1	DM2
I	30.30	36.00	37.60	38.90	40.50	33.20	37.00	37.10	35.30
II	34.60	42.90	41.20	38.50	43.60	43.50	41.70	43.90	45.30
III	35.70	43.00	44.00	44.00	42.20	42.00	44.10	41.60	42.70
Total	100.60	121.90	122.80	121.40	126.30	118.70	122.80	122.60	123.30
Prom.	33.53	40.63	40.93	40.47	42.10	39.57	40.93	40.87	41.10
Prom. DT	38.37			40.71			40.97		
Prom. DM	38.31			41.20			40.53		

**Tabla 27.** Promedio de datos evaluados de peso de bulbo/planta

Bloque	DT0			DT1			DT2		
	DM0	DM1	DM2	DM0	DM1	DM2	DM0	DM1	DM2
I	26.64	34.91	37.92	32.69	36.59	25.11	31.15	28.67	30.86
II	27.03	38.84	38.88	32.97	42.07	41.80	38.59	43.25	47.98
III	26.95	39.36	37.63	38.18	36.86	34.57	42.98	36.93	41.01
Total	80.62	113.11	114.43	103.83	115.52	101.47	112.72	108.84	119.85
Prom.	26.87	37.70	38.14	34.61	38.51	33.82	37.57	36.28	39.95
Prom. DT	34.24			35.65			37.93		
Prom. DM	33.02			37.50			37.30		

**Tabla 28.** Promedio de datos evaluados de rendimiento de bulbo kg/ha

Bloque	DT0			DT1			DT2		
	DM0	DM1	DM2	DM0	DM1	DM2	DM0	DM1	DM2
I	7103.73	9308.80	10112.53	8716.27	9757.87	6694.67	8305.87	7645.33	8228.00
II	7208.53	10358.40	10366.93	8790.67	11218.67	11146.40	10289.60	11532.00	12794.40
III	7186.93	10496.00	10034.40	10181.07	9829.60	9217.87	11462.40	9847.47	10936.27
Total	21499.20	30163.20	30513.87	27688.00	30806.13	27058.93	30057.87	29024.80	31958.67
Prom.	7166.40	10054.40	10171.29	9229.33	10268.71	9019.64	10019.29	9674.93	10652.89
Prom. DT	9130.70			9505.90			10115.70		
Prom. DM	8805.01			9999.35			9947.94		

**Tabla 29.** Promedio de datos evaluados de número de dientes por bulbo

Bloque	DT0			DT1			DT2		
	DM0	DM1	DM2	DM0	DM1	DM2	DM0	DM1	DM2
I	8.60	10.50	10.00	9.90	10.30	9.80	9.20	10.00	10.40
II	9.00	10.30	10.20	10.10	10.80	11.10	11.20	11.30	11.40
III	8.60	10.10	10.50	10.60	10.30	10.00	10.80	10.10	10.10
Total	26.20	30.90	30.70	30.60	31.40	30.90	31.20	31.40	31.90
Prom.	8.73	10.30	10.23	10.20	10.47	10.30	10.40	10.47	10.63
Prom. DT	9.76			10.32			10.50		
Prom. DM	9.78			10.41			10.39		

### ANEXO 3. Panel fotográfico



*Figura 9 Delimitación de unidades experimentales*



*figura 10 Medición para siembra de dientes de ajo*



*Figura 11 Activación de EM a EMA*



*Figura 12 Pesaje de Trichoderma viride*



*Figura 13 Vista de las plántulas de ajo en pleno crecimiento.*



*Figura 14 Extracción de conidias de Trichoderma viride para su aplicación*





*Figura 15 Primera aplicación de Trichoderma sp*



*Figura 16 Medición de altura de planta antes de la segunda aplicación*



*Figura 17 Preparación de EMA para aplicación foliar*



*Figura 18 Crecimiento de las hojas de las plantas de ajo*



*Figura 19 Crecimiento de bulbos*



*Figura 20 Plantas de ajo en maduración de bulbos*



*Figura 21 Cosecha de plantas de ajo del tratamiento 7*



*Figura 22 Cosecha de plantas de ajo*



*Figura 23 Ajos cosechados*



*Figura 24 Ajos cosechados y desgrane de dientes*