



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



**BIOFERTILIZACIÓN CON (*Trichoderma viride*) Y  
MICROORGANISMOS EFICIENTES SOBRE EL DESARROLLO Y  
RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ESPINACA (*Spinacia oleracea*  
sp.) EN CONDICIONES DE INVERNADERO YUNGUYO - PUNO -  
2023**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. JUAN CARLOS LAURENTE CAHUAYA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**BIOFERTILIZACIÓN CON (Trichoderma vi-  
ride) Y MICROORGANISMOS EFICIENTES  
SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENT  
O DEL CULTIVO DE ESPINACA (Spinacia  
oleracea sp.) EN CONDICIONES DE INVE  
RNADERO YUNGUYO - PUNO**

AUTOR

**JUAN CARLOS LAURENTE CAHUAYA**

RECuento de palabras

**31992 Words**

RECuento de caracteres

**160252 Characters**

RECuento de páginas

**161 Pages**

Tamaño del archivo

**20.5MB**

Fecha de entrega

**Oct 21, 2024 9:02 AM GMT-5**

Fecha del informe

**Oct 21, 2024 9:04 AM GMT-5**

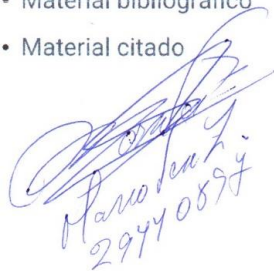
### ● 20% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.


- 19% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



Mario Cañay  
29440894



Dr. Manuel Alfredo Callohuancá P.  
Cod. 82081 CIP: 24042

Resumen



## DEDICATORIA

Con la eterna gratitud a mis queridos padres, Lucio Eusebio y Martha, por sus sacrificios desplegados y apoyo brindado para forjarme profesionalmente.

Con todo cariño y gratitud, a mis hermanas: Gladys Rosario, Maribel Maritza, Deysi Elizabeth, y a mis sobrinos, por su aliento y apoyo brindado en la culminación de mis estudios profesionales.

Y a su vez a la Ing. Nora, ORTIZ CALCINA, por su apoyo incondicional, por haberme compartido sus conocimientos para la elaboración de mi proyecto.

*Juan Carlos Laurente Cahuaya*



## AGRADECIMIENTOS

Mi más profundo agradecimiento y mi Gratitude:

A Dios por guiar mis pasos día a día, dirigirme y acompañarme; brindarme las fuerzas necesarias para continuar y lograr mis metas culminando este proyecto tan importante.

A mi alma mater Universidad Nacional del Altiplano – Puno, Facultad de Ciencias Agrarias, la Escuela Profesional de Agronomía por haber contribuido en mi formación profesional.

A mi director de tesis M.Sc. Marco Alexis Vera Zuñiga y miembros del jurado calificador por guiarme en el desarrollo de mi tesis. D.Sc. Evaristo Mamani Mamani, M.Sc. Isaac Ticona Zuñiga, Dr. Felix Alonso Astete Maldonado.

*Juan Carlos Laurente Cahuaya*



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN... ..</b>	<b>15</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1. OBJETIVOS .....</b>	<b>19</b>
1.1.1. Objetivo general .....	19
1.1.2. Objetivos específicos.....	19
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>20</b>
2.1.1. A nivel internacional .....	20
2.1.2. A nivel nacional.....	25
2.1.3. A nivel local .....	27
<b>2.2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>28</b>
2.2.1. Origen del cultivo de espinaca.....	28
2.2.2. Clasificación taxonómica .....	29



2.2.3. Características del cultivo de espinaca .....	29
2.2.4. Fenología del cultivo .....	33
2.2.5. Características físico-químicas y organolépticas.....	35
2.2.6. Valor nutricional de la espinaca .....	36
2.2.7. Requerimiento del cultivo .....	37
2.2.8. Suelo .....	37
2.2.9. Clima .....	38
2.2.10. Humedad.....	39
2.2.11. Riego.....	39
2.2.12. Labores culturales.....	40
2.2.13. Variedades .....	44
2.2.14. Viroflay.....	45
2.2.15. Enfermedades que pueden afectar al cultivo de espinaca.....	46
2.2.16. Microorganismos eficaces (EM) .....	47
2.2.17. EM (Microorganismos eficaces) .....	48
2.2.18. Modo de acción de los microorganismos eficaces .....	49
2.2.19. Tipos de organismos presentes .....	50
2.2.20. Aplicaciones de microorganismos eficaces.....	52
2.2.21. Relación de microorganismos con la planta.....	54
2.2.22. Efectos de los microorganismos sobre las plantas.....	55
2.2.23. Efectos de EM sobre el crecimiento y producción de Las cosechas .....	56
2.2.24. Trichoderma.....	56
2.2.25. Clasificación taxonómica .....	57
2.2.26. Principales beneficios agrícolas del Trichoderma.....	58
2.2.27. Especies .....	61



2.2.28. Biofertilización .....	65
2.2.29. Invernadero .....	66
2.2.30. Tipos de invernadero .....	68

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....</b>	<b>69</b>
3.1.1. Ubicación política.....	69
3.1.2. Límites .....	69
<b>3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>70</b>
3.2.1. Población .....	71
3.2.2. Muestra.....	71
3.2.3. Método de Investigación .....	71
3.1.1. Dimensiones del área experimental.....	73
3.1.2. Periodo de investigación.....	74
<b>3.2. FACTORES EN ESTUDIO.....</b>	<b>74</b>
<b>3.3. MATERIALES, INSTRUMENTOS E INSUMOS .....</b>	<b>74</b>
<b>3.4. MATERIAL VEGETAL .....</b>	<b>74</b>
3.4.1. Material biológico .....	74
3.4.2. Instrumentos e insumos .....	75
<b>3.5. METODOLOGÍA .....</b>	<b>76</b>
3.5.1. Fase laboratorio .....	76
3.5.2. Fase invernadero.....	80
3.5.3. Objetivo 1: Determinar el rendimiento del cultivo de espinaca bajo la aplicación de cepas de Trichoderma viride y Microorganismos eficientes	81



3.5.4. Objetivo 2: Evaluar el efecto de la Biofertilización con cepas de Trichoderma viride y Microorganismos Eficientes en el crecimiento y desarrollo del cultivo de espinaca.....	82
--	----

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ESPINACA BAJO LA APLICACIÓN DE CEPAS DE <i>Trichoderma viride</i>. Y MICROORGANISMOS EFICIENTES</b>	<b>84</b>
4.1.1. Rendimiento por efecto de las dosis de <i>Trichoderma viride</i> .....	85
4.1.2. Rendimiento por efecto de las dosis de EM .....	88
4.1.3. Rendimiento por efecto de las dosis <i>Trichoderma viride</i> y EM.....	89
<b>4.2. EFECTO DE LA BIOFERTILIZACIÓN CON CEPAS DE <i>Trichoderma viride</i> Y MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DE ESPINACA</b> .....	<b>92</b>
4.2.1. Altura de la planta del cultivo de espinaca .....	92
4.1.2. Número de hojas del cultivo de espinaca .....	109
4.1.3. Masa radicular .....	114
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	<b>119</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>120</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>121</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>133</b>

ÁREA: Ciencias Agrarias

TEMA: Manejo agronómico de cultivos

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 22 de octubre de 2024





## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Características físico-químicas y organolépticas .....	35
<b>Tabla 2</b> Composición Nutritiva de la Espinaca (por 100 g de producto comestible)	37
<b>Tabla 3</b> Enfermedades en el cultivo de la espinaca .....	46
<b>Tabla 4</b> Factores en estudio y tratamientos .....	72
<b>Tabla 5</b> Cantidades de insumos para 2.5% de Microorganismos Eficaces (EM) .....	77
<b>Tabla 6</b> Cantidades de insumos para 5% de Microorganismos Eficaces (EM) .....	77
<b>Tabla 7</b> Cantidades de insumos para 7.5% de Microorganismos Eficaces (EM) .....	78
<b>Tabla 8</b> Concentraciones de Trichoderma viride .....	79
<b>Tabla 9</b> Combinación de microorganismos (Trichoderma viride + EM).....	79
<b>Tabla 10</b> ANOVA para rendimiento de cultivo de espinaca bajo la aplicación de cepas de Trichoderma viride. y Microorganismos eficientes .....	84
<b>Tabla 11</b> Prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para rendimiento por efecto de las dosis de Trichoderma viride.....	86
<b>Tabla 12</b> ANOVA para altura de planta a la tercera evaluación del cultivo de espinaca bajo la aplicación de cepas de Trichoderma viride. y Microorganismos eficientes .....	94
<b>Tabla 13</b> Prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para altura de planta a la tercera evaluación por efecto de las dosis de Trichoderma viride.....	95
<b>Tabla 14</b> ANOVA para altura de planta a la cuarta evaluación del cultivo de espinaca bajo la aplicación de cepas de Trichoderma viride. y Microorganismos eficientes .....	98
<b>Tabla 15</b> Prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para altura de planta a la cuarta evaluación por efecto de las dosis de Trichoderma viride.....	99



<b>Tabla 16</b>	ANOVA para altura de planta a la quinta evaluación del cultivo de espinaca bajo la aplicación de cepas de <i>Trichoderma viride</i> . y Microorganismos eficientes .....	102
<b>Tabla 17</b>	Prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para altura de planta a la quinta evaluación por efecto de las dosis de <i>Trichoderma viride</i> . .....	103
<b>Tabla 18</b>	ANOVA para número de hojas del cultivo de espinaca bajo la aplicación de cepas de <i>Trichoderma viride</i> . y Microorganismos eficientes .....	110
<b>Tabla 19</b>	Prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para número de hojas por efecto de las dosis de <i>Trichoderma viride</i> . .....	111
<b>Tabla 20</b>	ANOVA para masa radicular de cultivo de espinaca bajo la aplicación de cepas de <i>Trichoderma viride</i> . y Microorganismos eficientes .....	115
<b>Tabla 21</b>	Prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para masa radicular por efecto de las dosis de <i>Trichoderma viride</i> . .....	116



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Partes de una planta de espinaca .....	33
<b>Figura 2</b> Etapas fenológicas del cultivo de la espinaca.....	34
<b>Figura 3</b> Los tres grupos de microorganismos componentes del EM.....	49
<b>Figura 4</b> A) Características morfológicas de Trichoderma, coloniales. en medio PDA (Papa-Dextrosa- Agar). B) Observación realizada con un microscopio de contraste de fases 40X .....	57
<b>Figura 5</b> Localización de la ciudad de Yunguyo .....	70
<b>Figura 6</b> Rendimiento de hojas por efecto de las dosis de Trichoderma viride. ....	87
<b>Figura 7</b> Rendimiento de hojas por efecto de las dosis de EM.....	89
<b>Figura 8</b> Rendimiento de hojas por efecto de las dosis Trichoderma viride y EM... 90	
<b>Figura 9</b> Primera evaluación altura de planta con Trichoderma viride y EM.....	92
<b>Figura 10</b> Segunda evaluación altura de planta con Trichoderma viride y EM.....	93
<b>Figura 11</b> Altura de planta a la tercera evaluación por efecto de las dosis de Trichoderma viride. ....	95
<b>Figura 12</b> Altura de planta a la tercera evaluación por efecto de las dosis de EM. ....	96
<b>Figura 13</b> Altura de planta a la tercera evaluación por efecto de las dosis de Trichoderma viride. y por efecto de las dosis de EM.....	97
<b>Figura 14</b> Altura de planta a la cuarta evaluación por efecto de las dosis de Trichoderma viride.....	99
<b>Figura 15</b> Altura de planta a la cuarta evaluación por efecto de las dosis de EM. ...	100
<b>Figura 16</b> Altura de planta a la cuarta evaluación por efecto de las dosis de Trichoderma viride. y por efecto de las dosis de EM. ....	101



<b>Figura 17</b>	Altura de planta a la quinta evaluación por efecto de las dosis de Trichoderma viride .....	104
<b>Figura 18</b>	Altura de planta a la quinta evaluación por efecto de las dosis de EM....	106
<b>Figura 19</b>	Altura de planta a la quinta evaluación por efecto de las dosis de Trichoderma viride. y por efecto de las dosis de EM.....	107
<b>Figura 20</b>	Número de hojas por efecto de las dosis de Trichoderma viride .....	111
<b>Figura 21</b>	Número de hojas por efecto de las dosis de EM. ....	112
<b>Figura 22</b>	Número de hojas por efecto de las dosis de Trichoderma viride. y dosis de EM. ....	113
<b>Figura 23</b>	Masa radicular por efecto de las dosis de Trichoderma viride. ....	116
<b>Figura 24</b>	Masa radicular por efecto de las dosis de EM. ....	117
<b>Figura 25</b>	Masa radicular por efecto de las dosis de Trichoderma viride. y las dosis de EM. ....	118



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO 1 Metodología.....	133
ANEXO 2 Base de datos .....	138
ANEXO 3 Panel fotográfico.....	156
ANEXO 4 Declaración del jurado para ejecutar la sustentación.....	159
ANEXO 5 Declaración jurada de Autenticidad de Tesis .....	160
ANEXO 6 Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional .....	161



## ACRÓNIMOS

ANOVA	: Análisis de varianza
BID	: Banco Interamericano de Desarrollo.
CV	: Coeficiente de variación
CM	: Cuadrados medios
EM	: Microorganismos eficientes
Fc	: F calculada
SC	: Suma de cuadrados
M0	: Testigo.
M1	: Dosis baja (2.5 % de EM)
M2	: Dosis media (5 % de EM)
M3	: Dosis alta (7.5 % de EM)
T1, T2, T3	: Tratamientos
T0	: Testigo
T1	: Dosis baja (1 bolsa/ha)
T2	: Dosis media (2 bolsas /ha)
T3	: Dosis alta (3 bolsas/ha)
cm	: Centímetros
Nº	: Número
Kg	: kilogramos
Ha	: Hectárea
µg	: Microgramo
mg	: miligramo
Mg	: magnesio
Fe	: hierro



## RESUMEN

En los últimos años, la producción de hortalizas orgánicas ha crecido, generando nuevas oportunidades de mercado, en respuesta al creciente interés por la producción de hortalizas orgánicas, se llevó a cabo un estudio en Yunguyo, Puno (2023), para evaluar el impacto de la biofertilización con *Trichoderma viride* y microorganismos eficientes (EM) en el desarrollo y rendimiento del cultivo de espinaca bajo condiciones de invernadero. Para el experimento se eligió el diseño completamente al azar con un arreglo factorial 4x4, considerando dos factores: A) Dosis de *Trichoderma viride* y B) Dosis de EM. Se aplicaron 16 tratamientos, cada uno con cuatro repeticiones, totalizando 64 unidades experimentales. Los resultados mostraron que: a) la dosis de *Trichoderma viride* tuvo un efecto significativo en el rendimiento de la espinaca, donde la aplicación de 3 bolsas/ha generó un rendimiento de 3,471.27 kg/ha. No se observaron diferencias significativas en las dosis de EM ni en la interacción entre ambos factores. Sin embargo, numéricamente, la dosis de 7.5% de EM alcanzó 3,257.81 kg/ha. La combinación de 3 bolsas/ha de *Trichoderma viride* con una dosis de 2.5% de EM produjo el mayor rendimiento, con 3,803.82 kg/ha. b) En cuanto al crecimiento y desarrollo, la dosis de 3 bolsas/ha de *Trichoderma viride* mostró diferencias significativas, logrando 75.51 cm en altura, 52.14 hojas por planta y una masa radicular de 9.08 g. Aunque no hubo diferencias estadísticas para EM, la combinación de *Trichoderma viride* y 7.5% de EM presentó el mejor desarrollo, con 79.79 cm de altura, 55.42 hojas y 8.88 g de masa radicular.

**Palabras clave:** Biofertilización, Cepa *Trichoderma viride*, Microorganismos eficientes, Rendimiento, Desarrollo.



## ABSTRACT

In recent years, organic vegetable production has grown, generating new market opportunities, in response to the growing interest in organic vegetable production, a study was conducted in Yunguyo, Puno (2023), to evaluate the impact of biofertilization with *Trichoderma viride* and efficient microorganisms (EM) on the development and yield of spinach crop under greenhouse conditions. A completely randomized design with a 4x4 factorial arrangement was chosen for the experiment, considering two factors: A) Dose of *Trichoderma viride* and B) Dose of EM. Sixteen treatments were applied, each with four replications, totaling 64 experimental units. The results showed that: a) the dose of *Trichoderma viride* had a significant effect on spinach yield, where the application of 3 bags/ha generated a yield of 3,471.27 kg/ha. No significant differences were observed in the MS doses or in the interaction between both factors. However, numerically, the dose of 7.5% of ME reached 3,257.81 kg/ha. The combination of 3 bags/ha of *Trichoderma viride* with a 2.5% dose of MS produced the highest yield, with 3,803.82 kg/ha. b) As for growth and development, the dose of 3 bags/ha of *Trichoderma viride* showed significant differences, achieving 75.51 cm in height, 52.14 leaves per plant and a root mass of 9.08 g. Although there were no statistical differences for EM, the combination of *Trichoderma viride* and 7.5% EM showed the best development, with 79.79 cm in height, 55.42 leaves and 8.88 g root mass.

**Keywords:** Biofertilization, *Trichoderma* sp strain, efficient microorganisms, yield, development.





# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La espinaca (Var.Viroflay improved) es una hortaliza importante en la dieta alimenticia, se consume sus hojas en fresco o cocido; tiene un periodo de crecimiento relativamente corto. Sus hojas contienen cantidades de proteínas, vitaminas y minerales, especialmente de hierro. Son ricas en carbohidratos, fibra, sales minerales (potasio, calcio, magnesio, hierro, fósforo y sodio) vitaminas A, C, E y B9. El consumo de la espinaca aporta muchos beneficios a la salud al mejorar la visión, promover el transporte y depósito de oxígeno en los tejidos, debido a que la espinaca es una excelente fuente de hierro; mejora la digestión, aumenta la fuerza muscular, ayuda a perder peso al eliminar la grasa corporal. mantiene la presión arterial balanceada, entre otros beneficios para la salud; por tanto, se debe incluir en la dieta alimenticia. Ya sea cruda en ensaladas, cocidas y guisadas, (Eroski, et al 2019).

La espinaca tiene una fase vegetativa corta (60 a 90 días), lo que la hace ideal para la rotación y diversificación de cultivos. Ofrece alta producción y productividad, mejora el aprovechamiento del suelo, es tolerante a heladas leves y se puede cosechar de una sola vez. (Serrano 1977).

Esta hortaliza crece bien en la costa y sierra del Perú. La producción anual es de 8,948 TM, distribuida en 7 departamentos. El departamento de Junín produce la mayor cantidad con 4,606 TM, seguido por Lima con 3,876 TM. seguidos por (171 TM), Áncash (113 TM), La Libertad (98 TM), Ica (64 TM) y Huancavelica (20 TM), en un total de 666 hectáreas.



En el departamento de Puno, la producción de hortalizas es mínima y no hay estadísticas en el Ministerio de Agricultura. Por otro lado, es importante mencionar que algunos agricultores utilizan productos químicos para aumentar el rendimiento, lo cual es perjudicial para la salud y el medio ambiente debido a los residuos nocivos en los alimentos (Rodríguez et al., 2009).

Hoy en día la producción de hortalizas orgánicas ha aumentado gradualmente en los últimos años, además de mejorar oportunidades de mercado (Ferrato y Mondino, 2008). motivo por el cual se planteó realizar el trabajo de investigación como una alternativa orgánica y ecológica utilizando microorganismos *Trichoderma viride* y Microorganismos Eficaces (EM) ya que estos no son perjudiciales para la salud ni el medio ambiente. *Trichoderma* estimula el crecimiento de los cultivos, porque posee metabolitos que promueven los procesos de desarrollo en las plantas (Chiriboga et al., 2015). También produce sustancias estimuladoras del crecimiento y desarrollo de las plantas. Estas sustancias actúan como catalizadores o aceleradores de los tejidos meristemáticos primarios (los que tienen potencial de formar nuevas raíces) en las partes jóvenes de éstas, acelerando su reproducción celular, logrando que las plantas alcancen un desarrollo más rápido que aquellas plantas que no hayan sido tratadas con dicho microorganismo (Andrade, 2012). Por otro lado, los Microorganismos Eficaces (EM) restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejoran su condición fisicoquímica, incrementan la protección y producción de los cultivos, promoviendo una agricultura y un medio ambiente sostenibles (Luna y Mesa, 2017). Además, están al alcance de los agricultores, en ese sentido cuyo trabajo de investigación tienen los siguientes objetivos:



## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la Biofertilización con cepas de *Trichoderma viride* y Microorganismos Eficientes en el desarrollo y rendimiento del cultivo de espinaca bajo condiciones de invernadero Yunguyo, Puno.

### 1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar el rendimiento del cultivo de espinaca bajo la aplicación de cepas de *Trichoderma viride*. y Microorganismos Eficientes
- Evaluar el efecto de la Biofertilización con cepas de *Trichoderma viride* y Microorganismos Eficientes en el crecimiento y desarrollo del cultivo de espinaca.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. A nivel internacional

Rodríguez y Vargas (2021), evaluaron el crecimiento en plantas de tomate inoculadas con cepas nativas e importadas de *Trichoderma* spp., tanto en invernadero como en campo. Utilizaron cepas de productos comerciales (THU-01 y THC-02) y cepas nativas (THM-03 y THM-04), aplicando tratamientos con una concentración de  $12 \times 10^9$  esporas/mL.-1. Las plantas de tomate inoculadas con las diferentes cepas de *Trichoderma* spp., presentaron mayor cantidad de hojas, longitud de raíz, altura y biomasa. Las cepas *T. asperellum* y *T. asperelloides* presentaron valores significativamente mayores en la mayoría de las variables evaluadas. Existen cepas nativas de la especie de *Trichoderma* que promueven el crecimiento vegetal de las plantas de tomate como la mayor acumulación de biomasa, incremento de la altura, más longitud de raíz y número de hojas tanto a nivel de invernadero como en campo; donde la mejor fue la especie de *T. asperellum* (nativa); no obstante, se obtuvieron resultados similares con la especie importada *T. asperelloides*.

Camargo y Avila (2013), reportan en su investigación sobre la aplicación de *Trichoderma* sp. en el crecimiento y desarrollo de la arveja han demostrado efectos positivos significativos. La cepa nativa de *Trichoderma* sp. microorganismos aislados de suelos de cultivos de arveja y se inocularon en las plantas para evaluar variables como germinación, área foliar, peso seco y fresco



de la raíz, peso seco y fresco de la parte aérea, y longitud de raíz. Con respecto a Peso fresco parte aérea destaca T12, el cual es un 77% superior al del testigo.

Sánchez (2022), menciona que en Nicaragua se han realizado pocos estudios sobre *Trichoderma* spp. Por ello este estudio se centró en identificar y cuantificar el potencial de aislados nativos de *Trichoderma* spp. en el crecimiento y peso del tomate. Se utilizó una solución madre de *Trichoderma* sp. a una concentración de 108 conidias/ml, aplicando 1 ml en el sustrato de siembra. Los tratamientos incluyeron varias especies de *Trichoderma*, los cuales fueron T1: *T. harzianum*; T12: *T. asperelloide*; T11c: *T. viride*; T8: *T. songyi*; F2TG-11: *T. breve*; T3: *T. asperellum*; CIXD-07: *T. virens*. mientras que el testigo sólo recibió agua destilada estéril. Las variables medidas a los 25 días fueron altura, peso y longitud de las raíces. Los resultados mostraron que *T. harzianum* y *T. viride* tuvieron el mayor efecto promotor, con incrementos del 38.8% y 22.6% en altura, 72% y 46.3% en peso, y 70% y 36.3% en longitud de raíces.

Islas (2024) investigó la respuesta a la inoculación de cepas nativas de *Trichoderma* spp. del norte de Sinaloa como promotoras de crecimiento en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) el experimento se realizó en dos zonas: Guasave, con riego por goteo, y Ahome, con riego rodado. Donde se evaluaron siete tratamientos: cuatro cepas nativas de *Trichoderma* spp., una cepa comercial de *Trichoderma viride* con dosis baja de fertilización sintética (200 kg de N ha<sup>-1</sup>) y dos testigos con dosis de 200 y 300 kg de N ha<sup>-1</sup>. Los tratamientos fueron: T1= TF (*Trichoderma virens*) + 200 kg N ha<sup>-1</sup>; T2= C21 (*Trichoderma* spp.) + 200 kg N ha<sup>-1</sup>; T3= TJ7 (*Trichoderma* spp.) + 200 kg N ha<sup>-1</sup>; T4= TJ3 (*Trichoderma* spp.) + 200 kg N ha<sup>-1</sup>; T5= cepa comercial (*Trichoderma viride*) + 200 kg N ha<sup>-1</sup>.



1; T6= Testigo (sin cepa) + 200 kg N ha<sup>-1</sup>; T7= Testigo (sin cepa) + 300 kg N ha<sup>-1</sup>. A los 109 días después de la siembra, no se detectaron diferencias significativas en variables de crecimiento como altura de planta, altura de mazorca, diámetro de tallo y volumen de raíz. Sin embargo, a los 179 días, la cosecha evaluada en peso de 1000 granos, peso de mazorca y peso total no mostró diferencias significativas entre tratamientos, según el ANOVA realizado con SAS. Estos resultados indican que la inoculación con *Trichoderma* spp. promueve el crecimiento vegetal, reduciendo la necesidad de fertilizantes sintéticos sin afectar el rendimiento del maíz, alineándose con los objetivos de desarrollo sustentable sobre salud e inocuidad alimentaria.

Suárez et al, (2023), da a conocer en su investigación explicando que consistió en aislar, identificar y aplicar diferentes cepas de *Trichoderma*, estas fueron multiplicadas por fermentación líquida. Los microorganismos se obtuvieron de cuatro provincias de la Amazonia Ecuatoriana de tres cultivos. Estas cepas de *Trichoderma* fueron seleccionadas mediante un screening, sumergiendo las semillas de maíz en una solución de  $1 \times 10^7$  esporas por tratamiento y dejándolas en reposo por una hora. Las inoculaciones se realizaron previo a la siembra cada 15 días, hasta los 60 días. Después de la primera inoculación, se evaluó la altura de planta, longitud y diámetro de raíces. Sin embargo, todos los tratamientos con *Trichoderma* lograron un crecimiento notable en las raíces en comparación con el control. Se concluye que los aislados MSPP-01-03 y MSPP-02-05 actúan como promotores del crecimiento radical de plantas de maíz.

Bacusoy y Fienco (2023), en su investigación sobre la efectividad del hongo *T. harzianum* como biofertilizante en el cultivo de arroz (*O. sativa* L.) para



una producción ecosostenible, el cual se llevó a cabo un experimento en Las Gilces-Crucita, cantón Portoviejo, provincia de Manabí. Donde se utilizó un Diseño de Bloques al Azar con cuatro tratamientos de diferentes dosis más un control y cuatro repeticiones, se evaluó variables de medida como; altura de la planta (cm), número de macollos y productividad del cultivo (kg/ha). desde la siembra hasta la cosecha. Para el primer tratamiento (T1) se utilizó una dosis de 150 gr/ha-1. En el segundo tratamiento (T2) se utilizó una dosis de 300 gr/ha-1. En el tercer tratamiento (T3) se utilizó una dosis de 450 gr/ha-1. En el cuarto tratamiento (T4) se utilizó una dosis de 600 gr/ha1. Adicionalmente, se consideró un control como testigo mediante el método tradicional de fertilización química, Dichos resultados mostraron que el mejor tratamiento para la altura de la planta fue el tratamiento 1 (150 g/ha) con una media de 107,80 cm. Para el número de macollos, el tratamiento 1 también fue el mejor con una media de 157,50 macollos. La mayor producción se obtuvo con el tratamiento 3 (450 g/ha) con una media de 8068,1 kg/ha, comparado con el método tradicional con agroquímicos.

Guerrero (2022), en su investigación evaluó los efectos de la aplicación de microorganismos eficaces (EM) en el cultivo de soja. Utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con cuatro tratamientos; T1(Testigo sin aplicar), T2 (40 lts/ha), T3(50 lts/ha), T4(60 lts/ha) Donde se evaluó altura de planta, peso de 1000 granos y rendimiento de grano. Los resultados obtenidos fueron que el tratamiento T4 mostró el mayor desarrollo en altura con 87 cm, seguido por T2 y T3 con 83 cm, y el testigo con 79 cm. En cuanto al peso de 1000 granos, el T4 mostró un aumento positivo con 160 g. El rendimiento promedio del T4 fue de 3450 kg/ha, indicando diferencias significativas entre los tratamientos.



Abreu et al (2023), experimento realizado en una huerta familiar en Limonar de Monte Ruz, municipio El Salvador, Guantánamo, donde evaluó la respuesta agronómica de la col (*Brassica oleracea*) variedad Hércules con microorganismos eficientes de montaña (MEM). Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones por tratamiento: un testigo sin MEM y otro con MEM al 5% de concentración. Los resultados mostraron que la aplicación de MEM mostró significativamente los parámetros productivos: diámetro ecuatorial de 11,1 cm, diámetro polar de 21,2 cm y peso de los frutos de 0,95 kg, comparado con el testigo (8,7 cm, 18,1 cm y 0,59 kg, respectivamente). Esta diferencia significativa se atribuye al estiércol equino descompuesto y a la rápida acción de los MEM en el suelo, facilitando la absorción de nutrientes por las plantas.

Vargas (2017), realizó un experimento en la Finca Experimental "La María" para evaluar el efecto de microorganismos eficaces (M.E.) en el suelo y en el desarrollo del cultivo de nabo. Las dosis de M.E. utilizadas fueron: 1) Sin M.E.; 2) M.E. 0.40 Lha-1; 3) M.E. 0.60 Lha-1; y 4) M.E. 0.80 Lha-1. Se empleó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con arreglo factorial de  $2 \times 4 + 1$  en 3 repeticiones. Las variables evaluadas incluyeron altura de planta, número de hojas, diámetro, peso por planta, área foliar, rendimiento y análisis económico. La dosis de 0.60 Lha-1 de M.E. mostró la mayor altura de planta a los 15 y 30 días después de la siembra (dds) con 12.47 cm y 25.53 cm. A los 45 dds, la dosis de 0.80 Lha-1 presentó la mayor altura con 46.72 cm. Con respecto al número de hojas, la dosis de 0.40 Lha-1 mostró el mayor número de hojas en las tres evaluaciones (15, 30 y 45 dds) con promedios de 3.98, 7.40 y 16.65 hojas, respectivamente. Por otro lado, el peso por planta, la dosis de 0.80 Lha-1 presentó el mayor peso con 0.74 kg/planta. El área foliar la dosis de 0.40 Lha-1 presentó la





mayor área foliar con 574.12 cm<sup>2</sup>, superior a la aplicación sin M.E. que obtuvo 429.16 cm<sup>2</sup>. El rendimiento fue mayor con la dosis de 0.80 Lha<sup>-1</sup>, alcanzando 90,833.33 kg/ha, sin diferir significativamente de las demás dosis con promedios entre 88,020.83 y 80,416.67 kg/ha.

### **2.1.2. A nivel nacional**

Mateu (2019), evaluó la influencia del guano de islas y microorganismos eficaces en la precocidad y rendimiento del cultivo de espinaca Viroflay. Utilizó un diseño Bloque Completo Randomizado con arreglo factorial de 4 G \* 3 M, tres repeticiones y 36 unidades experimentales. Los niveles de guano de islas (G) fueron: 0, 1, 2 y 3 t.ha<sup>-1</sup>, y las dosis de microorganismos eficaces (M) fueron: 0, 5 % y 10 %. El experimento se llevó a cabo en el Centro Experimental de Canaán de la Universidad de Huamanga, Ayacucho. a 2,750 msnm, El guano de islas se aplicó al fondo del surco durante la siembra, y el caldo de (M) se asperjó a las plantas en cuatro momentos. La dosis de siembra fue 10 kg.ha<sup>-1</sup>. Resultados muestran que el aumento en la dosis de guano de islas influyó inversamente en la precocidad de la espinaca. Por otro lado, las dosis de 3 y 2 t.ha<sup>-1</sup> de guano reportaron rendimientos de 18,421 y 16,221 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, con una tendencia cuadrática en el rendimiento de biomasa. Aunque las dosis de guano influyeron en las características asociadas al rendimiento, sin embargo, no afectaron la precocidad de la espinaca, cuya madurez comercial ocurrió a los 43 días después de la siembra. Las dosis de (M) no afectaron el rendimiento de biomasa, pero la dosis del 5 % influyó en la longitud de planta y del limbo de hoja.

Huerta (2016), evaluó el efecto del guano de isla y microorganismos eficaces (EM) sobre el rendimiento de espinaca en Recuay, usando un diseño



experimental de bloques completos al azar con 3 tratamientos y 3 repeticiones. El tratamiento T2 (2 t/ha de guano de isla + 20 L/ha de EM) mostró el mayor rendimiento con 21,728 Kg/ha. El tratamiento T1 (1 t/ha de guano de isla + 10 L/ha de EM) obtuvo 16,090 Kg/ha, y el tratamiento testigo T0 obtuvo 11,960 Kg/ha. La combinación de guano de isla y EM es beneficiosa para la agricultura, siendo la dosis óptima 2 t/ha de guano de isla + 20 L/ha de EM a diferencia de los demás tratamientos.

Callisaya et al. (2017), investigaron el efecto de los Microorganismos Eficientes (EM) como fertilizante foliar en dos variedades de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), SMR-58 y Eureka, bajo condiciones controladas. Capturaron y multiplicaron los EM del suelo en la comunidad de Suiqui-Chulumani, y los aplicaron en el cultivo de pepinillo utilizando un diseño de bloques al azar con 3 repeticiones y 6 tratamientos. Se evaluaron 12 muestras por tratamiento con concentraciones de EM: C1=10%, C2=50% y C3=80%. Los resultados mostraron diferencias significativas en la altura de planta, número de frutos por planta y rendimiento, destacando T5 con 14.57 kg/4.2 m<sup>2</sup>, resultado de la variedad SMR-58 con la concentración 2 (50% de EM diluida en 5 litros de agua), frente al T1, la variedad Eureka con la concentración 1 (10% de EM diluida en 5 litros de agua) con resultados menos favorables. El análisis económico indicó que los tratamientos 2, 4, 5 y 6 tuvieron una relación beneficio/costo aceptable ( $B/C > 1$ ), mientras que los tratamientos 1 y 3 no fueron rentables.

Illa et al. (2020), investigaron el efecto de *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* en el crecimiento y biocontrol del maní. Concluyeron que los tratamientos con estos microorganismos aumentaron la emergencia en un 37%,



redujeron la incidencia de T. Frezzi en un 14%, incrementaron la biomasa en un 27%, el rendimiento en un 46% y el tamaño del grano en un 34%, en comparación con el grupo de control, sin afectar el grado de madurez.

Trujillo (2020), evaluó el efecto de microorganismos benéficos en el crecimiento y rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas INIA – DONOSO, Huaral, Lima, de agosto a octubre. Usando un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) con cinco tratamientos (cuatro tratamientos y un testigo absoluto) y cinco repeticiones, en un área total de 336 m<sup>2</sup>, se probaron *Trichoderma viride*, *Azotobacter*, *Gibberella* sp., y *Trichoderma* sp.. El tratamiento T4 (*Trichoderma* sp.) registró el mayor contenido de materia seca con 9307.60 kg/ha, significativamente superior al testigo T5 (6762.30 kg/ha). No hubo diferencias significativas entre los tratamientos T2, T3, T1 y T4.

### **2.1.3. A nivel local**

Inquilla et al. (2022), utilizaron cuatro cepas de *Trichoderma* sp. para la producción de tubérculos a partir de yemas en cáscaras de papa. El estudio incluyó cinco tratamientos con dos repeticiones, totalizando 12 unidades experimentales bajo un diseño completamente al azar. Los resultados mostraron que la cepa *Trichoderma* sp. 3 produjo la mayor cantidad de tubérculos con 121.50 tubérculos/2.4m<sup>2</sup> (10.13 tubérculos/planta), seguida por *Trichoderma* sp. 5 con 107.50 tubérculos/2.4m<sup>2</sup> (8.96 tubérculos/planta). El testigo mostró la menor cantidad con 18.50 tubérculos/2.4m<sup>2</sup> (1.54 tubérculos/planta).

León et al. (2022), evaluaron el efecto de diferentes cepas de *Trichoderma* sp. sobre el crecimiento y rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd)



utilizando dos métodos de inoculación: semilla peletizada y aplicación del hongo al suelo (vía drench). Se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 2 x 5, más un testigo, con cinco repeticiones. Se evaluaron crecimiento aéreo, radical y rendimiento. Las cepas TE-7 y TE-126, combinadas con el método de semilla peletizada, lograron la mayor longitud de raíces, mientras que la mayor biomasa seca de raíces se obtuvo con la cepa TE-126. El rendimiento osciló entre 4147,6 y 3222,7 kg/ha, sin embargo, el testigo obtuvo el menor rendimiento con 1412,6 kg/ha.

Llanos (2022), evaluó los efectos del humus de lombriz y biol en el rendimiento de cebolla (*Allium cepa* L. cv. Roja arequipeña). El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con 9 tratamientos y 3 repeticiones, totalizando 27 unidades experimentales. Los resultados mostraron que el mayor rendimiento se obtuvo con el T7 (150 kg/ha NHL), con 7.89 kg/2m<sup>2</sup> (39443.33 kg/ha), seguido por el T4 (130 kg/ha NHL), con 7.67 kg/2m<sup>2</sup> (38333.33 kg/ha), ambos estadísticamente similares ( $p \geq 0.05$ ) y superiores al T1 (testigo) con 3.59 kg/2m<sup>2</sup> (17950 kg/ha). Con biol, el T3 (150 lt/ha NB) tuvo un rendimiento de 4.60 kg/2m<sup>2</sup> (23016.67 kg/ha), seguido por el T2 (130 lt/ha NB), con 4.39 kg/2m<sup>2</sup> (21966.67 kg/ha), ambos estadísticamente similares y superiores al T1 (testigo) ( $p \leq 0.05$ ). Los resultados indican que mayor cantidad de humus de lombriz y biol mejora el rendimiento en peso del bulbo de cebolla.

## 2.2. MARCO TEÓRICO

### 2.2.1. Origen del cultivo de espinaca

La espinaca, probablemente originaria del sudeste de Asia, es un cultivo ampliamente extendido. Fue cultivada por los árabes, quienes la introdujeron en



España, donde se extendió a otras partes del mundo. En el norte de los Estados Unidos, se cultiva extensivamente durante la primavera y el otoño, así como a finales de otoño, en invierno y a comienzos de primavera. (Salunkhe y Kadan, 2004).

### 2.2.2. Clasificación taxonómica

Guapás, M. (2013), indica la clasificación taxonómica de las espinacas de la siguiente forma:

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Subdivisión: Angiospermas

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Caryophyllidae

Orden: Caryophyllales

Familia: Amaranthaceae

Subfamilia: Chenopodioideae

Género: Spinacia

Especie: *Spinacia oleracea* L.

### 2.2.3. Características del cultivo de espinaca

Borrego (1995) menciona que la espinaca es una planta que tiene hojas verdes para la alimentación de los seres humanos porque contiene vitaminas y



minerales, esta planta resiste bajas temperaturas y puede producir durante todo el año. Las hojas forman la roseta en la primera fase y estas son pecioladas. En la segunda fase crece un tallo floral de una longitud de 80 cm.

- Días de germinación : 7-12 días
- Distancias entre plantas : 25-30 cm
- Duración de la primera cosecha : 45 - 50 días
- Ciclo de vida : 3 – 5 meses
- Número de cosecha : 4 – 6 cosechas
- Rendimiento por surco de 30.5 m : 18.4 Kg

(López, 1994).

### **2.2.3.1. Morfología**

La espinaca es una planta anual; su uso hortícola tiene lugar al comienzo del ciclo vegetativo, después de emitir su tallo floral, pierde valor como producto hortícola. Las hojas de la espinaca son la parte que se consume y su propagación se realiza a través de semillas (Ramírez, 2015).

#### **2.2.3.1.1. Hojas**

Las hojas de espinaca son caulíferas, es decir, nacen del tallo, y se disponen de manera alterna y peciolada. Su forma y consistencia varían considerablemente según la variedad, aunque suelen ser de color verde oscuro. El pecíolo, que es cóncavo y a menudo presenta un tono rojizo en su base, tiene una longitud variable que disminuye gradualmente en las



hojas más jóvenes, hasta desaparecer en las que se encuentran en la parte superior del tallo (Flórez, 2010).

Las hojas de espinaca son enteras, con una lámina y pecíolo bien desarrollados. La lámina es glabra y puede ser lisa, ondulada (semi-Savoy) o crespada (Savoy), con un borde entero y color que varía entre verde claro y oscuro. Su forma es generalmente triangular-ovada. El pecíolo es largo, (entre uno a dos tercios del largo total de la hoja), delgado (menor de 1 cm), con ahuecamiento progresivo al avanzar el desarrollo, mostrando un color verdoso hacia la lámina y rosado en la base donde se une al tallo. En la fase de roseta de hojas, la planta alcanza entre 15 y 25 cm de altura (Osorio, 2013).

#### **2.2.3.1.2. Tallo**

Antes de que la espinaca desarrolle su tallo floral, lo cual ocurre en la primavera siguiente a la siembra, la planta forma una mata con grandes hojas en forma de punta de flecha, que es lampiña y se eleva solo unos pocos centímetros sobre el suelo. Una vez que se desarrolla, el tallo típico de la espinaca es recto, hueco y ramificado, alcanzando aproximadamente 50 cm de altura (Tiscornia, 2009).

#### **2.2.3.1.3. Sistema radicular**

La espinaca es una planta de raíz pivotante, poco ramificada de desarrollo radicular superficial y puede alcanzar hasta 1 m de profundidad en el perfil del suelo, y de unas pocas raíces secundarias de gran tamaño (Niño, 2009). El sistema radicular de esta hortaliza es menos profundo y



vigoroso que los de betabel y la acelga, la raíz principal puede medir hasta 1.8 m y 30 cm de ancho, es muy superficial (Jiménez, 2010).

#### **2.2.3.1.4. Flores**

Las flores masculinas, agrupadas en número de 6-12 en las espigas terminales o axilares presentan color verde y están formadas por un periantio con 4-5 pétalos y 4 estambres. Las flores femeninas se reúnen en glomérulos axilares y están formadas por un periantio tetrudentado, con ovarios uniovulares, estilo único y estigma dividido en 3-5 segmentos (CIREN CORFO, 2013).

#### **2.2.3.1.5. Semilla**

Las semillas de espinaca tienen una forma lenticular y un aspecto coriáceo, con revestimientos membranosos que pueden ser inermes o espinosos, y un color gris verdoso. Generalmente, lo que se vende como semilla es el fruto (aquenio). Aunque estos revestimientos favorecen la vitalidad de la semilla, dificultan la velocidad y regularidad de la germinación al impedir la entrada de humedad necesaria para el proceso. Las semillas de dos años suelen germinar más rápidamente y de manera más uniforme que las de un año. Con una humedad relativa (HR) de la semilla del 11 % y HR del ambiente del 55 % a 21 °C, o HR de la semilla del 13 % y HR del ambiente del 73 % a 5-10 °C, el poder germinativo medio es del 75 % y el mínimo del 60 %. La producción de semilla por planta varía de 15 a 20 g, y la recolección se realiza entre junio y julio (Flórez, 2010).



### 2.2.3.1.6. Fruto

El fruto de la espinaca es un pequeño saco o receptáculo que contiene una sola semilla. Esta semilla no es uniforme en forma, tamaño ni color, pudiendo ser de color café claro y presentar una superficie lisa o espinosa. La espinaca fructifica en aquenios, que son semillas de forma apuntada y pueden ser lisos o espinosos, dependiendo del cultivar y la variedad (Jiménez, 2010).

### Figura 1

#### *Partes de una planta de espinaca*



Nota: Núcleo Ambiental (2015)

### 2.2.4. Fenología del cultivo

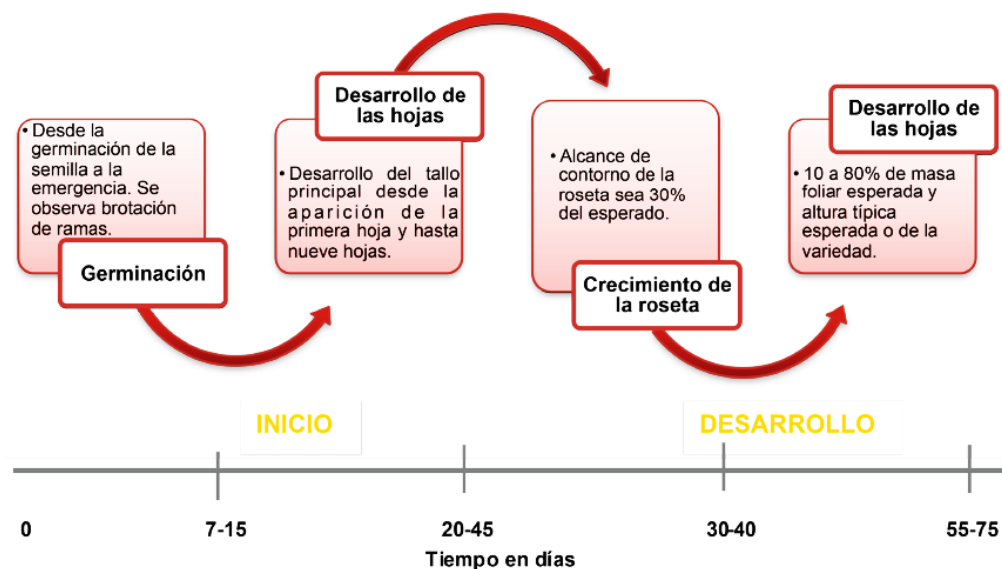
La espinaca inicia con la germinación de la semilla (bien sea bajo cubierta para la obtención de plántulas, o en campo con la siembra directa), seguido por el desarrollo de las hojas (el cual es el órgano de interés y del que depende también su ciclo final, es decir, el de recolección). La recolección se planifica dependiendo

de la variedad y el desarrollo de la planta en tamaño y número de hojas (Floréz, 2010).

Maquerrhua, L.M. (2019) cita a PIDR (2014), donde se describen las fases fenológicas del cultivo de la espinaca en intervalos de semanas. De la primera a la segunda semana ocurre la germinación. Desde la segunda hasta la séptima semana se desarrolla vegetativamente formando la roseta. Entre la octava y la novena semana, la espinaca alcanza su madurez de consumo o cosecha, al presentarse el medio propicio en la onceava semana se presenta la floración e inicia la formación y maduración de la semilla, en catorceava semana se culmina el ciclo con las semillas maduras.

## Figura 2

### *Etapas fenológicas del cultivo de la espinaca*



Nota: (Bonilla 2011)

### 2.2.5. Características físico-químicas y organolépticas

Maquerhua, L.M. (2019) cita a Ávila (2004), quien señala que la espinaca es rica en hierro y calcio y tiene propiedades hipocolesterolemiantes. La hoja de espinaca contiene una composición específica de aminoácidos. Además, proporciona la composición nutritiva de la espinaca por cada 100 gramos de producto comestible.

El color y tamaño de la espinaca puede ser diferente según la variedad y método de siembra utilizado, de modo que es posible manejar un tamaño de hojas más homogéneo considerando que las plántulas se trasplantan a la misma distancia y tengan las mismas condiciones de luz, aireación y competencia de nutrientes. Tiene un alto contenido de agua (cerca del 90%), bajo nivel de carbohidratos y grasas, y gran cantidad de vitaminas, especialmente la A y la C. También se destaca por sus altos niveles de minerales como fósforo, calcio, hierro y potasio (Núcleo Ambiental, 2015).

**Tabla 1**

*Características físico-químicas y organolépticas*

<b>Minerales mg/100g materia cruda</b>		<b>Aminoácidos g/N</b>		<b>Vitaminas/100g materia Cruda</b>	
Sodio	140.00	Arginina	0.35	Caroteno (µg)	35.35
Potasio	500.00	Histidina	0.14	Vitamina E (mg)	1.71
Calcio	170.00	Lisina	0.40	Vitamina K (mg)	25.00
Magnesio	54.00	Triptofano	0.10	Tiamina (mg)	0.07
Fosforo	45.00	Fenilalanina	0.33	Rivoflavina (mg)	0.09
Hierro	2.10	Tirosina	0.31	Niacina (mg)	1.20
Cobre	0.04	Metionina	0.11	Vitamina B6 (mg)	0.27

Minerales mg/100g materia cruda		Aminoácidos g/N		Vitaminas/100g materia Cruda	
Zinc	0.70	Cistina	0.08	Folato ( $\mu\text{g}$ )	150.0
Azufre	20.00	Treonina	0.29	Pantotenato (mg)	0.27
Cloro	98.00	Leucina	0.53	Biotina ( $\mu\text{g}$ )	0.10
Manganeso	0.60	Isoleucina	0.30	Vitamina C (mg)	26.00
Valina			0.35		

Nota: Salunkhe y Kadan (2004).

### 2.2.6. Valor nutricional de la espinaca

La espinaca es ideal para combatir la anemia debido a su alto contenido de vitaminas, magnesio y ácido fólico, ayudando a reducir enfermedades cardíacas. Por cada 100 g de *Spinacia oleracea*, encontramos 2.71 mg de vitamina C, 22 calorías, 0.8% carbohidratos, 2.86% proteínas, 0.35% grasas, 2.7% fibra, 672  $\mu\text{g}$  de vitamina A, 200  $\mu\text{g}$  de ácido fólico, 2.71 mg de hierro y 350 mg de magnesio. Estos valores superan los requerimientos diarios humanos, sugiriendo una función inmunizadora y preventiva contra la osteoporosis en mujeres postmenopáusicas (Benavides, 2021).

Por otro lado, Unterladstatter (2000), las espinacas son una fuente importante de vitaminas A, B, C y D, y de hierro. También contienen cantidades significativas de Ca, P, K, Cl, Na, y Mg. Se utilizan cuando las hojas están frescas en ensaladas, como verdura cocida, en sopas, pasta envasada y especialidades como lasaña, raviolis y suflés. Benefician a quienes necesitan fortalecer los nervios y el cerebro, así como a los anémicos o inactivos, ayudando a la evacuación intestinal y purificando la sangre. Se recomiendan para personas con arteriosclerosis y artritis.

**Tabla 2***Composición Nutritiva de la Espinaca (por 100 g de producto comestible)*

Elemento	Cantidad	Elemento	Cantidad
Proteínas	3.77 gr.	Ca	81 mg.
Lípidos	0.65 gr.	Fe	3.0mg.
Glúcidos.	3.59 gr	P	55mg.
Vitamina A	9.42	Valor energético	26 Al
Vitamina B1	110		
Vitamina B2	200mg		
Vitamina C.	50mg		

Nota: López (1994).

### 2.2.7. Requerimiento del cultivo

Las cantidades de abono para el cultivo de espinacas dependen de la fertilidad del suelo, recomendando 200 kg/ha de  $K_2O$ , 50 kg/ha de N y 50 kg/ha de  $P_2O_5$ . La fertilidad del suelo influye en la cantidad de abono a utilizar, sugiriendo rangos de 75 kg/ha para N, 30 kg/ha para  $P_2O_5$  y 100 kg/ha para  $K_2O$  (Marulanda, 2003).

### 2.2.8. Suelo

Es una especie bastante exigente en cuanto al suelo y prefiere terrenos fértiles de buena textura y estructura de reacción química equilibrada por tanto el terreno debe ser fértil, profundo, bien drenado, de textura media, ligeramente suelto, rico en materia orgánica y nitrógeno; elemento al que la espinaca es muy exigente. No debe secarse fácilmente, ni permitir el estancamiento de agua. En suelos ácidos con pH inferior a 6.5 se desarrolla mal, a pH ligeramente alcalino se produce el enrojecimiento del peciolo y a pH muy elevado es muy susceptible a



la clorosis, por lo tanto, requiere de un pH promedio cerca de la neutralidad (Gómez, 2005).

La espinaca es una planta muy sensible a la acidez; por lo que no se debe cultivar en suelos minerales con un pH inferior a 6.5 o en turbosos de pH 5.0. Agrega, así mismo que los suelos en que se cultiva esta planta deben presentar un alto nivel de fertilidad (150 – 100 - 100); pues en caso contrario disminuye la producción de hoja. Para cultivos tempranos se adiciona nitrógeno de cobertura. Asimismo, manifiesta que las espinacas de invierno requieren suelos con un buen drenaje. Como sucede en el caso de la mayoría de los cultivos de invierno, la adición de abonos fosfatados y potásicos se realiza en otoño y los nitrogenados en cobertura a comienzos de primavera. Agregado por último que es susceptible a la deficiencia de magnesio (Jiménez, 2010). La espinaca desarrolla mejor en suelos franco arenosos o aluviales. Sin embargo, se puede desarrollarse en cualquier suelo con pH entre 7 y 10.5 (Salunkhe & Kadan, 2004).

### **2.2.9. Clima**

La espinaca es una hortaliza típica de climas frescos, donde la temperatura no sobrepase los 21 °C. Los rangos de temperatura donde la planta crece en forma óptima, se encuentran entre los 15 y 18 °C, con temperatura máxima entre los 21 y 24 °C y mínima de 7 °C (AgroEs, 2018).

Las temperaturas medias para el crecimiento son las siguientes: óptimo de 15-18°C. Máximo de 24°C y mínimo 5°C. La floración de espinaca es foto y termo dependiente, en cuanto a su requerimiento en suelo, es una planta sensible a la acidez, no es muy exigente en agua ya que tolera un poco la sequía, se requiere



días en alargamiento (más de 14hr.) y temperaturas mayores a los 15-18°C (Vigliola, 2003).

### **2.2.10. Humedad**

La falta de humedad, especialmente durante días largos y temperaturas altas, causa una "subida" rápida de los tallos florales en la espinaca (Serrano, 1980). La humedad relativa adecuada para el buen desarrollo de la lechuga se encuentra entre el 60 y 80 %, aunque en determinados momentos puede soportar menos del 60 % (AgroEs, 2018).

### **2.2.11. Riego**

La espinaca es sensible a los excesos de agua, aunque necesita humedad en el suelo para un desarrollo rápido. No requiere muchos riegos, pero estos deben ser de bajo volumen y frecuentes. El riego por aspersión es adecuado para esta hortaliza. En general, se pueden aplicar de 4 a 6 riegos, dependiendo del tipo de suelo y la época del año, con un intervalo promedio de 17 días (Callizaya, 2007; cita a Valadez, 1996).

La cantidad y frecuencia de riego depende del tipo de suelo. Las recomendaciones generales son utilizar riego por aspersión y riego por goteo diariamente para evitar la exposición de las semillas. Los primeros días de riego deben basarse en las condiciones climáticas y asegurarse de que la tierra esté completamente húmeda para favorecer la germinación y el crecimiento de las raíces. El período crítico para el riego de las espinacas es durante la germinación y desarrollo de las partes vegetativas a cosechar. Durante estas etapas, la humedad del suelo debe permanecer constante, pero no excesiva. El riego complementa el agua de lluvia para proporcionar agua a las plantas. Es importante comprender las



propiedades químicas y biológicas del agua al realizar análisis de calidad para evitar el riesgo de contaminar los productos cosechados con residuos nocivos para la salud humana o que puedan causar degradación del suelo (Jiménez et al., 2010).

## **2.2.12. Labores culturales**

### **2.2.12.1. Preparación del terreno**

Se suele efectuar en primer lugar una labor profunda y a continuación cuantas labores superficiales hagan falta para dejar bien mullido el suelo. Al cultivo no le conviene como precedentes ni beterraga, ni acelga (Apaza, 2019; cita a Maroto, 1986).

La preparación del terreno debe empezar al menos 15 días antes de la siembra. Este proceso permite la aireación previa del suelo y aplicación de la fertilización antes de sembrar. Dos días antes de la siembra, se recomienda hacer un nuevo pase con el rastrillo para eliminar las posibles compactaciones causadas en los días previos, así como para nivelar el terreno, controlar las malezas en proceso de germinación, y hacer las camas de siembra de 120 a 150 cm de ancho y 10 a 15 cm de alto (Núcleo Ambiental, 2015).

### **2.2.12.2. Siembra**

Cuando es en almacigo, la siembra se hace en líneas, se separan éstas entre sí de 25 a 35 cm. Según la envergadura de la variedad elegida. La profundidad de siembra es aproximadamente de 2cm. La cantidad de semilla depende de la época, de la forma de sembrar (chorrillo o voleo), intensidad de cultivo, tamaño de grano etc. Cuando la siembra se hace con





el fin de recolectar escalonadamente las hojas la cantidad de semillas que se emplea es de 4kg por 10 mil m<sup>2</sup> aproximadamente un gramo por cada metro lineal que se siembra. Las plantas tardan en emerger de 10 a 20 días según las temperaturas ambientales (Callizaya, 2007).

En campo, debe realizarse en terrenos ligeramente húmedos, de forma directa, con distanciamientos entre surcos de 60 a 80 cm. Y entre plantas a 10 cm., con 2 hileras de plantas por surco, con un gasto de 12 a 15 kg de semilla /ha (Ugás et al., 2000). La distancia usual es de 30 cm entre las hileras; puede ser aumentada a 40 cm si se prefiere emplear cultivadoras especialmente adaptadas (Apaza, 2019).

La mayoría de productores realizan la siembra al voleo y gastan en promedio 5 kg de semilla/ha. Después realizan el raleo para dejar plantas a 10 cm por 10 cm, en total aproximadamente 36 plantas/m<sup>2</sup>. Otros productores siembran en hileras distanciadas 20 cm y plantas a 10 cm (Jiménez et al., 2004).

### **2.2.12.3. Aporque**

El aporque hace que se elimine las malas hierbas y deje el terreno en buen estado de estructura, puede repetirse varias veces hasta que las plantas cubran casi todo el suelo. Esta operación puede hacerse a mano o mecánicamente. El aporque debe realizarse durante el desarrollo vegetativo a los 15 días del trasplante, tomando en cuenta de no cubrir con tierra las hojas nuevas. Gracias al aporque realizado se obtiene un incremento en crecimiento del cultivo (Callizaya, 2007).



#### **2.2.12.4. Control de malezas**

La espinaca es un cultivo que es muy susceptible a la competencia por malezas, dado su porte relativamente bajo que presenta, siendo, además, exigente en cuanto a fertilización y humedad del suelo. Por este motivo, la presencia de malezas afecta en gran manera el desarrollo de este cultivo. Por lo general deben hacerse varias y frecuentes escardas manuales, a medida que aparecen las malezas, (Unterladstatter, 2000).

#### **2.2.12.5. Deschuponado**

El deschuponado se realiza con el fin de promover un mayor desarrollo de la planta, obtener hojas más grandes y libres para captar mayor radiación solar (Callizaya, 2007).

#### **2.2.12.6. Cosecha**

La recolección se inicia en los cultivares precoces a los 40 – 50 días tras la siembra y los 60 días después de la siembra con raíz incluida; oscilando las producciones óptimas entre 15 y 20 t/ha. La cosecha nunca se realizará después de un riego, ya que las hojas se ponen turgentes y son susceptibles de romperse. Puede efectuarse de dos formas principalmente: manual o mecanizada (Gómez, 2005). La recolección se inicia en las variedades precoces a los 40-80 días tras la siembra. Puede efectuarse de dos formas principalmente (Callizaya, 2007):

##### **2.2.12.6.1. Recolección manual**

Consiste en ir cortando poco a poco las hojas más desarrolladas de la espinaca. En conjunto suelen darse 5 a 6 pasadas a un cultivo. El corte



puede hacerse con la uña, partiendo el pecíolo lo más bajo posible. A veces si se quieren comercializar plantas enteras, se corta cada planta por debajo de la roseta de hojas a 1 cm. bajo tierra. En este último caso tan solo se dará una “pasada” (Callizaya, 2007).

#### **2.2.12.6.2. Recolección mecanizada**

Principalmente introducida en el cultivo de espinaca para la industria. Las máquinas que se utilizan son unas segadoras que cortan las plantas a 2 o 3 cm. del suelo, dotados de una cinta transportadora, que traslada las hojas, cortadas hasta un remolque o contenedor (Callizaya, 2007).

#### **2.2.12.7. Rendimiento**

La producción de espinaca extensiva rinde unos 10 mil kg/ha, por lo tanto, en cultivo intensivo cortando las plantas pueden obtenerse de 15 a 20 mil kg/ha y en una producción bajo condiciones de ambiente protegido se pueden recolectar hasta 50 mil kg/ha (Callizaya, 2007). La superficie cosechada a nivel nacional es de 615 ha, con un rendimiento promedio nacional de 11,589Kg/ha (Soles, 2019).

#### **2.2.12.8. Conservación**

La conservación frigorífica de 0 a (-1 °C) y 90-95 % de humedad relativa permite un almacenamiento entre 2 y 4 semanas. La refrigeración es una operación muy conveniente en las espinacas que vayan a ser almacenadas frigoríficamente. La prerrefrigeración con vacío y la

conservación frigorífica en bolsas de polietileno alarga el almacenamiento de las espinacas hasta 40 días (Callizaya, 2007).

### 2.2.13. Variedades

Las variedades disponibles son muy numerosas y se las puede clasificar de acuerdo a algunos aspectos como: época de siembra, forma de las hojas, aspecto del cogollo y del tallo (Pachacute, 2016).

Existen varias pautas para clasificar los cultivares de espinacas. En función de las hojas: de hojas lisas y de hojas crespas; de la semilla: de grano redondeado y liso; de la época de producción: de invierno y verano (Siura et al., 2016).

Siura et al. (2016) clasifica las variedades de espinaca por el tipo de hoja que presentan:

- Hojas Lisas: (Nordic, Bolero) de muy buen rendimiento, color verde claro y utilizado para mercado en fresco y en la agroindustria.
- Hojas Crespas: (Olympia, Baker, Royalty, Quinto) se desarrollan entre 40 y 50 días, consideradas muy productivas; de uso en fresco y agroindustrial, de colores verde oscuros.
- Hojas Semi-crespas: (Shasta, Condesa, Viroflay) Son las variedades más empleadas, de color verde intenso, con hojas redondas y semirrectas, aunque con ciclos más largos especialmente porque tiene una larga duración en la post cosecha.



### 2.2.14. Viroflay

La variedad viroflay, se caracteriza por su resistencia al frío y a la humedad, de ciclo precoz y de gran productividad; hojas grandes, de pecíolo largo, forma oval lanceolada, color verde, consistencia media y poco globosa, puede empezar a cosecharse a los 45 ó 50 días de su siembra, estando en aprovechamiento mucho tiempo sin endurecerse (Carrasco, 2017). Es la variedad líder en el mercado, muy difundida a nivel nacional, ideal para mercado fresco. De color verde oscuro, resistente a la floración. Es una planta productiva y de excelente sabor. Posee buena vida postcosecha por lo que es ideal para transporte a largas distancias (Dávila, 2008). Resistente a la humedad y al frío. De ciclo precoz y de gran productividad. Hojas grandes, de pecíolo largo, forma lanceolada, color verde, consistencia media y poco globosa (Callizaya, 2007).

- Adaptación : 2.000- 2.800 m.s.n.m.
- Densidad de siembra : 24 libras
- Tipo de siembra : semillero o directa
- Distancia de siembra : plantas 20 cm surcos 20 cm
- Días de germinación : 8
- Días trasplante : 35
- Tiempo de cosecha : 50 – 80 días
- Semillas por gramo : 100- 120
- Producción por ha : 15- 20 ton

(<https://agrosemillas.com.co/producto/espina-viroflay/>)

### 2.2.15. Enfermedades que pueden afectar al cultivo de espinaca

Las enfermedades principales que pueden afectar al cultivo de la espinaca son Alternariosis o mancha de la hoja (*Alternaria brassicicola*), caída de plantas (complejo de hongos), Esclerotiniosis (*Sclerotinia sclerotiorum*), mildiú (*Peronospora spinaciae*), pudrición gris (*Botrytis cinerea*) (Saavedra et al., 2022).

**Tabla 3**

*Enfermedades en el cultivo de la espinaca*

<b>Enfermedad</b>	<b>Reconocimiento</b>	<b>Tratamiento</b>
<i>Peronospora</i>	Manchas decoloradas, de aspecto amarillento, de dimensiones variables y formas ovaladas; en correspondencia con estas manchas, por el envés, se forma un moho blanco, cuando la humedad es elevada. El follaje se arrolla, se resecan las manchas y termina por pudrirse o secarse totalmente la planta.	Zineb, Folpet, Oxicloruro de cobre.
<i>Cercospora</i>	Numerosas y pequeñas manchas necróticas, con márgenes rojizoparduscos. Produce enanismo, amarilleamiento y marchitez.	Zineb, Ziram, Oxicloruro de cobre, Benlate, Oxicloruro de cobre-Zineb.
<i>Antracnosis</i>	Lesiones en las hojas y peciolo que llegan a cubrir las hojas. Se suelen presentar en forma de punteado oliváceo con el centro más oscuro y el borde realzado.	Zineb, Mancozeb, Oxicloruro de cobre, Oxicloruro de cobre-Zineb, Folpet, Captan.
<i>Alternaria</i>	Manchas oscuras, de forma circular e irregulares.	Zineb, Oxicloruro de cobre, Propineb.
<i>Botrytis</i>	Manchas con moho grisáceo.	Benlate, Folpet, Propineb.
<i>Albugo o roya</i>	Por el envés de las hojas, pústulas blancas, como vejigas, circulares o alargadas, de unos 3 mm. de diámetro o longitud. Por el haz, en correspondencia con las pústulas, zona clorótica.	Zineb, Oxicloruro de cobre, Ziram

Nota: Serrano (2006).



Entre las enfermedades, los hongos del suelo (*Fusarium*, *Sclerotinia*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, etc) son muy peligrosos en los primeros períodos de desarrollo de la planta. Para evitar enfermedades se aconseja hacer desinfección de las semillas y no cultivar el terreno con espinacas durante algunos años en aquellos casos en los que se presuman tales infecciones en el suelo. Entre las enfermedades que producen mayor daño al follaje, en el cultivo de la espinaca, están *Cercospora*, *Peronospora*, *Alternaria*, *Botrytis*, Albugo y la Antracnosis. (Ticona, 2016).

#### **2.2.16. Microorganismos Eficaces (EM)**

EM significa Microorganismos efectivos. La tecnología EM fue desarrollada por el Dr. Teruo Higa, profesor de horticultura en la Universidad Ryukyu de Okinawa, Japón. A principios de la década de 1960, el profesor Higa comenzó a buscar alternativas a los fertilizantes y pesticidas sintéticos que se habían vuelto comunes en la producción de alimentos en todo el mundo después de la Segunda Guerra Mundial. EM se utilizó originalmente como enmienda del suelo. Hoy en día, los EM se utilizan no sólo para la producción de alimentos de alta calidad y sin agroquímicos, sino también para el tratamiento de residuos sólidos y líquidos de la producción agrícola, industria procesadora de alimentos, fábricas de papel, mataderos y municipios, entre otros. La aplicación de la EM se extiende por los cinco continentes, cubre más de 120 países y forma parte de las estrategias de desarrollo sostenible de muchos gobiernos nacionales (APROLAP, 2007).



### 2.2.17. EM (Microorganismos Eficaces)

EM es una combinación de varios microorganismos naturales beneficiosos que se encuentran en los alimentos. Contiene tres géneros principales de organismos beneficiosos: bacterias fototrópicas, lactobacilos y levaduras. Estos eficientes microorganismos liberan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales y antioxidantes cuando entran en contacto con la materia orgánica. EM consiste en un cultivo mixto de microorganismos beneficiosos y naturales que coexisten en un medio líquido. Cuando los inoculantes microbianos se aplican a los residuos orgánicos o se liberan al medio ambiente, sus respectivos efectos beneficiosos se multiplican sinérgicamente (Cabrera, 2013).

EM solo está disponible en forma líquida y contiene microorganismos beneficiosos y seguros. No es un fertilizante ni un químico. Se utiliza con materia orgánica para enriquecer el suelo y mejorar la flora y la agricultura. Estos microorganismos permanecen inactivos y por tanto se utilizan para producir productos secundarios de otros microorganismos altamente eficientes (Cabrera, 2013).

Por otro lado, los Microorganismos Efectivos (EM) son una mezcla natural de tres grupos de microorganismos que se encuentran comúnmente en suelos y alimentos. Su nombre proviene de sus siglas en inglés: Effective Microorganisms. BID (2009)

El EM (Microorganismos Efectivos) contiene:

- Lactobacillus: similares a los que se utilizan para fabricar yogur y quesos.

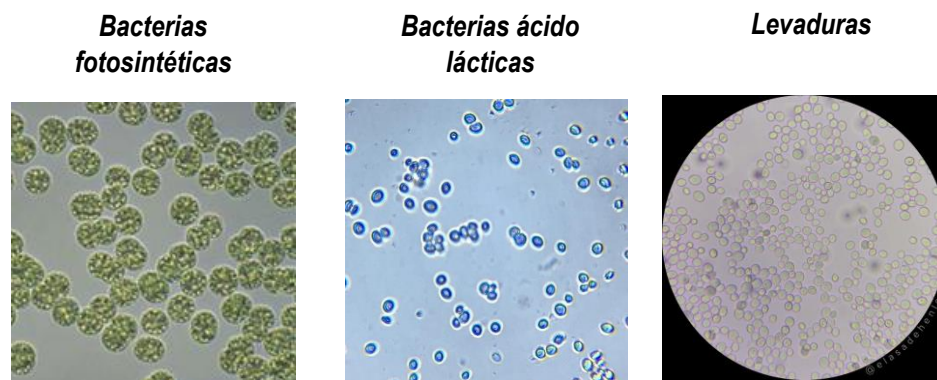


- Levaduras: como las que se emplean en la elaboración de pan, cerveza y vino.
- Bacterias fototróficas o fotosintéticas: habitantes comunes de los suelos y las raíces de las plantas.

Estos microorganismos no son nocivos, tóxicos ni genéticamente modificados; al contrario, son naturales, benéficos y altamente eficientes. El descubrimiento del Dr. Higa consistió en que estos tres grupos puedan coexistir, logrando una combinación con un efecto sinérgico, es decir, donde el trabajo en equipo es superior a la suma de sus miembros individuales.

### Figura 3

*Los tres grupos de microorganismos componentes del EM*



Nota: BID (2009)

#### 2.2.18. Modo de acción de los microorganismos eficaces

Las sustancias secretadas por las raíces de las plantas son utilizadas por microorganismos eficaces para el crecimiento y síntesis de aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas (Cabrera, 2013). A medida que aumenta el número de microorganismos efectivos, como comunidad en su entorno, aumentará la actividad de los microorganismos naturales, lo que enriquece la microflora, equilibra el ecosistema microbiano e inhibe los



microorganismos patógenos (FUNDASES & EMRO, 2008). Gracias a su efecto antioxidante favorecen la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus. El efecto antioxidante de estos microorganismos se transfiere directamente al suelo e indirectamente a las plantas, manteniendo así la proporción de nitrógeno, fósforo, potasio y carbono sobre nitrógeno. Este proceso aumenta el humus en el suelo, permitiendo mantener una producción de alta calidad (IDIAF, 2009).

### 2.2.19. Tipos de organismos presentes

- **Bacterias Ácido Lácticas:** Estas bacterias (*Lactobacillus* spp.), estas bacterias utilizan azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras para producir ácido láctico, un poderoso compuesto bactericida que inhibe los microorganismos dañinos y ayuda a sintetizar sustancias como la lignina y la celulosa, previniendo los efectos negativos de la materia orgánica no descompuesta. Este compuesto a su vez transforma estos materiales sin afectar negativamente al proceso. Por ello, algunos alimentos y bebidas, como el yogur y el kimchi, se elaboran con bacterias ácido lácticas desde la antigüedad (Luna y Mesa, 2016). Los lactobacilos son capaces de suprimir enfermedades, incluidos microorganismos como el *Fusarium*, que se encuentran en cultivos continuos y tienden a debilitar las plantas y exponerlas a enfermedades y muchas plagas como los nematodos. El uso de bacterias del ácido láctico reduce las poblaciones de nematodos y controla la propagación de *Fusarium*, creando así un mejor ambiente para el crecimiento de los cultivos (Luna y Mesa, 2016).



- **Bacterias Fotosintéticas:** Son bacterias autótrofas (género *Rhodospseudomonas*) que utilizan la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía para sintetizar sustancias útiles a partir de exudados de raíces, materia orgánica y gases nocivos. Las sustancias sintetizadas incluyen aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares que promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas (Luna y Mesa, 2016). Los metabolitos se absorben directamente en ellos y actúan como sustratos para aumentar la cantidad de otros microorganismos activos. Por ejemplo, la micorriza vesicular arbuscular (VA) aumenta en la rizosfera debido a la presencia de compuestos nitrogenados (aminoácidos) liberados por bacterias fototrópicas. En respuesta, las micorrizas VA aumentan la solubilidad del fosfato en el suelo, proporcionando así fósforo no disponible a las plantas. Las micorrizas VA también pueden coexistir con bacterias fijadoras de nitrógeno y rizobios y aumentar la capacidad de la planta para fijar nitrógeno atmosférico (Marca, 2017).
- **Levaduras:** Las levaduras utilizan aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fototrópicas, materia orgánica y raíces de plantas para sintetizar sustancias antibacterianas y otras sustancias útiles necesarias para el crecimiento de las plantas. Las sustancias bioactivas, como las hormonas y las enzimas producidas por la levadura, promueven la división celular activa y los radicales libres. Estas secreciones también son sustratos EM útiles, como las bacterias del ácido láctico y los actinomicetos. *Saccharomyces cerevisiae* es quizás la levadura más importante para los humanos, ya sea porque ha estado involucrada en la



fermentación del pan y de las bebidas alcohólicas durante miles de años, o porque es uno de los organismos modelo eucariotas mejor estudiados a nivel celular. *Biología Molecular* (Toc, 2012 y Valdivieso, 2013)

- **Actinomicetos:** Los actinomicetos son estructuras intermedias entre bacterias y hongos que pueden coexistir con bacterias fotosintéticas y utilizar los aminoácidos y sustancias orgánicas que secretan para producir sustancias antibacterianas. Ambas especies (actinomicetos y bacterias fotosintéticas) mejoran la calidad del suelo desarrollado al aumentar la actividad antimicrobiana (Luna y Mesa, 2016). Los actinomicetos controlan hongos y bacterias patógenos a través de un mecanismo de producción de antibióticos y mejoran la resistencia de las plantas, inhiben los patógenos del suelo y promueven el crecimiento y la actividad de bacterias fijadoras de nitrógeno y micorrizas (Luna y Mesa, 2016 y Coutinho, 2011).
- **Hongos de Fermentación:** Los hongos fermentadores, como el *Aspergillus* y el de la penicilina, pueden producir alcohol, ésteres y sustancias antibacterianas al descomponer rápidamente la materia orgánica. Produce un efecto desodorizante y previene la aparición de insectos dañinos (APNAN, 2003).

#### 2.2.20. Aplicaciones de microorganismos eficaces

Con EM, el suelo retiene más humedad. El principal beneficio del cultivo proviene del mantenimiento de la materia orgánica durante la fase de crecimiento. Los macro y micronutrientes solubles están más disponibles debido a la rápida descomposición de las macromoléculas que liberan macro y micronutrientes solubles (IDIAF, 2009).



#### **2.2.20.1. En los semilleros**

- Aumento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal, similar al del ácido giberélico.
- Aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas, por su efecto como rizo bacterias promotoras del crecimiento vegetal.
- Incremento de las probabilidades de supervivencia de las plántulas (IDIAF, 2009).

#### **2.2.20.2. En las plantas**

Genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, 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 (Cabrera, 2023).

#### **2.2.20.3. En los suelos**

Los efectos de los microorganismos en el suelo, están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas, químicas biológicas (Cabrera, 2023).

#### **2.2.20.4. 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.

#### **2.2.20.5.Efectos en las condiciones químicas del suelo:**

Mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo, solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radical. Efectos en la microbiología del suelo Suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo, por competencia. Incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen (Cabrera, 2023).

#### **2.2.21. Relación de microorganismos con la planta**

Se ha demostrado que el número de microorganismos es muy elevado en las zonas donde entran en contacto con las raíces y el cabello exudado. El suelo agregado a la superficie de las raíces contiene de 10 a 50 veces más microorganismos que otros suelos (Cabrera, 2023; citado en Marca, 2017). El ápice de crecimiento de las raíces suele estar libre de microorganismos, pero la zona de crecimiento detrás del ápice mantiene una gran población de bacterias. La comunidad bacteriana en la rizosfera se diferencia de otras partes del suelo, con una mayor proporción de amonificadores, bacterias nitrificantes, bacterias desnitrificantes y bacterias aeróbicas degradantes de la celulosa. Las poblaciones de la rizosfera tienen mayores requerimientos nutricionales de aminoácidos simples (Cabrera, 2023; citado en Marca, 2017).



### 2.2.22. Efectos de los microorganismos sobre las plantas

El crecimiento de las plantas está asociado con la actividad biológica, por lo que existe un efecto conocido de las poblaciones microbianas de la rizosfera sobre la absorción de fósforo, pero el efecto más importante y conocido es la fijación de nitrógeno en la atmósfera. El nitrógeno de la atmósfera se encuentra en estado libre y no puede ser asimilado por las plantas superiores. Algunos microorganismos del suelo pueden obtener este elemento del aire y utilizarlo para formar células. Se trata de la fijación de nitrógeno, ya que se incorpora al suelo y es absorbido por las plantas. Se trata principalmente de bacterias y cianobacterias *Clostridium* (anaeróbicas) y *Azotobacter* (aeróbicas) (Cabrera, 2023; citado en Marca, 2017).

La cantidad de nitrógeno fijado de esta manera varía ampliamente, desde 5 (o menos) hasta 30 kg N ha<sup>-1</sup> por año. Las mayores cantidades corresponden a suelos ricos en materia orgánica en climas templados (Montoro, 2007). La función más destacada de las micorrizas es aumentar la asimilación de fósforo, aunque también aumenta la absorción de otros nutrientes como el potasio, azufre, cobre y zinc. Las micorrizas permiten que las plantas sobrevivan en condiciones difíciles y aumentan la resistencia a enfermedades a través de mecanismos como la producción de hormonas y la estimulación directa del crecimiento (Montoro, 2007).

Se reconoce el papel protector de las micorrizas frente a diversos hongos, bacterias y nematodos del suelo, como: *Phytophthora*, *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*, *Meloidogyne* (Montoro, 2007).



### 2.2.23. Efectos de EM sobre el crecimiento y producción de Las cosechas

EM mejora el crecimiento y el rendimiento de los cultivos al aumentar la cantidad de microorganismos beneficiosos en el suelo y proporcionar nutrientes a las plantas, inhibir otras bacterias y organismos nocivos y reducir los niveles de contaminación por agroquímicos, proporcionando así también mejores resultados de floración, que son beneficiosos para las plantas. , mejoran el crecimiento de las raíces, la cantidad total de nitrógeno en el suelo y la cantidad de clorofila en las hojas, favoreciendo así el crecimiento de los cultivos. Hoy en día, la tecnología EM es una herramienta importante para lograr la permacultura (Fernández, 2008).

### 2.2.24. Trichoderma

Las especies de *Trichoderma* se encuentran de forma natural en diversos suelos agrícolas y otro tipo de ambientes, y se caracterizan por no presentar o no presentar un estado sexual definido. Existen más de 30 especies de este microorganismo, todas las cuales benefician a la agricultura y otras industrias. Este hongo está ampliamente distribuido por todo el mundo y se presenta en diferentes regiones y hábitats, especialmente en áreas con materia orgánica o residuos vegetales en descomposición, y en residuos de cultivos, especialmente en áreas infestadas por otros hongos. La presencia de una alta densidad de raíces favorece su desarrollo, y estos microorganismos colonizan rápidamente las raíces. Esta capacidad de adaptarse a diferentes condiciones ambientales y sustratos hace que *Trichoderma* sea potencialmente utilizable en diferentes suelos, cultivos, climas y procesos tecnológicos (Andrade, 2012). *Trichoderma* tiene varias ventajas como agente de biocontrol porque crece y se desarrolla rápidamente y produce grandes cantidades de enzimas que pueden inducirse en presencia de

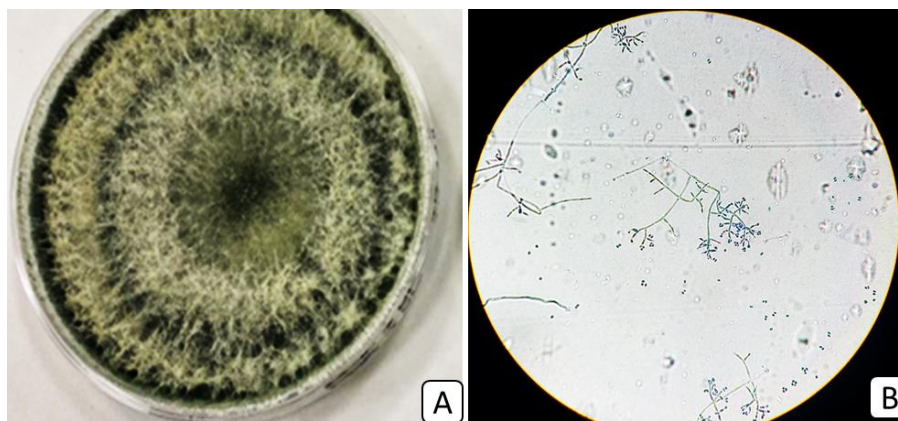


hongos fitopatógenos. Puede cultivarse en variedad de sustratos, facilitando su producción a gran escala en agricultura. Su alta tolerancia a condiciones ambientales y hábitats extremos (donde el hongo puede causar diversas enfermedades) lo convierte en un eficaz agente de biocontrol. También pueden sobrevivir en ambientes con altos niveles de pesticidas y otros químicos. Supervivencia (Andrade, 2012).

Algunas cepas de *Trichoderma* tienen aplicaciones prometedoras como biofertilizantes porque aumentan la eficiencia del consumo de nutrientes, liberan hormonas vegetales como el ácido indolacético (IAA) y actúan como agentes de biocontrol contra varios patógenos de plantas (Bader et al., 2020).

#### Figura 4

A) Características morfológicas de *Trichoderma*, coloniales. en medio PDA (Papa-Dextrosa- Agar). B) Observación realizada con un microscopio de contraste de fases 40X



Nota: Ortiz (2020).

#### 2.2.25. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica del género *Trichoderma* es la siguiente (Papavizas, 1985).



- Super Reino : Eucariota
- Reino : Fungi
- Filum : Ascomycota
- Subfilum : Pezizomycotina
- Clase : Sordariomycetes
- Subclase : Hypocreomycetidae
- Orden : Hypocreales
- Familia : Hypocreaceae
- Género : Trichoderma

#### 2.2.26. Principales beneficios agrícolas del *Trichoderma*

Las especies de *Trichoderma* se encuentran entre los agentes de biocontrol más exitosos en la agricultura y representan más del 60% de los biofungicidas registrados en el mundo. Este microorganismo se comercializa como biopesticidas, biofertilizantes, promotores del crecimiento y rendimiento de las plantas, solubilizadores de nutrientes de suelos agrícolas o descomponedores de materia orgánica (Hernández et al., 2019). Se sabe que este hongo tiene muchas funciones beneficiosas en la agricultura, especialmente en la salud vegetal. En resumen, se ha demostrado lo siguiente:

- **Estimulador del crecimiento de las plantas:** Se ha comprobado que el *Trichoderma* produce sustancias estimuladoras del crecimiento y desarrollo de las plantas. Estas sustancias actúan como catalizadores o aceleradores de los tejidos meristemáticos primarios (los que tienen potencial de formar nuevas raíces) en las partes jóvenes de éstas, acelerando su reproducción celular, logrando que las plantas alcancen



un desarrollo más rápido que aquellas plantas que no hayan sido tratadas con dicho microorganismo (Chuez, 2018).

- **Protección de semillas contra el ataque de hongos patógenos:**

Muchos productores al recoger la cosecha, guardan semillas para la próxima siembra, y no les dan la suficiente cobertura de conservación, para que éstas conserven su potencial germinativo y productivo. Esto trae como consecuencia que varias especies de hongos patógenos ataquen dichas semillas con relativa facilidad, logrando una significativa pérdida de sus cualidades botánicas y productivas. Se ha demostrado que una protección con el *Trichoderma* garantiza la próxima cosecha, ya que este hongo coloniza las semillas botánicas protegiendo las futuras plántulas en la fase postemergente de patógenos fúngicos. Cepas de *Trichoderma* son capaces de colonizar la superficie de la raíz y de la rizósfera a partir de las semillas tratadas y de las plantas adultas existentes en el suelo, protegiendo a las mismas de enfermedades fungosas (Bravo y Ledezma, 2015). Así las semillas reciben una cobertura protectora cuyo efecto se muestra cuando la misma es plantada en el sustrato correspondiente. Las semillas agrícolas, tratadas con *Trichoderma* protegen eficientemente las plántulas en el semillero sin necesidad de tratamiento del suelo previo a la siembra.

- **Protección directa a suelos y diferentes cultivos:** El manejo de las plantas mediante la rotación de cultivos favorece a *Trichoderma* a librar el suelo de los propágulos del fitopatógeno (las estructuras de resistencia que el patógeno deja en el suelo con el fin de que cuando vuelvas a sembrar te vuelva a infectar la cosecha), vulnerables durante su latencia



en ausencia del hospedante, por esta razón la utilización del biopreparado en los cultivos a rotar en las áreas altamente infectadas será una forma a contribuir en la reducción de la población del patógeno en un menor plazo de tiempo (Stefanova, 2003).

Además, la preparación adecuada del terreno, la mejor fecha de plantación, fertilización y riego actúan a favor de la combinación Planta-*Trichoderma* asociadas. La aplicación del *Trichoderma*, directa al suelo ofrece incluso una protección mayor a los cultivos. Cuando *Trichoderma* es utilizado para el control de hongos del suelo, pueden mezclarse con materia orgánica (estiércol, casting y biotierra) y otras enmiendas utilizadas como biofertilizantes, tal como se hace con inoculantes bacterianos usados como fertilizantes ecológicos (Chuez, 2018).

- **Control sobre diferentes microorganismos fitopatógenos:** El *Trichoderma*, se comporta como saprófito en la rizosfera, siendo capaz de destruir residuos de plantas infectadas por patógenos. Se considera que su acción es antagonista, siendo capaz de sacar el mejor provecho por su alta adaptación al medio y por competir por el sustrato y por espacio (Andrade, 2012).

Es bien conocida la definición de la enfermedad como resultado de una interacción entre la planta - hospedante y el patógeno, y organismos antagonicos que limitan la actividad del patógeno y/o elevan la resistencia de la planta. La importancia del hombre en esta relación radica en saber manejar las especificidades de cada uno para lograr que prevalezca la interacción a favor de la planta y el antagonista. Esto no es



posible sin conocimientos de la etiología (comportamiento) de la enfermedad que se desea controlar, el hábito del hongo fitopatógeno, su forma de propagarse y permanecer en el campo. *Trichoderma* siendo un microorganismo competitivo ofrece una protección biológica a la planta, destruye el inóculo patógeno presente y contribuye a prevenir su formación. *Trichoderma*, posee aislamientos con poderes antibióticos, los cuales actúan contra varios microorganismos fitopatógenos. Se comporta como saprófito en la rizósfera, siendo capaz de destruir residuos de plantas infectadas por patógenos (Andrade, 2012).

Se considera que su acción es antagonista, siendo capaz de sacar el mejor provecho por su alta adaptación al medio y por competir por el sustrato y por espacio. *Trichoderma*, actúa por medio de una combinación de competencia por nutrientes, producción de metabolitos antifúngicos y enzimas hidrolíticas y mico parasitismo (Andrade, 2012).

### **2.2.27. Especies**

#### **2.2.27.1. *Trichoderma harzianum*.**

*Trichoderma harzianum* es eficaz contra diversos organismos; tanto en el suelo contra pudriciones de raíces como *Armillaria*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Fusarium*, enfermedades que se presentan en numerosas especies tanto anuales como perennes; o bien, contra enfermedades de órganos aéreos como *Botritis* o *Stereum*. Se han estudiado cuatro modos de acción de esta especie de hongo: la competencia por nutrientes, la antibiosis, el micoparasitismo y la estimulación de defensas de la planta (Andrade, 2012).



IABIOTEC (2010), manifiesta que *Trichoderma harzianum* es un hongo antagonista de patógenos vegetales, y se encuentra presente en la mayoría de los suelos. Su crecimiento se ve favorecido por la presencia de raíces de plantas, a las cuales coloniza rápidamente. Algunas cepas, son capaces de colonizar y crecer en las raíces a medida que éstas se desarrollan. Su aplicación, una vez formulado el producto, es fácil, pues puede añadirse directamente a las semillas o al suelo, semilleros, trasplantes, bandejas y plantas de maceta, empleando cualquier método convencional.

Según León, M (2009), *Trichoderma harzianum* es un hongo micoparasítico. Este hongo crece y se ramifica en típicas hifas que pueden oscilar entre 3 a 12  $\mu\text{m}$  de diámetro, según las condiciones del sitio en donde se esté reproduciendo. La esporulación asexual ocurre en conidios unicelulares de color verde generalmente tienen 3 a 6  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Como mecanismo de acción el *Trichoderma* al ser aplicado a las raíces, forma una capa protectora, haciendo una simbiosis, el hongo se alimenta de los exudados de las raíces y las raíces son protegidas por el hongo y al mismo tiempo reduce o elimina las fuentes de alimento del patógeno. El *Trichoderma* actúa como una barrera para prevenir la entrada de patógenos a las raíces. Tienen una acción de hiperparasitismo, que es la acción del microorganismo que parasita a otro organismo de su misma naturaleza, es decir, lo utiliza como alimento y los destruye. Compite por espacio y nutrimentos con los hongos patógenos (Andrade, 2012).



#### **2.2.27.1.1. Ventajas de *Trichoderma harzianum*:**

- Protege las raíces de enfermedades causadas por *Pythium*, *Rhizoctonia* y *Fusarium* y permite el crecimiento de raíces más fuertes y por lo tanto, sistemas radiculares más sanos.
- Aumenta la capacidad de captura de nutrientes y de humedad, así como mejora rendimientos en condiciones de estrés hídrico.
- No requiere equipamiento especial para su aplicación.
- Compatible con inoculantes de leguminosas y posibilidad de aplicar a semillas que han sufrido un tratamiento fungicida químico (Andrade, 2012).

#### **2.2.27.2. *Trichoderma viride*.**

Es un organismo antagonista de hongos presentes en el suelo y es altamente efectiva para el control de las semillas y el suelo de enfermedades transmitidas por la mayoría de los cultivos de importancia económica, especialmente legumbres y semillas oleaginosas. Este hongo cuando se aplica junto con las semillas, coloniza las mismas, se multiplica; y no sólo mata a los patógenos presentes en la superficie de la semilla, sino que también brinda protección al suelo de agentes patógenos. El tratamiento de semillas con *Trichoderma viride* ha registrado mayor germinación en una serie de estudios y fue a la par Captan (Andrade, 2012).

Un crecimiento óptimo a una temperatura de 25°C y no crece a la temperatura de 35°C, puede ser aislado del suelo y de materia orgánica, algunas de sus cepas poseen un mínimo olor a coco y se observan conidias después de 2 días *T. viride* es una de las especies más usuales presentes en



el suelo. Utilizado como agente biocontrol, ya que posee capacidad micoparasitaria. *T. viride* puede micoparásitar hongos patógenos como *F. moniliforme*, *Schizophyllum commune* y *Cryphonectria parasitica* (Guzmán et al., 2023).

*T. viride* produce metabolitos secundarios que poseen actividad antifúngica. El extracto micelial crudo y el extracto etanólico de este hongo mostraron actividad antifúngica contra *Fusarium solani*, *Candida albicans*, *F. oxysporum*, *Pythium ultimum* y *R. solani* y posee también actividad antibacteriana contra *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens*, los compuestos orgánicos volátiles elaborados por *T. viride* presentan actividad antibacteriana contra *E. coli* y *B. subtilis* y por último actividad antifúngica contra *C. albicans*, *F. solani* y *R. solani* (Guzmán et al., 2023).

*Trichoderma viride* conocida como microflora oportunista caracterizada por ser bioestimulante, con un crecimiento rápido, la cual posee la capacidad de asimilar sustratos, asimismo la elaboración de diversos de compuestos microbianos, que ayudan a aumentar la tasa de crecimiento, rendimiento y desarrollo vegetal del cultivo. Se registró que *Trichoderma viride* posee efectividad contra el añublo foliar en arroz, además que la aplicación de *Trichoderma viride* como biofertilizante aumentó el rendimiento de granos de trigo (Nepali et al., 2020).

#### **2.2.27.2.1. Ventajas de *Trichoderma viride***

Controla enfermedades causada por *Rhizoctonia solani* y *Fusarium* spp. es un arma muy importante contra las enfermedades como la





podrición de raíz, las enfermedades de plántulas, podrición carbonosa, marchitamiento, amortiguación frente, collar de podrición, etc (Andrade, 2012).

#### **2.2.28. Biofertilización**

Beltrán y Bernal (2022) señalaron que los microorganismos capaces de fijar nitrógeno y disolver fósforo se emplean como base en la producción de biofertilizantes. Estos productos orgánicos son cruciales para la agricultura orgánica, ya que fomentan el transporte de nutrientes esenciales a las plantas y disminuyen la necesidad de fertilizantes químicos. Mediante procesos biológicos, estas materias primas transforman los elementos nutritivos de las plantas de formas inservibles a formas utilizables. Tanto bacterias como hongos, ya sea asociados o de vida libre, tienen el potencial de actuar como biofertilizantes y desempeñar un papel clave en la biofertilización de cultivos.

Florez et al. (2021) describieron el biofertilizante como un fertilizante que contiene organismos vivos, cuyo propósito es incrementar la actividad microbiana del suelo y, en consecuencia, desempeñar un papel fundamental en la fijación biológica del nitrógeno (N). Según Du Jardín, los biofertilizantes son una subcategoría de los bioestimulantes (BE). Los componentes típicos de los biofertilizantes incluyen microorganismos como bacterias fijadoras de nitrógeno, cianobacterias, bacterias solubilizadoras de potasio y fosfato, así como hongos endomicorrízicos y ectomicorrízicos. Se emplean inóculos como hongos micorrízicos, rizobios, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Yarrowia lipolytica*, y *Glomeromyces*. *Azospirillum sp.* es un microorganismo aeróbico que aumenta los niveles de nitrógeno y establece relaciones beneficiosas con las plantas,



además de descomponer nitrógeno de macroalgas. Por su parte, *Trichoderma sp.* promueve la descomposición de sustancias orgánicas y ayuda a controlar diversas enfermedades vegetales.

#### **2.2.28.1. Ventajas de la biofertilización**

El uso de biofertilizantes presenta varias ventajas que superan sus desventajas. Estos productos mejoran las condiciones físicas y nutricionales del suelo, lo que favorece un desarrollo óptimo de las plantas y permite cultivos más productivos. A diferencia de los fertilizantes convencionales, los biofertilizantes ofrecen beneficios similares en cuanto a crecimiento de los cultivos, además de producir alimentos más seguros y con mayor valor nutricional para los consumidores. Desde una perspectiva agronómica, los biofertilizantes promueven la formación de sustancias que estimulan el crecimiento, conocidas como fitohormonas, y metabolitos secundarios que mejoran la germinación de las plantas y aumentan su resistencia a insectos y enfermedades (Soto et al., 2020).

#### **2.2.29. Invernadero**

El aumento de la población mundial, que se espera alcance los 8 mil millones en 2030, ha generado una mayor demanda de alimentos, a pesar de la creciente escasez de agua y la reducción de tierras cultivables. Esto ha llevado a una alta tasa de utilización de fertilizantes y ha impulsado la adopción de sistemas de producción intensivos, como los invernaderos y la hidroponía (Calderón et al., 2022). El cultivo de hortalizas en invernaderos se presenta como una alternativa segura, ya que evita la acumulación de contaminantes. Este método ofrece una ventaja significativa en el sector hortícola, garantizando la seguridad alimentaria



a través de un control ambiental más preciso en comparación con el cultivo en campo (Calderón et al., 2022).

Guaricela (2021) describe un invernadero como una estructura cerrada con una cubierta transparente que crea un microclima controlado, permitiendo ajustar la temperatura y la humedad. Además, proporciona espacio para instalar sistemas de riego y ventilación, lo que mejora el control sobre el rendimiento de los cultivos. Existen diferentes tipos de invernaderos, como planos, de túnel, catedralicios y góticos, cada uno con sus ventajas y desventajas, adaptándose a diversas condiciones geográficas.

Por otro lado, Llucgsa (2022) afirmó que las estructuras cerradas, como los invernaderos, protegen los cultivos y permiten controlar artificialmente las condiciones climáticas, garantizando un entorno óptimo para el desarrollo de las plantas, especialmente en regiones con climas fríos. Es importante considerar que tanto las condiciones internas del invernadero como el cuidado de las plantas influirán en su productividad. La temperatura influye en el metabolismo, crecimiento y desarrollo de las plantas. Para ajustar la temperatura en un invernadero, se puede elegir una cubierta adecuada: el polietileno simple aumenta la temperatura, mientras que una red permite un flujo de aire para disminuirla. La radiación solar también es crucial, ya que facilita la fotosíntesis de las plantas. Este aspecto se puede gestionar mediante el uso de pantallas celulares (Martínez et al., 2021).



## **2.2.30. Tipos de invernadero**

### **2.2.30.1. Invernadero capilla**

Este tipo de invernadero, tiene una construcción de doble pendiente, ofrece varias ventajas, como una ventilación eficiente, una instalación simplificada de la cubierta plástica y un mejor drenaje del agua de lluvia (Marrero et al., 2020).

### **2.2.30.2. Invernadero de doble capilla**

Aunque este modelo de invernadero tiene mejor ventilación que otros modelos de invernadero, su diseño es limitado debido a la complejidad de la estructura. También destacan otros tipos de invernaderos más populares, como los invernaderos túnel, que tienen una estructura puramente metálica y tienen la ventaja de que es más fácil controlar el microclima en su interior (Marrero et al., 2020).



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La investigación se realizó en un terreno perteneciente al distrito de Yunguyo, provincia de Yunguyo, en el departamento de Puno, Perú, ubicado en la frontera con Bolivia, en las coordenadas geográficas: latitud sur  $16^{\circ}14'21''$  y latitud oeste  $69^{\circ}05'27''$ , a una altitud de 3,839 m.s.n.m. Código UBIGEO: 211301 (Distrito de Yunguyo).

##### 3.1.1. Ubicación política

- Departamento: Puno
- Provincia : Yunguyo
- Distrito : Yunguyo
- Localidad : Ciudad de Yunguyo (Capital de la provincia)

##### 3.1.2. Límites

Los límites de la provincia de Yunguyo son:

- Este : País de Bolivia
- Oeste : Distrito de Pomata en la Provincia llamada Chucuito Juli
- Norte : Lago Titicaca
- Sur : Distrito de Zepita en la Provincia llamada Chucuito Juli

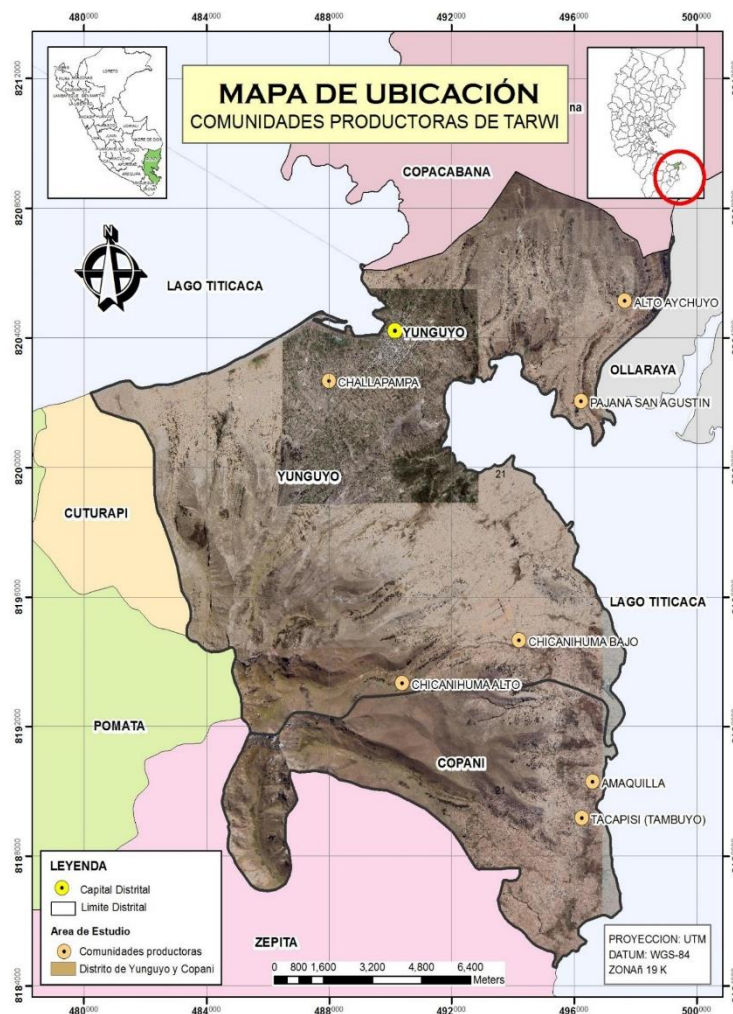
Los límites del distrito de Yunguyo son:

- Este : Distrito de Ollaraya – Yunguyo y la laguna Wiñaymarca

- Oeste : Distrito de Cuturapi y Distrito de Pomata (Provincias de Yunguyo y Chucuito)
- Norte : Lago Titicaca y el país de Bolivia (Copacabana)
- Sur : Distrito de Copani – Yunguyo

**Figura 5**

*Localización de la ciudad de Yunguyo*



Nota. Municipalidad Provincial de Yunguyo (2023)

### 3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación se enfoca en un nivel experimental y descriptivo, con el objetivo de evaluar el impacto de microorganismos biofertilizantes, en particular



*Trichoderma viride* y Microorganismos Eficientes, en el desarrollo y rendimiento del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L) en invernadero, en el distrito de Yunguyo, provincia de Yunguyo, departamento de Puno.

### **3.2.1. Población**

Está compuesto por plantas de espinaca de la variedad Viroflay (*Spinacia oleracea* L.), cultivadas en un área total de 27.36 m<sup>2</sup> (4.8 m x 5.7 m). Cada unidad experimental abarca 2.16 m<sup>2</sup> por tratamiento, sumando un total de 168 plantas. Las semillas de espinaca se sembraron inicialmente en bandejas de germinación hasta desarrollar plántulas, que luego fueron trasladadas al invernadero y plantadas en surcos.

### **3.2.2. Muestra**

Se evaluaron las plantas de los surcos centrales para cada tratamiento. Los parámetros medidos fueron: Altura de la planta (cm), registrada cada 15 días; Masa radicular (número), se evaluó al final del experimento; Peso de hojas (kg), tanto por unidad experimental como por hectárea (ha). Para la medición del peso de las hojas, se seleccionaron al azar 8 plantas de cada parcela de los 4 tratamientos.

### **3.2.3. Método de Investigación**

El diseño experimental utilizado fue el diseño completamente al azar, (DCA), con arreglo factorial 4x4 de dos factores: factor A: Dosis de *Trichoderma viride* y el factor B: Dosis de EM, con 16 tratamientos y 4 repeticiones teniendo como totalidad 64 unidades experimentales. Siendo el modelo estadístico el siguiente:



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

$$i=1, 2, a; j=1, 2, b; k=1, 2, \dots, r$$

Donde:

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

$\mu$  : La media poblacional perteneciente a las observaciones.

$\alpha_i$  : Efecto del del i-ésimo nivel del factor A (Dosis de *Trichoderma viride*.)

$\beta_j$  : Efecto del j-ésimo nivel del factor B (Dosis de EM)

$(\alpha\beta)_{ij}$  : 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.

Los factores en estudio y tratamientos combinado son:

**Tabla 4**

*Factores en estudio y tratamientos*

0	Dosis de <i>Trichoderma viride</i>	Dosis de EM	Código de tratamiento combinado	Repeticiones
1	T0	M0	T0M0	4
2	T1	M0	T1M0	4
3	T2	M0	T2M0	4
4	T3	M0	T3M0	4
5	T0	M1	T0M1	4
6	T1	M1	T1M1	4
7	T2	M1	T2M1	4
8	T3	M1	T3M1	4
9	T0	M2	T0M2	4
10	T1	M2	T1M2	4
11	T2	M2	T2M2	4
12	T3	M2	T3M2	4
13	T0	M3	T0M3	4





0	Dosis de <i>Trichoderma viride</i>	Dosis de EM	Código de tratamiento combinado	Repeticiones
14	T1	M3	T1M3	4
15	T2	M3	T2M3	4
16	T3	M3	T3M3	4

### 3.2.4. Dimensiones del área experimental

#### 3.2.4.1. Dimensiones entre surcos y plantas

- Número de surcos por U.E.: 2
- Largo del surco: 0.60 m
- Ancho del surco: 0.30 m
- Distancia entre plantas: 0.15 m
- Total plantas: 8

#### 3.2.4.2. Dimensiones de unidades experimentales (U.E.)

- Largo: 0.60 m
- Ancho: 0.60 m
- Área: 1.20 m<sup>2</sup>

#### 3.2.4.3. Dimensiones del campo experimental

- Ancho del terreno: 4.8 m
- Largo del terreno: 5.7 m
- Área total: 27.36 m<sup>2</sup>
- Distancia entre repeticiones: 0.3 m

### 3.2.5. Croquis del proyecto

Para este trabajo de investigación, se utilizó el mismo diseño experimental y croquis, manteniendo el proceso de aleatorización de manera consistente.



### 3.2.6. Periodo de investigación

El período de investigación se realizó desde el 28 de noviembre del 2023 al 10 de marzo del 2024.

### 3.3. FACTORES EN ESTUDIO

#### 3.3.1. Cepas *Trichoderma viride* (T)

- T0=Testigo
- T1=Dosis baja (1 bolsa/ha)
- T2= Dosis media (2 bolsas /ha)
- T3= Dosis alta (3 bolsas/ha)

#### 3.3.2. EM (*Microorganismos eficientes*) (M)

- M0: Testigo.
- M1: Dosis baja (2.5 % de EM)
- M2: Dosis media (5 % de EM)
- M3: Dosis alta (7.5 % de EM)

### 3.4. MATERIALES, INSTRUMENTOS E INSUMOS

#### 3.4.1. Material vegetal

**Semillas:** Se utilizaron semillas de espinaca de la variedad “Viroflay”, provenientes de la ciudad de Lima tienda comercial garantizada.

#### 3.4.2. Material biológico

**Las cepas de *Trichoderma viride*:** Fueron obtenidas del Mega Laboratorio de Sanidad Vegetal de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la



Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Actualmente, estos hongos se conservan a  $-10^{\circ}\text{C}$  en una solución de glicerol al 2%.

### 3.4.3. Instrumentos e insumos

Para la aplicación de las cepas de *Trichoderma viride* y Microorganismos eficaces (EM) en el cultivo de espinaca “Viroflay”, se utilizó lo siguiente:

- Probeta de vidrio de 100ml
- Vaso de precipitado
- Semillas de espinaca “Viroflay”,
- Embudo de vidrio
- Bandeja de germinación
- Melaza
- Cepas de *Trichoderma viride*.
- Microorganismos eficaces (EM).
- Agua destilada
- Balanza electrónica
- Potenciómetro
- Botellas descartables
- Incubadora
- Baldes
- Espátula
- Tijera
- Colador Plástico
- Jarra de plástico de 1 litro
- Mochila fumigadora 20 litros



- Pico
- Cegadora
- Mantas
- Atomizador pequeño
- Metro
- Cuaderno de apunte
- Lapicero
- Letreros
- Cinta Masking

### **3.5. METODOLOGÍA**

La presente investigación se realizó en dos fases (Laboratorio e invernadero).

#### **3.5.1. Fase laboratorio**

##### **3.5.1.1. Activación de Microorganismos Eficaces (EM)**

La activación del EM se llevó a cabo siguiendo las indicaciones proporcionadas en la etiqueta del producto. Esta activación se realizó en el Megalaboratorio de Sanidad Vegetal de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional del Altiplano. Para ello, se utilizaron tres botellas desechables de un litro, un embudo de vidrio, un vaso precipitado de 1000ml y probetas de 50ml y 100ml. Todos los materiales fueron cuidadosamente limpiados y esterilizados para evitar cualquier tipo de contaminación.

Para la preparación de EM en la concentración del cuadro 1 (activación al 2.5%): En una botella desechable de 1 litro, se agregaron 25

ml de EM, seguidos de 25 ml de melaza y agua libre de cloro hasta completar el volumen. Luego, la botella se selló herméticamente y se mantuvo en una incubadora durante 7 días a una temperatura de 38°C. Diariamente, se abrió la botella para liberar los gases producidos por la fermentación. Al finalizar este período, el producto debería tener un olor agrídulce y un pH menor a 3.8, lo cual se verificó con un potenciómetro. En ese punto, el EM ya estaba activado y listo para usar. Para las demás concentraciones, se procedió la misma metodología tal como se observan en las tablas 6 y 7 de acuerdo a la tabla 5.

**Tabla 5**

*Cantidades de insumos para 2.5% de Microorganismos Eficaces (EM)*

<b>2.5% de Microorganismos Eficaces (EM)</b>			
	<b>%</b>	<b>MI</b>	<b>litros</b>
EM	2.5	25	0.025
Melaza	2.5	25	0.025
Agua	95.0	950	0.95
<b>Total</b>			1.00

**Tabla 6**

*Cantidades de insumos para 5% de Microorganismos Eficaces (EM)*

<b>5% de Microorganismos Eficaces (EM)</b>			
	<b>%</b>	<b>MI</b>	<b>Litros</b>
EM	5	50	0.05
Melaza	5	50	0.05
Agua	90	900	0.9
<b>Total</b>			1.00



**Tabla 7**

*Cantidades de insumos para 7.5% de Microorganismos Eficaces (EM)*

<b>7.5% de Microorganismos Eficaces (EM)</b>			
	<b>%</b>	<b>ml</b>	<b>Litros</b>
EM	7.5	75	0.075
Melaza	7.5	75	0.075
Agua	85	850	0.85
<b>Total</b>			1.00

### **3.5.1.2. Pesaje de cepas de *Trichoderma viride* y su preparación**

Según SENASA et al., (2013), se recomienda aplicar entre 1 y 3 kg de *Trichoderma* por hectárea. Basado en estos valores y en el Cuadro 4, se realizó el pesaje de *Trichoderma viride* en el Megalaboratorio de Sanidad Vegetal de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional del Altiplano. Posteriormente, se llevó a cabo el lavado de conidios utilizando un litro de agua libre de cloro. Tras desprender los conidios del sustrato de cebada colonizado por *Trichoderma viride*, la mezcla se filtró con un colador para obtener el líquido que contenía *Trichoderma*. Esta suspensión se preparó en tres baldes, añadiendo 1.5 litros de agua a cada uno, completando un total de 2.5 litros por balde, con diferentes concentraciones. Finalmente, la suspensión se aplicó a las plantas mediante pulverización foliar.

**Tabla 8***Concentraciones de Trichoderma viride*

Dosis	Cantidad por hectárea	Cantidad por unidad experimental	Cantidad por las 4 repeticiones
Baja	<i>Trichoderma viride</i> (1 bolsa de 800 g)	0.096 g/1.20 m <sup>2</sup>	0.384 g/4.8m <sup>2</sup>
Media	<i>Trichoderma viride</i> (2 bolsas de 800 g)	0.192 g/1.20 m <sup>2</sup>	0.768 g/4.8m <sup>2</sup>
Alta	<i>Trichoderma viride</i> (3 bolsas de 800 g)	0.288 g/1.20 m <sup>2</sup>	1.152 g/4.8m <sup>2</sup>

### 3.5.1.3. Combinación de ambos microorganismos (*Trichoderma viride* y Microorganismos eficaces)

Para preparar la combinación de los dos microorganismos se prepararon de la siguiente forma:

**Tabla 9***Combinación de microorganismos (Trichoderma viride + EM)*

Dosis por hectárea	Dosis por las 4 repeticiones
(Dosis baja “ <i>Trichoderma viride</i> 1 bolsa /ha” + Dosis baja “2.5% de EM”)	(0.384 g <i>T. viride</i> /4.8m <sup>2</sup> ) + (25ml de EM, melaza 25ml y agua 950ml) en 10 litros de agua
(Dosis media “ <i>Trichoderma viride</i> 2 bolsa /ha” + Dosis baja “2.5% de EM”)	(0.768 g <i>T. viride</i> /4.8m <sup>2</sup> ) + (25ml de EM, melaza 25ml y agua 950ml) en 10 litros de agua
(Dosis alta “ <i>Trichoderma viride</i> 3 bolsa /ha” + Dosis baja “2.5% de EM”)	(1.152 g <i>T. viride</i> /4.8m <sup>2</sup> ) +(25ml de EM, melaza 25ml y agua 950ml) en 10 litros de agua
(Dosis baja “ <i>Trichoderma viride</i> 1 bolsa/ha + Dosis media “5 % de EM”)	(0.384 g <i>T. viride</i> /4.8m <sup>2</sup> ) + (50ml de EM, melaza 50ml y agua 900ml) en 10 litros de agua



<b>Dosis por hectárea</b>	<b>Dosis por las 4 repeticiones</b>
(Dosis media “ <i>Trichoderma viride</i> 2bolsa/ha + Dosis media “5 % de EM”)	(0.768 g <i>T. viride</i> /4.8m <sup>2</sup> ) + (50ml de EM, melaza 50ml y agua 900ml) en 10 litros de agua
(Dosis alta “ <i>Trichoderma viride</i> 3 bolsa/ha + Dosis media “5 % de EM”)	(1.152 g <i>T. viride</i> /4.8m <sup>2</sup> ) + (50ml de EM, melaza 50ml y agua 900ml) en 10 litros de agua
(Dosis baja “ <i>Trichoderma viride</i> 1bolsa/ha+ Dosis alta “7.5 % de EM”)	(0.384 g <i>T. viride</i> /4.8m <sup>2</sup> ) + (75ml de EM, melaza 75ml y agua 850ml) en 10 litros de agua
(Dosis media “ <i>Trichoderma viride</i> 2bolsa/ha+ Dosis alta “7.5 % de EM”)	(0.768 g <i>T. viride</i> /4.8m <sup>2</sup> ) + (75ml de EM, melaza 75ml y agua 850ml) en 10 litros de agua
(Dosis alta “ <i>Trichoderma viride</i> 3bolsa/ha+ Dosis alta “7.5 % de EM”)	(1.152 g <i>T. viride</i> /4.8m <sup>2</sup> ) + (75ml de EM, melaza 75ml y agua 850ml) en 10 litros de agua

### 3.5.2. Fase invernadero

#### 3.5.2.1. Preparación del sustrato

Se utilizó suelo agrícola de la ciudad de Yunguyo y se preparó una mezcla en proporciones de 2:1:1 de suelo agrícola, estiércol de ovino y arena. Esta mezcla se utilizó para la instalación en el invernadero, conforme a los tratamientos establecidos para el área experimental del estudio.

#### 3.5.2.2. Trasplante de plántulas de espinaca al campo definitivo

A los 15 días de germinación en las bandejas, las plántulas se trasplantaron al invernadero, siendo el distanciamiento entre plántulas de 15 cm y los surcos distanciados a 30 cm.

Luego, se regaron con una suspensión de microorganismos (*Trichoderma viride*, Microorganismos Eficaces y una combinación de ambos microorganismos) a razón de 2.5 litros por unidad experimental.





### **3.5.2.3. Aplicación foliar de ambos microorganismos (*Trichoderma viride* y Microorganismos eficaces)**

Las dosis calculadas de *Trichoderma viride* se mezclaron en 2.5 litros de agua por separado para su aplicación por cada unidad experimental (1.2 m<sup>2</sup>), su aplicación fue cada 15 días, usando una mochila fumigadora.

Las dosis calculadas de EM se mezclaron en 2.5 litros de agua por separado para su aplicación por cada unidad experimental (1.2 m<sup>2</sup>), su aplicación fue cada 15 días, usando una mochila fumigadora.

Las dosis calculadas de *Trichoderma viride* más las dosis calculadas de EM se mezclaron en 2.5 litros de agua por separado para su aplicación por cada unidad experimental (1.2 m<sup>2</sup>), su aplicación fue cada 15 días, usando una mochila fumigadora.

### **3.5.3. Objetivo 1: Determinar el rendimiento del cultivo de espinaca bajo la aplicación de cepas de *Trichoderma viride* y Microorganismos Eficientes**

#### **3.5.3.1. Variable independiente**

**Dosis de cepas *Trichoderma viride*:** T0=Testigo, T1=Dosis baja (1 bolsa/ha), T2= Dosis media (2 bolsas /ha) y T3= Dosis alta (3 bolsas/ha)

**Dosis de EM (Microorganismos eficientes):** M0: Testigo, M1: Dosis baja (2.5 % de EM), M2: Dosis media (5 % de EM) y M3: Dosis alta (7.5 % de EM).



### 3.5.3.2. Variable dependiente

Peso de plantas con hojas (g) por unidad experimental en kg/ha.

### 3.5.3.3. Método de evaluación

Una vez cosechada la espinaca en cada unidad experimental, se procedió a pesar la producción, expresando el resultado en gramos por unidad experimental. Posteriormente, los rendimientos se calcularon y expresaron en kilogramos por hectárea, utilizando la regla de tres simple.

Si 0.37 kg ----- 1.2 m<sup>2</sup>

X ----- 10000 m<sup>2</sup>

$$X = \frac{0.37 \text{ kg} \times 10000 \text{ m}^2}{1.2 \text{ m}^2} = 3095.83 \text{ kg/ha}$$

### 3.5.3.4. Análisis estadístico

Los datos evaluados fueron analizados por análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey.

## 3.5.4. Objetivo 2: Evaluar el efecto de la Biofertilización con cepas de *Trichoderma viride* y Microorganismos Eficientes en el crecimiento y desarrollo del cultivo de espinaca

### 3.5.4.1. Variable independiente

**Dosis de cepas *Trichoderma sp*:** T0=Testigo, T1=Dosis baja (1 bolsa/ha), T2= Dosis media (2 bolsas /ha) y T3= Dosis alta (3 bolsas/ha)



**Dosis de EM (Microorganismos eficientes):** M0: Testigo, M1: Dosis baja (2.5 % de EM), M2: Dosis media (5 % de EM) y M3: Dosis alta (7.5 % de EM).

#### **3.5.4.2. Variable dependiente**

Altura de la planta (cm), Número de hojas (Nº) y Masa radicular (g)

#### **3.5.4.3. Método de evaluación**

- Altura de la planta; todas las plantas fueron medidas desde la base del tallo hasta el ápice de la planta, utilizando una cinta métrica, expresadas en cm, cada 15 días.
- Número de hojas; en todas las plantas cosechadas fueron contadas el número de hojas, expresadas en Nº.
- Masa radicular; de todas las plantas cosechadas se hizo el pesado de raíces, utilizando una balanza analítica, expresadas en g.

#### **3.5.4.4. Análisis estadístico**

Los datos evaluados fueron analizados por análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ESPINACA BAJO LA APLICACIÓN DE CEPAS DE *Trichoderma viride*. Y MICROORGANISMOS EFICIENTES

En la Tabla 10, se presenta el ANOVA para el rendimiento del cultivo de espinaca bajo la aplicación de cepas de *Trichoderma viride* y microorganismos eficientes (EM). Se observa que para el factor Dosis de *Trichoderma viride*. (T) se evidencia un efecto estadísticas altamente significativo ( $P \leq 0.05$ ), lo que indica variaciones en el rendimiento entre las dosis estudiadas. Sin embargo, para el factor Dosis de EM (E), se evidencia que no existe efecto estadísticamente significativas ( $P \geq 0.05$ ), sugiriendo un rendimiento similar entre las dosis. Tampoco hubo efecto en la interacción T x M ( $P \geq 0.05$ ), lo que sugiere que la combinación de ambos efectos no ocasiona ningún efecto. El coeficiente de variación (CV) del 20.66 % indica que los datos son confiables para este tipo de experimentos.

**Tabla 10**

ANOVA para rendimiento de cultivo de espinaca bajo la aplicación de cepas de *Trichoderma viride*. y Microorganismos eficientes

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	p-valor	Sig.
Dosis de <i>Trichoderma viride</i> (T)	3	84193.94	28064.65	4.68	0.0060	**
Error	48	287811.91	5996.08			
Total	63	399197.07				
CV=20.66%		$\bar{X} = 10408.86$				

Los resultados obtenidos en este estudio destacan la relevancia de *Trichoderma viride* en el rendimiento del cultivo de espinaca, mostrando diferencias estadísticas significativas en relación a las dosis aplicadas ( $p \leq 0.05$ ). Estos hallazgos se alinean con lo reportado por Sanchez (2022), quien subrayó el potencial de aislados nativos de *Trichoderma viride* en la promoción del crecimiento de cultivos en Nicaragua, observando incrementos del 38.8% en altura y un aumento del 72% en peso del tomate con *T. harzianum* y *T. viride*. Esto sugiere que la aplicación de cepas de *Trichoderma* puede ser un enfoque efectivo para optimizar el rendimiento agrícola. En contraste, los resultados del estudio de Islas (2024) indican que la inoculación con cepas nativas de *Trichoderma spp.* no generó diferencias significativas en variables de crecimiento del maíz, incluso con fertilización sintética de 200 kg de N ha<sup>-1</sup>. A los 179 días, no se observaron variaciones significativas en el peso de 1000 granos y el peso total de mazorcas, lo que sugiere que el efecto positivo de *Trichoderma viride* puede ser más limitado en ciertos cultivos o bajo condiciones específicas.

#### **4.1.1. Rendimiento por efecto de las dosis de *Trichoderma viride***

Para el rendimiento debido al efecto de las dosis de *Trichoderma viride*, se presenta la prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) en la Tabla 11 y Figura 6, donde se observa que la dosis de 3 bolsas/ha presenta el mayor rendimiento (3,471.27 kg/ha), seguida por la dosis de 1 bolsa/ha (3,307.03 kg/ha) y la dosis de 2 bolsas/ha (3,040.36 kg/ha). Aunque estas dosis presentaron diferencias numéricas, estadísticamente sus rendimientos fueron similares. El testigo, registró un rendimiento de 2,671.96 kg/ha.

**Tabla 11**

*Prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para rendimiento por efecto de las dosis de *Trichoderma viride**

Orden de mérito	Dosis de <i>Trichoderma viride</i>	Promedio de Rdto. (g/parcela)	Promedio de Rdto. (kg/ha)	Sig. $\leq 0.05$
1	T3=Dosis alta (3 bolsas/ha)	416.55	3,471.27	a
2	T1=Dosis baja (1 bolsa/ha)	396.84	3,307.03	a
3	T2= Dosis media (2 bolsas /ha)	364.84	3,040.36	a b
4	T0=Testigo	320.64	2,671.96	b

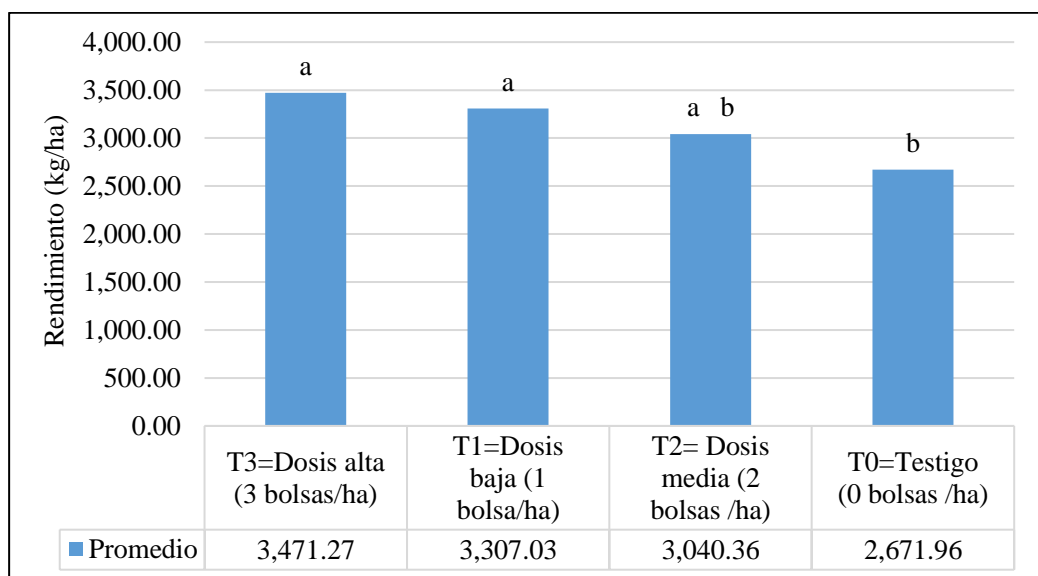
Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Los resultados de este estudio indican que la aplicación de *Trichoderma viride* como biofertilizante tiene un impacto positivo en el rendimiento de cultivos, evidenciado por la dosis de 3 bolsas/ha, que alcanzó un rendimiento de 3,471.27 kg/ha. Este hallazgo es coherente con la investigación de Vargas (2017), quien también encontró que dosis adecuadas de microorganismos eficaces (M.E.) pueden mejorar significativamente el crecimiento y rendimiento de cultivos, como el nabo, donde una dosis de 0.80 Lha-1 resultó en el mayor rendimiento, alcanzando 90,833.33 kg/ha. Sin embargo, Vargas observó que diferentes dosis influenciaron de manera variable otras métricas, como la altura y el número de hojas, lo que sugiere que la optimización de la dosis es clave para maximizar los beneficios de los M.E. En contraste, los resultados de Bacusoy y Fienco (2023) sobre el uso de *T. harzianum* en arroz revelaron que la dosis de 450 g/ha fue la más efectiva para la producción, alcanzando 8068.1 kg/ha, destacando la

importancia de la dosis adecuada también en este contexto. A pesar de que en el presente estudio las diferencias en rendimiento entre las dosis de *Trichoderma viride* fueron numéricas, pero no estadísticamente significativas, esto indica que el uso de biofertilizantes puede ser una estrategia viable para mejorar la productividad agrícola de manera sostenible, alineándose con los enfoques propuestos por Vargas y Bacusoy y Fienco.

### Figura 6

*Rendimiento de hojas por efecto de las dosis de Trichoderma viride.*



Los resultados obtenidos son respaldados por los efectos positivos en otros cultivos, Camargo y Avila (2013), quienes indican que el uso de *Trichoderma* mejora notablemente en peso fresco y seco de la parte aérea del cultivo de arveja. Sanchez (2022), de igual forma avala los resultados de la aplicación de *Trichoderma* como promotor de crecimiento, indicando a las especies *T. harzianum* y *T. viride* en un 72% y 46.3% de incremento en peso en tomate. Islas (2024), respalda que la inoculación con *Trichoderma* spp. promueve el crecimiento vegetal, reduciendo la necesidad de fertilizantes sintéticos sin afectar el rendimiento del maíz. Bacusoy y Fienco (2023), obtuvo con la dosis de 450



g/ha una media de 8068,1 kg/ha, comparado con el método tradicional con agroquímico en cultivo de arroz. Inquilla et al (2022), encontró diferencias en cepas de *Trichoderma* en la producción de tubérculos, los cuales superaron al testigo. Pauro (2022), también corrobora que la dosis de *Trichoderma* mejora el rendimiento de grano en cultivo de quinua, frente al testigo.

#### 4.1.2. Rendimiento por efecto de las dosis de EM

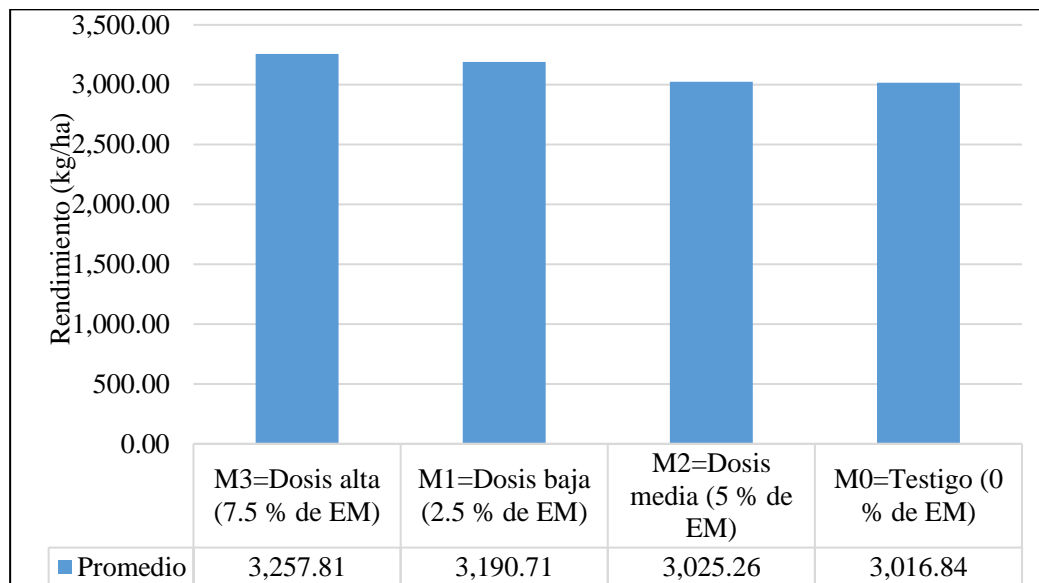
En la Figura 7, se presenta un gráfico que ilustra las diferencias numéricas en el rendimiento de espinaca bajo distintas dosis de EM. El rendimiento máximo, 3.257,81 kg/ha, se obtuvo con una dosis de 7,5% de EM, le siguieron de cerca una dosis del 2,5% de EM, que produjo 3.190,71 kg/ha, y un tratamiento del 5% de EM, que produjo 3.025,26 kg/ha, finalmente el rendimiento del testigo fue de 3.016,84 kg/ha. Es importante resaltar que, a pesar de estas variaciones numéricas en los rendimientos, no se descubrieron cambios estadísticamente significativos entre las distintas dosis de EM, lo que indica que no se puede afirmar que una dosis es superior en términos de eficacia.

Los resultados obtenidos son respaldados por Guerrero (2022), quien, al aplicar diferentes dosis de EM, obtuvo diferencias en rendimiento, siendo la dosis de 60 l/ha con mejor rendimiento de 3450 kg/ha, respecto al testigo. Abreu et al (2023), al aplicar microorganismos de montaña obtuvo diferencias significativas respecto al testigo en peso de los frutos de limón. Vargas (2017), obtuvo mejor rendimiento con la dosis de 0.80 Lha-1 de EM, alcanzando 90,833.33 kg/ha respecto al testigo.



**Figura 7**

*Rendimiento de hojas por efecto de las dosis de EM.*



Tania y Leiva (2019), indican que los microorganismos eficientes (Em9, 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 de fotosíntesis a través de un mayor desarrollo foliar; en nuestros resultados se cumple esta afirmación respecto al testigo. Pauro (2022), también corrobora que la dosis de EM al 10% mejora el rendimiento de grano en cultivo de quinua, frente al testigo.

#### **4.1.3. Rendimiento por efecto de las dosis *Trichoderma viride* y EM.**

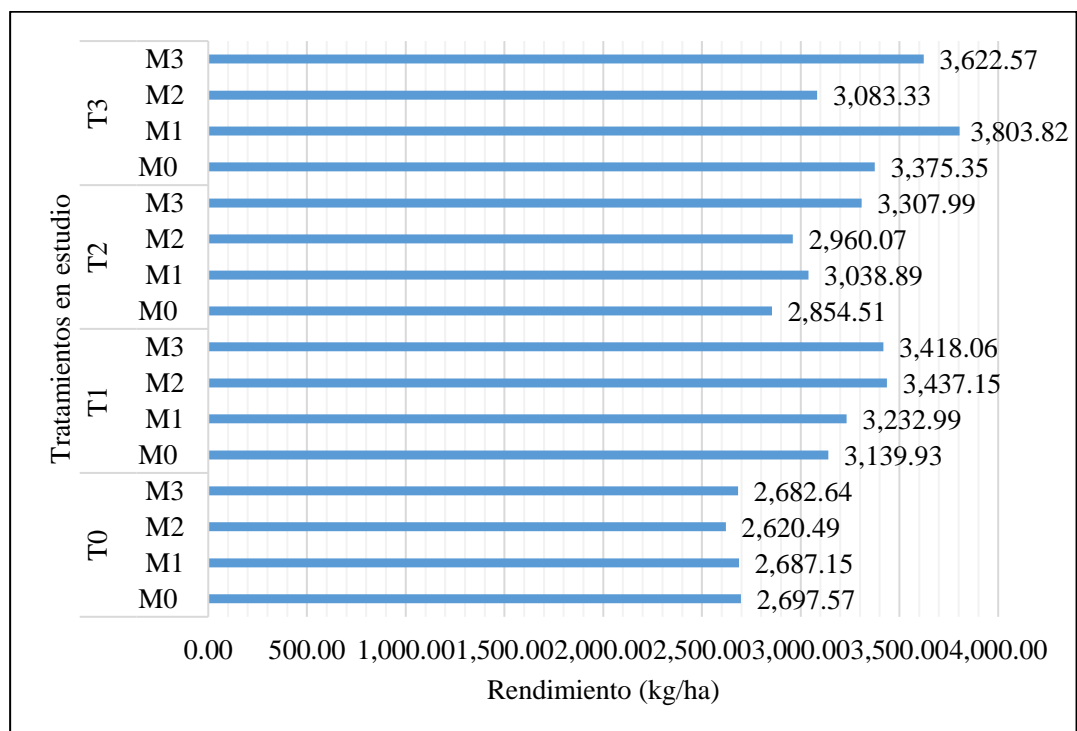
En la Figura 8, se presenta un gráfico que ilustra las diferencias matemáticas en el rendimiento de los tratamientos evaluados. Se observa que el tratamiento con 3 bolsas/ha de *Trichoderma viride*. más 2.5% de EM alcanzó el mayor rendimiento (3,803.82 kg/ha), seguido por el tratamiento con 3 bolsas/ha de *Trichoderma viride*. más 7.5% de EM (3,622.57 kg/ha). El menor rendimiento se registró en el tratamiento sin *Trichoderma viride* y con 5% de EM (2,620.49

kg/ha). A pesar de estas variaciones, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en la interacción entre las dosis de *Trichoderma viride* y las dosis de EM.

Los resultados obtenidos son respaldados en cierta forma por diversos autores en diferentes cultivos, Huerta (2016), quien evaluó el efecto del guano de isla y microorganismos eficaces (EM) sobre el rendimiento de espinaca en Recuay, obteniendo mayor rendimiento con 2 t/ha de guano de isla + 20 L/ha de EM de 21,728 Kg/ha, a diferencia del testigo con 11,960 Kg/ha.

### Figura 8

*Rendimiento de hojas por efecto de las dosis Trichoderma viride y EM.*



Mateu (2019), al evaluar la influencia del GI y EM en el rendimiento y precocidad de la espinaca Viroflay, mostraron que al aumentar la dosis de GI disminuye la precocidad de espinaca, y a su vez influye en el rendimiento de biomasa; donde con 3 y 2 t.ha<sup>-1</sup> de GI se tuvo rendimientos de 18421 y 16221



kg.ha-1. Lapa (2022) en su estudio en plantas de espinacas sometida a 2 fertilizaciones con 50N-50P2O5-50K2O y 100N-100P2O5-100K2O y 3 dosis de EM con 1%, 2% y 3%, demostró que en peso fresco tanto en las hojas como en la raíz presentaron resultados distintos debido a la acción de las dosis de N-P2O5-K2O y dosis de EM.

León et al. (2022), evaluaron el efecto de diferentes cepas de *Trichoderma sp.* sobre el crecimiento y rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) utilizando dos métodos de inoculación: semilla peletizada y aplicación del hongo al suelo (vía drench), obteniendo como resultado que, el rendimiento osciló entre 4147,6 y 3222,7 kg/ha, sin embargo, el testigo obtuvo el menor rendimiento con 1412,6 kg/ha.

León et al. (2021), reporta que el tratamiento de cultivos de quinua con *Trichoderma spp.* y microorganismos eficaces contribuyó al crecimiento de la planta, obteniéndose una mejora en el rendimiento. Castro (2023), 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).

## 4.2. EFECTO DE LA BIOFERTILIZACIÓN CON CEPAS DE *Trichoderma viride* Y MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DE ESPINACA

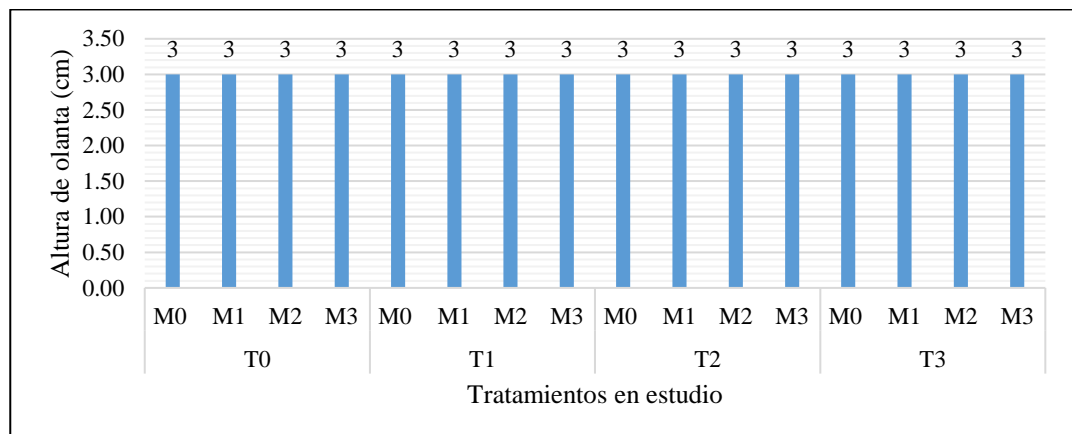
### 4.2.1. Altura de la planta del cultivo de espinaca

#### 4.2.1.1. Primera evaluación de altura de planta

En la figura 9, se observa que en todos los tratamientos en estudio tuvieron la misma altura de 3 cm, no habiendo diferencia entre ellos.

**Figura 9**

*Primera evaluación altura de planta con Trichoderma viride y EM*



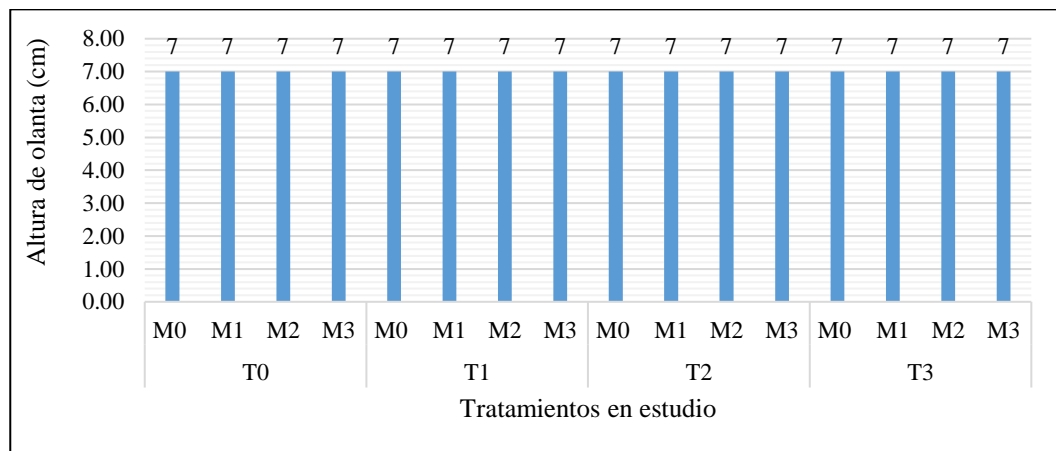
Este resultado nos indica que las plantas de espinaca procedieron de semillas de buena calidad, por tanto, buen desarrollo en crecimiento, evidenciándose que sin la aplicación de las dosis de *Trichoderma viride* y EM, no tuvieron problemas al desarrollarse.

#### 4.2.1.2. Segunda evaluación altura de planta

En la Figura 10, se observa que todos los tratamientos en estudio presentaron la misma altura de 7 cm, sin diferencias significativas entre ellos.

**Figura 10**

*Segunda evaluación altura de planta con Trichoderma viride y EM*



Este resultado nos indica que las plantas de espinaca siguieron con buen desarrollo en crecimiento, evidenciándose que sin la aplicación de las dosis de *Trichoderma viride* y EM, no tuvieron problemas al desarrollarse, teniendo el mismo tamaño en crecimiento.

#### **4.2.1.3. Tercera evaluación de altura de planta bajo la aplicación de cepas de *Trichoderma viride* y Microorganismos eficientes**

En la Tabla 12, se presenta el ANOVA para la altura de planta en la tercera evaluación del cultivo de espinaca bajo la aplicación de cepas de *Trichoderma viride* y microorganismos eficientes (EM). Los resultados muestran que para el factor Dosis de *Trichoderma viride* (T) existen diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0.05$ ), indicando variaciones en la altura de las plantas entre las dosis estudiadas. Sin embargo, para el factor Dosis de EM (E), no se observan diferencias estadísticas significativas ( $P \geq 0.05$ ), sugiriendo una altura similar entre las dosis. Además, la interacción entre T y E no presenta diferencias estadísticas significativas ( $P \geq 0.05$ ), lo que implica que ambos factores

actúan de manera independiente en la altura del cultivo. El coeficiente de variación (CV) de 5.72% indica que los datos son confiables para este tipo de experimentos.

**Tabla 12**

*ANOVA para altura de planta a la tercera evaluación del cultivo de espinaca bajo la aplicación de cepas de *Trichoderma viride*. y Microorganismos eficientes*

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	p-valor	Sig.
Dosis de <i>Trichoderma viride</i> . (T)	3	653.50	217.83	106.10	<0.0001	**
Error	48	98.55	2.05			
Total	63	784.86				
CV=5.72%		$\bar{X} = 25.07$				

#### **4.2.1.3.1. Efecto de las dosis de *Trichoderma viride* sobre altura de planta a la tercera evaluación**

En la tabla 13 y figura 11, se observa la prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para altura de planta a la tercera evaluación por efecto de las dosis de *Trichoderma viride*. en donde que la dosis de 3 bolsas/ha tuvo mayor altura de planta (29.99 cm), siendo estadísticamente superior a las demás dosis; seguido de la dosis de 2 bolsas/ha (25.21 cm), la dosis de 1 bolsa/ha tuvo (23.90 cm). El testigo tuvo (21.17 cm).

**Tabla 13**

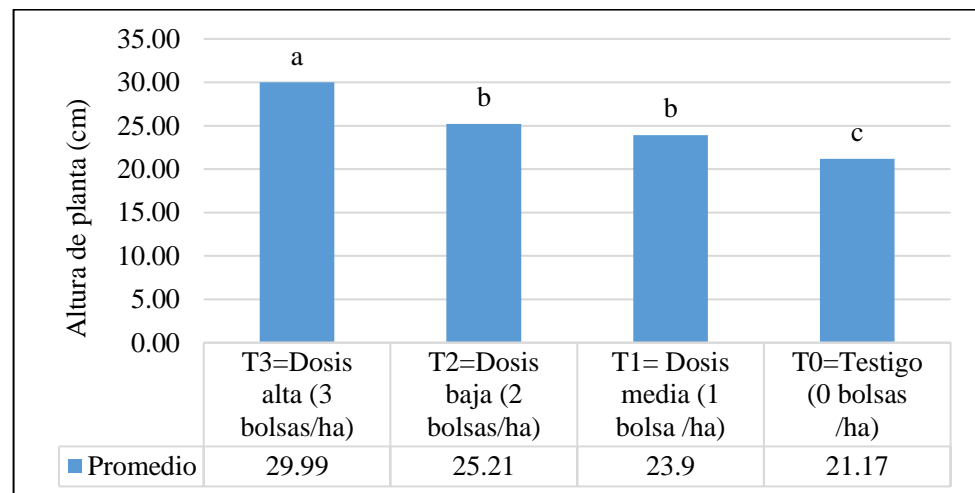
*Prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para altura de planta a la tercera evaluación por efecto de las dosis de *Trichoderma viride*.*

Orden de mérito	Dosis de <i>Trichoderma viride</i> .	Promedio de altura de planta (cm)	Sig. $\leq 0.05$
1	T3=Dosis alta (3 bolsas/ha)	29.99	a
2	T2=Dosis baja (2 bolsas/ha)	25.21	b
3	T1= Dosis media (1 bolsa /ha)	23.90	b
4	T0=Testigo	21.17	c

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Figura 11**

*Altura de planta a la tercera evaluación por efecto de las dosis de *Trichoderma viride*.*



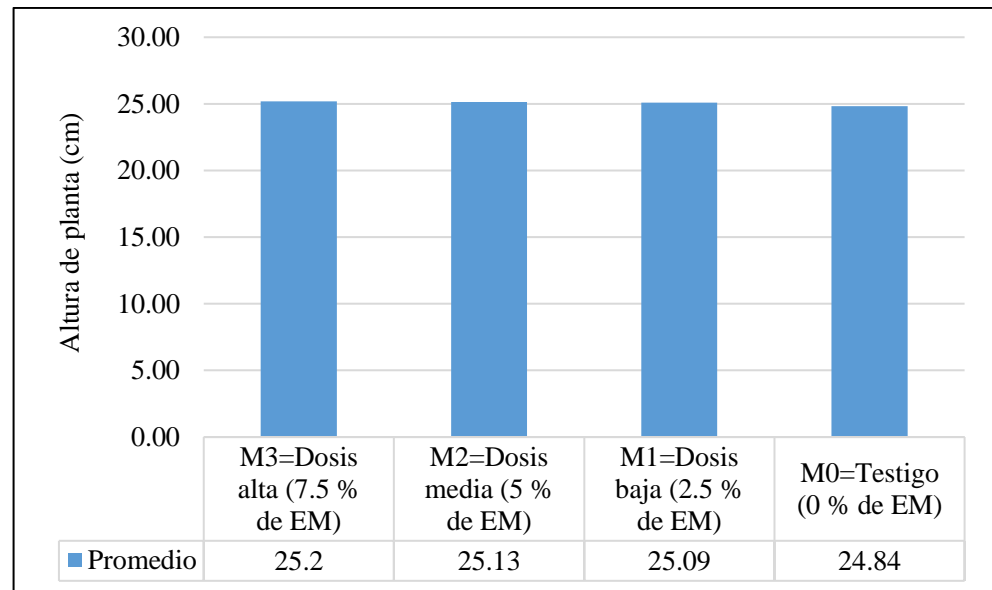
#### 4.2.1.3.2. Efecto de las dosis de EM sobre altura de planta a la tercera evaluación

Como no hubo diferencias estadísticas para el factor dosis de EM en la tabla 13, se presenta un gráfico con la finalidad de observar las diferencias numéricas, entonces en la figura 12, se observa que la dosis de 7.5 % de EM tuvo mayor altura de planta (25.20 cm), seguido de la dosis

de 5% de EM (25.13 cm), la dosis de 2.5% de EM tuvo (25.09 cm). El testigo tuvo (24.84 cm). Como no hubo diferencias estadísticas entre las dosis de EM.

**Figura 12**

*Altura de planta a la tercera evaluación por efecto de las dosis de EM.*



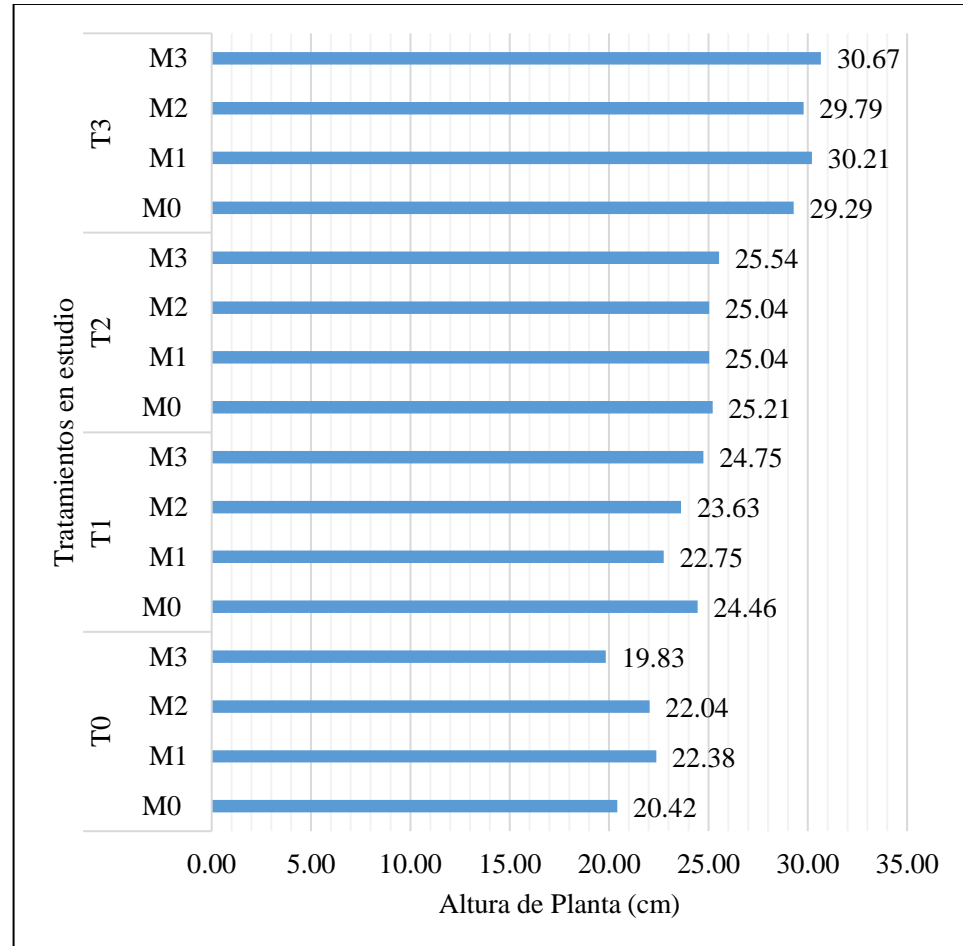
#### 4.2.1.3.3. Efecto de las dosis de *Trichoderma viride* y EM en altura de planta a la tercera evaluación

Como no hubo diferencias estadísticas en la interacción de dosis de *Trichoderma viride*. con las dosis de EM (Tabla 13), se presenta un gráfico con la finalidad de observar las diferencias numéricas, nos muestra la figura 13, que el tratamiento conformado por la dosis de 3 bolsas/ha de *Trichoderma viride*. más la dosis de 7.5 % de EM tuvo mayor altura de planta (30.67 cm), seguido del tratamiento conformado por la dosis de 3 bolsas/ha de *Trichoderma viride*. la dosis de 5% de EM (29.79 cm); la menor altura de planta se tuvo en el tratamiento conformado por cero bolsas/ha de *Trichoderma viride*. más la dosis de 0% de EM (20.42 cm).



**Figura 13**

*Altura de planta a la tercera evaluación por efecto de las dosis de Trichoderma viride. y por efecto de las dosis de EM.*



#### 4.2.1.4. Cuarta evaluación del cultivo de espinaca bajo la aplicación de cepas de *Trichoderma viride* y Microorganismos eficientes

En la tabla 14, se observa el ANOVA para altura de planta a la cuarta evaluación del cultivo de espinaca bajo la aplicación de cepas de *Trichoderma viride*. y Microorganismos eficientes, visualizándose que para el factor Dosis de *Trichoderma viride*. (T) existe diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0.05$ ), entendiéndose que se tuvo diferencias en altura de planta entre las dosis estudiadas; para el factor Dosis de EM (E) no existe diferencias estadísticas significativas ( $P \geq 0.05$ ), entendiéndose que se tuvo similar altura de planta entre

las dosis estudiadas. Para la interacción T x M, tampoco existe diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ), entendiéndose que cada factor actúa de forma independiente en altura de planta del cultivo. El coeficiente de variación (CV) igual a 6.56%, nos indica que los datos evaluados son confiables para este tipo de experimentos.

**Tabla 14**

*ANOVA para altura de planta a la cuarta evaluación del cultivo de espinaca bajo la aplicación de cepas de Trichoderma viride. y Microorganismos eficientes*

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	p-valor	Sig.
Dosis de <i>Trichoderma viride</i> . (T)	3	522.63	174.21	35.72	<0.0001	**
Error	48	234.13	4.88			
Total	63	799.68				
CV=6.56%		$\bar{X} = 33.65$				

#### **4.2.1.4.1. Efecto de las dosis de Trichoderma viride en altura de planta a la cuarta evaluación**

En la tabla 15 y figura 14, se observa la prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para para altura de planta a la cuarta evaluación por efecto de las dosis de *Trichoderma viride*. en donde que la dosis de 3 bolsas/ha tuvo mayor altura de planta (37.22 cm), siendo estadísticamente superior a las demás dosis; seguido de la dosis de 2 bolsas/ha (34.38 cm), la dosis de 1 bolsa/ha tuvo (33.75 cm). El testigo tuvo (29.25 cm).

**Tabla 15**

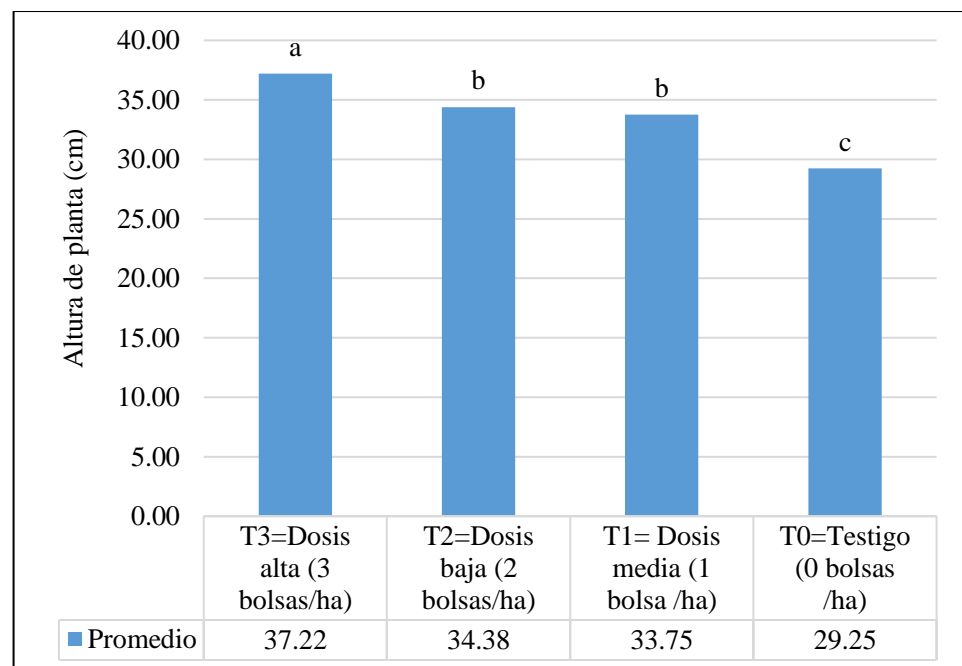
*Prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para altura de planta a la cuarta evaluación por efecto de las dosis de *Trichoderma viride*.*

Orden de mérito	Dosis de <i>Trichoderma viride</i> .	Promedio de altura de planta (cm)	Sig. $\leq 0.05$
1	T3=Dosis alta (3 bolsas/ha)	37.22	a
2	T2=Dosis baja (2 bolsas/ha)	34.38	b
3	T1= Dosis media (1 bolsa /ha)	33.75	b
4	T0=Testigo	29.25	c

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Figura 14**

*Altura de planta a la cuarta evaluación por efecto de las dosis de *Trichoderma viride*.*

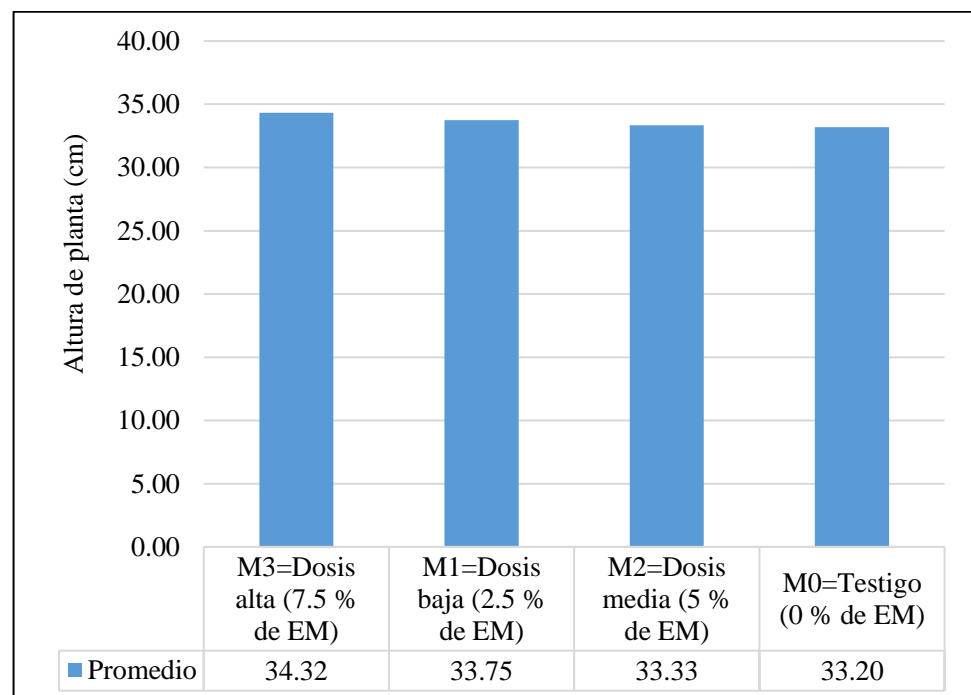


#### 4.2.1.4.2. Efecto de las dosis de EM en altura de planta a la cuarta evaluación

Como no hubo diferencias estadísticas entre las dosis de EM, a continuación, se presenta la Figura 15 con la finalidad de observar las diferencias matemáticas, entonces en la figura 7, se observa que la dosis de 7.5 % de EM tuvo mayor altura de planta (34.32 cm), seguido de la dosis de 2.5% de EM (33.75 cm), la dosis de 5% de EM tuvo (33.33 cm). El testigo tuvo (33.20 cm).

**Figura 15**

*Altura de planta a la cuarta evaluación por efecto de las dosis de EM.*



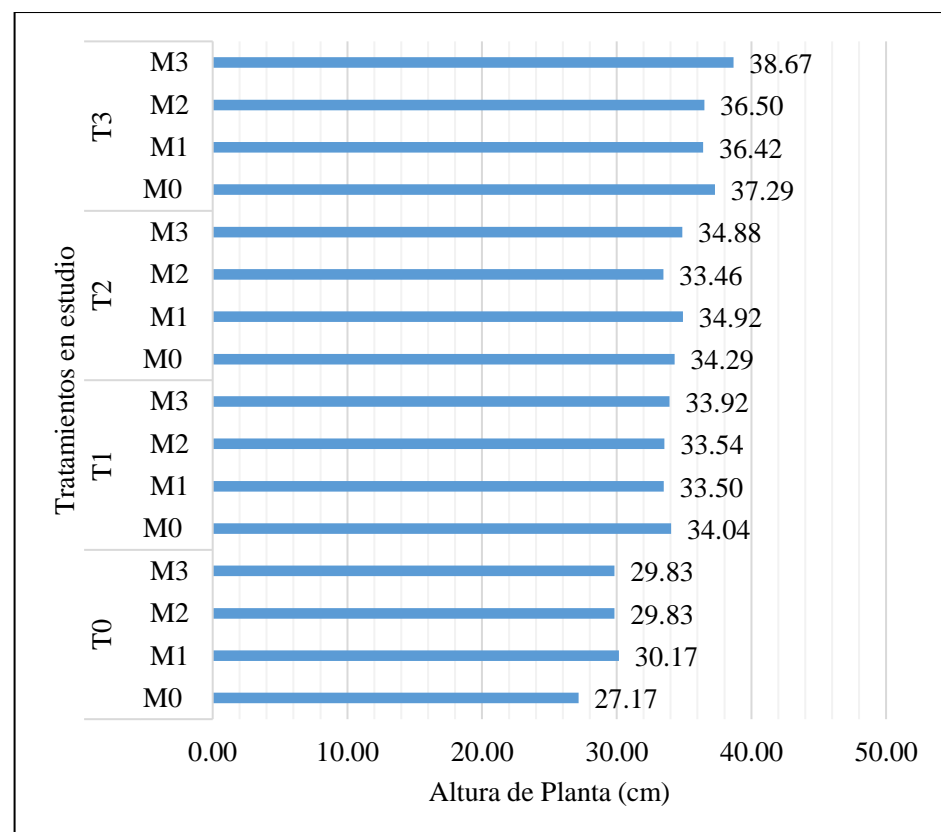
#### 4.2.1.4.3. Efecto de las dosis de *Trichoderma viride* y EM en altura de planta a la cuarta evaluación

Como no hubo diferencias estadísticas en la interacción de dosis de *Trichoderma viride*. con las dosis de EM, a continuación, se presenta un gráfico con la finalidad de observar las diferencias matemáticas, entonces

en la figura 16, se observa que el tratamiento conformado por la dosis de 3 bolsas/ha de *Trichoderma viride*. más la dosis de 7.5 % de EM más tuvo mayor altura de planta (38.67 cm), seguido del tratamiento conformado por la dosis de 3 bolsas/ha de *Trichoderma viride*. la dosis de 0.0% de EM (37.29 cm); la menor altura de planta se tuvo en el tratamiento conformado por cero bolsas/ha de *Trichoderma viride*. más la dosis de 0% de EM (27.17 cm).

### Figura 16

*Altura de planta a la cuarta evaluación por efecto de las dosis de Trichoderma viride. y por efecto de las dosis de EM.*



#### 4.2.1.5. Quinta evaluación del cultivo de espinaca bajo la aplicación de cepas de *Trichoderma viride* y Microorganismos eficientes

En la tabla 16, se observa el ANOVA para altura de planta a la quinta evaluación del cultivo de espinaca bajo la aplicación de cepas de *Trichoderma viride*. y Microorganismos eficientes, visualizándose que para el factor Dosis de *Trichoderma viride*. (T) existe diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0.05$ ), entendiéndose que se tuvo diferencias en altura de planta entre las dosis estudiadas; para el factor Dosis de EM (E) no existe diferencias estadísticas significativas ( $P \geq 0.05$ ), entendiéndose que se tuvo similar altura de planta entre las dosis estudiadas. Para la interacción T x M, tampoco existe diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ), entendiéndose que cada factor actúa de forma independiente en altura de planta del cultivo. El coeficiente de variación (CV) igual a 8.34%, nos indica que los datos evaluados son confiables para este tipo de experimentos.

**Tabla 16**

*ANOVA para altura de planta a la quinta evaluación del cultivo de espinaca bajo la aplicación de cepas de Trichoderma viride. y Microorganismos eficientes*

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	p-valor	Sig.
Dosis de <i>Trichoderma viride</i> . (T)	3	2227.43	742.48	22.34	<0.0001	**
Error	48	1595.54	33.24			
Total	63	4055.50				
CV=8.34%		$\bar{X} = 69.29$				

#### 4.2.1.5.1. Efecto de las dosis de *Trichoderma viride* sobre altura de planta a la quinta evaluación

En la tabla 17 y figura 17, se observa la prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para para altura de planta a la quinta evaluación por efecto de las dosis de *Trichoderma viride*. en donde que la dosis de 3 bolsas/ha tuvo mayor altura de planta (29.99 cm), siendo estadísticamente superior a las demás dosis; seguido de la dosis de 2 bolsas/ha (25.21 cm), la dosis de 1 bolsa/ha tuvo (23.90 cm). El testigo tuvo (21.17 cm).

**Tabla 17**

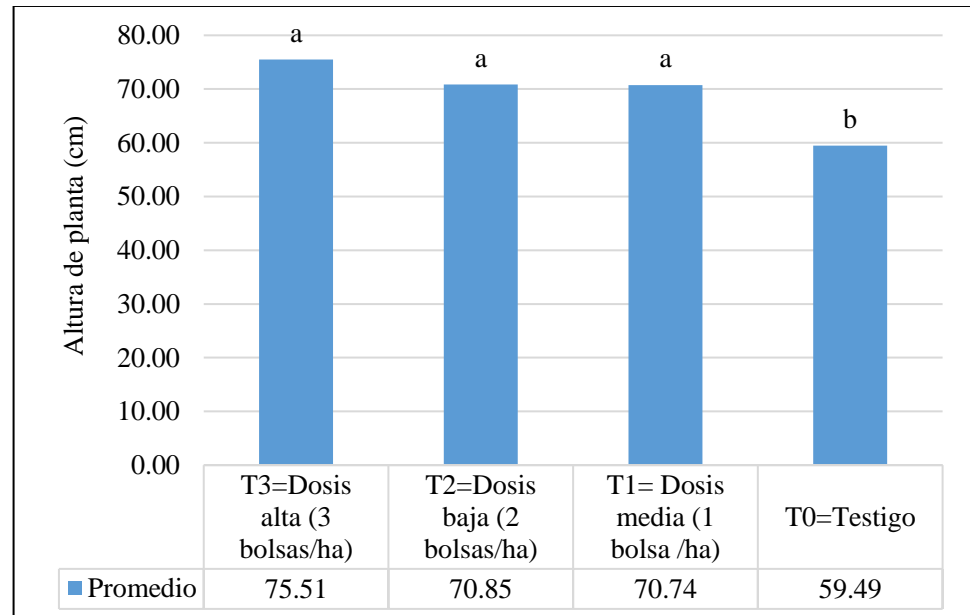
*Prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para altura de planta a la quinta evaluación por efecto de las dosis de *Trichoderma viride*.*

Orden de mérito	Dosis de <i>Trichoderma viride</i> .	Promedio de altura de planta (cm)	Sig. $\leq 0.05$
1	T3=Dosis alta (3 bolsas/ha)	75.51	a
2	T2=Dosis baja (2 bolsas/ha)	70.85	a
3	T1= Dosis media (1 bolsa /ha)	70.74	a
4	T0=Testigo	59.49	b

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Figura 17**

*Altura de planta a la quinta evaluación por efecto de las dosis de  
Trichoderma viride*



Los resultados son respaldados por diferentes autores en otros cultivos, Rodríguez y Vargas (2021), quienes evaluaron el crecimiento en plantas de tomate inoculadas con cepas nativas e importadas de *Trichoderma spp.*, en invernadero como en campo, encontrando que algunas especies de *Trichoderma* incrementan el crecimiento en altura de planta, a diferencia del testigo. Camargo y Avila (2013), reportan en su investigación sobre la aplicación de *Trichoderma sp.* en el crecimiento y desarrollo de la arveja han demostrado efectos positivos significativos indicando que se tuvo mejora en el crecimiento y desarrollo. Sánchez (2022), realizó un estudio en identificar y cuantificar el potencial de aislados nativos de *Trichoderma spp.* en el crecimiento y peso del tomate, demostrando que las especies de *T. harzianum* y *T. viride* sobresalieron teniendo un efecto promotor con el incremento en crecimiento de planta



38.8 y 22.6%. Bacusoy y Fienco (2023), en su investigación sobre la efectividad del hongo *T. harzianum* como biofertilizante en el cultivo de arroz (*O. sativa* L.) para una producción ecosostenible, encontraron que la dosis de 150 g/ha tuvo mayor crecimiento.

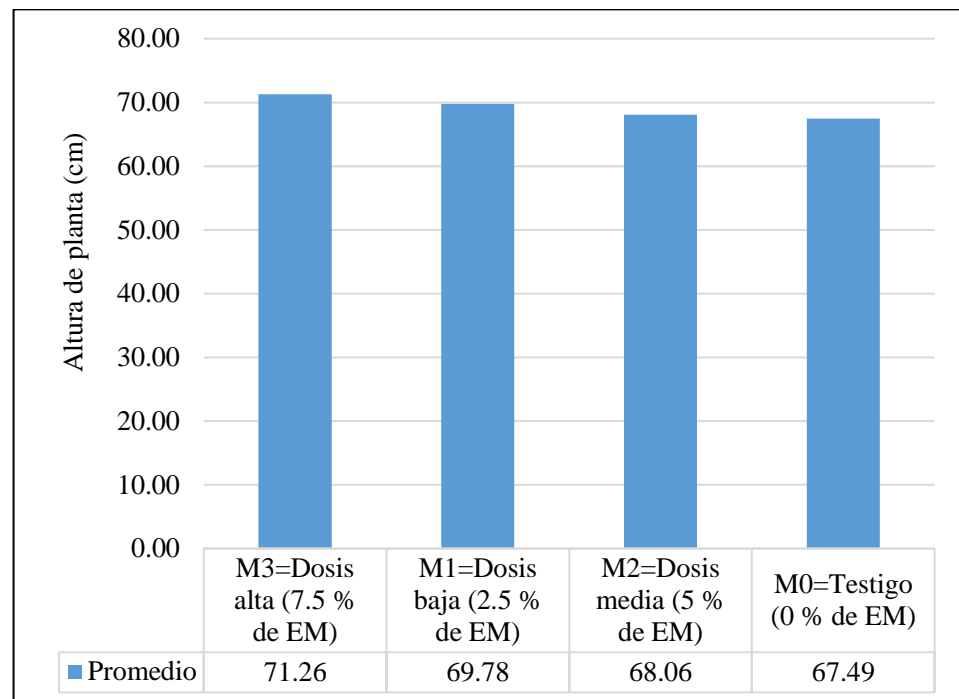
#### **4.2.1.5.2. Efecto de las dosis de EM sobre altura de planta a la quinta evaluación**

Como no hubo diferencias estadísticas entre las dosis de EM, a continuación, se presenta un gráfico con la finalidad de observar las diferencias numéricas, entonces en la figura 18, se observa que la dosis de 7.5 % de EM tuvo mayor altura de planta (71.26 cm), seguido de la dosis de 2.5 % de EM (69.78 cm), y la dosis de 5 % de EM (68.96 cm), siendo superiores a testigo que tuvo 67.49 cm de altura de planta.

Los resultados obtenidos son respaldados por diversos autores en otros cultivos, Mateu (2019), evaluó la influencia del guano de islas y microorganismos eficaces en la precocidad y rendimiento del cultivo de espinaca Viroflay, indica que las dosis de EM si influyen en la longitud de planta diferenciando del testigo. León et al. (2022), evaluaron el efecto de diferentes cepas de *Trichoderma sp.* sobre el crecimiento y rendimiento de la quinua, encontrando que las cepas tienen diferentes efectos en el desarrollo de la quinua, sin embargo, las cepas TE-7 y TE-126 tuvieron mejor respuesta en crecimiento de planta.

**Figura 18**

*Altura de planta a la quinta evaluación por efecto de las dosis de EM*

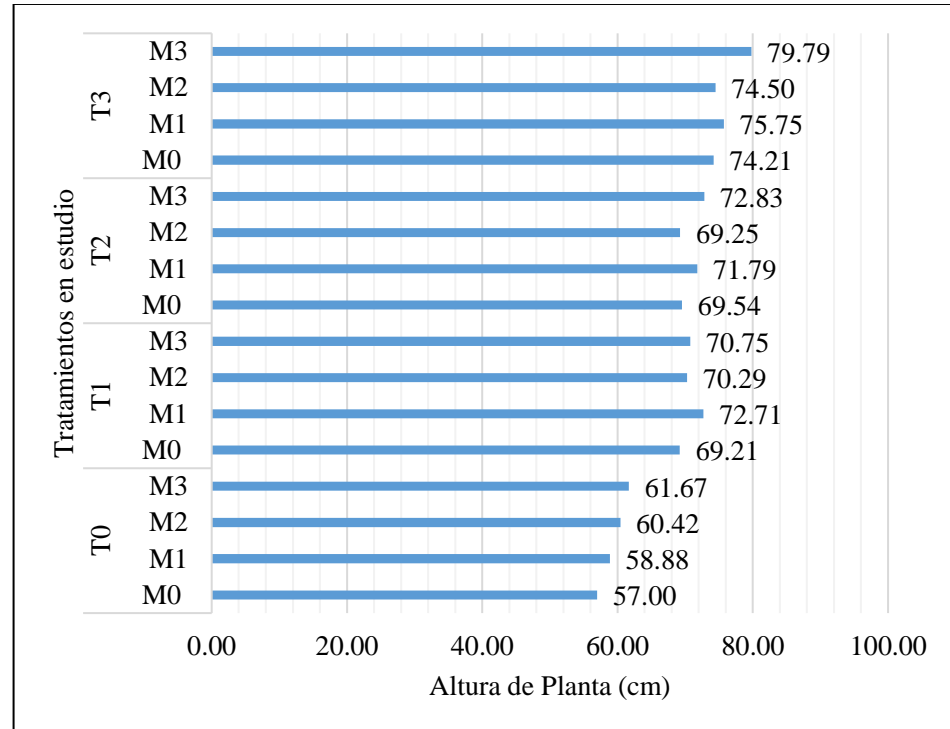


#### 4.2.1.5.3. Efecto de las dosis de *Trichoderma viride* y EM sobre altura de planta a la quinta evaluación

Como no hubo diferencias estadísticas entre las dosis de *Trichoderma viride* y EM, a continuación, se presenta un gráfico con la finalidad de observar las diferencias numéricas, entonces en la figura 19, se observa que la dosis de 3 bolsas/ha de *Trichoderma viride* más la dosis de 7.5 % de EM tuvo mayor altura de planta (79.90 cm), seguido de la dosis de 3 bolsas/ha de *Trichoderma viride* más la dosis de 2.5 % de EM (75.75 cm), la dosis de 3 bolsas/ha de *Trichoderma viride* más la dosis de 2.5 % de EM (74.50 cm), siendo superiores a testigo que tuvo 57 cm de altura de planta.

**Figura 19**

*Altura de planta a la quinta evaluación por efecto de las dosis de Trichoderma viride, y por efecto de las dosis de EM.*



A partir de la tercera evaluación se observa efectos significativos estadísticos con la aplicación de dosis de *Trichoderma viride*, pero no fueron significativos con las dosis de EM, estos resultados son respaldados en cierta por:

Lapa (2022) en su estudio en plantas de espinacas sometida a 2 fertilizaciones con 50N-50P2O5-50K2O y 100N-100P2O5-100K2O y 3 dosis de EM con 1%, 2% y 3%, demostró resultados distintas respuestas debido a la acción de las dosis de N-P2O5-K2O y dosis de EM; en altura de la planta. Sin embargo, León et al. (2021), reporta que, el tratamiento de cultivos de quinua con *Trichoderma spp.* y microorganismos eficaces contra el mildiu fue contribuyó al crecimiento de la planta.



Castro (2023), encontró que la altura de planta y diámetro polar de ajos, que no hubo 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

Zaw & Matsumoto (2020), en su estudio demostraron un efecto de promoción del crecimiento con *Trichoderma viride* en la altura de la planta de espinaca mostaza japonesa donde existió un aumento, de 16.22% en suelo vivero de uso agrícola (FNS) y 9.84% en suelo de jardín doméstico (HGS) frente al control, en tomate fueron significativamente diferentes entre los suelos tratados y no tratados, donde en el suelo vivero de uso agrícola (FNS) aumentó en 50.26% y en suelo de jardín doméstico (HGS) aumentó 7% frente al control; demostrando que *Trichoderma spp.* promueven el crecimiento de las plantas, ya sea indirectamente, modificando el ambiente de la rizosfera, elevando la disponibilidad de nutrientes, mejorando los mecanismos defensivos del cultivo.

Melo et al. (2021) en su estudio investigaron la mezcla ideal de suelo y compuesto orgánico utilizando *Bacillus sp.* e inoculaciones a base de *Trichoderma asperellum* para verificar el crecimiento óptimo y contenido de nutrientes de las plántulas de banano, ha demostrado que mediante el sustrato 40:60, con la inoculación de [B+ T-], [B- T+] y [B+ T+], se obtuvo aumentos en altura de 46.2 mm, 46 mm y 47 mm; concluyendo que con el sustrato 40:60 con *Bacillus sp.* y/o la inoculación de *Trichoderma asperellum* se proporciona un desempeño favorable de los rasgos morfofisiológicos relacionados con el crecimiento en plántulas de banano.



Apaza (2019) en su estudio estimó la calidad y el rendimiento del cultivo llamado espinaca bajo diferentes concentraciones de biol abono de origen orgánico, presentó 28.99 cm de altura/planta frente al testigo con 20.86 cm/planta. Sanjay (2022), en su estudio estimó la eficiencia de distintas concentraciones de biol, obtuvo que bajo la aplicación de dos litros y medio de biol, mayor altura de planta logrando 34.76 cm de altura, superando al testigo que 24.58 cm. Tintayo (2020), en una investigación estimó el efecto de distintas concentraciones de trihormonal Phyllum en el rendimiento 4 variedades de espinaca, indicando que los resultados mostraron que la concentración de 50 ml/20l en conjunto con el híbrido Tiger obtuvo una altura de planta de 24,45 superando al testigo.

Chiara (2020) en una investigación, evaluó el cultivo de espinaca con el uso de dos abonos foliares, mostro que, la concentración de 10% de AOLA presentó una media de 24,83 cm., la concentración de 20% presentó 25,34 cm. y con 30% alcanzó 27,31 cm.; en cuanto al té de humus de lombriz, la concentración de 10% presentó 24,81 cm., la concentración de 20% presentó 25,34 cm. y la concentración de 30% presentó 27,32 cm; que con la dosis de AOLA de 30%y de té de humus el 30%, que la dosis de abonos no presentó efectos significativos en el crecimiento y desarrollo de los mismos.

#### **4.2.2. Número de hojas del cultivo de espinaca**

En la tabla 18, se observa el ANOVA para el número de hojas del cultivo de espinaca bajo la aplicación de cepas de *Trichoderma viride*. y Microorganismos eficientes, visualizándose que para el factor Dosis de *Trichoderma viride*. (T)

existe diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ), entendiéndose que se tuvo diferencias en rendimiento entre las dosis estudiadas; para el factor Dosis de EM (E) no existe diferencias estadísticas significativas ( $P \geq 0.05$ ), entendiéndose que se tuvo similar número de hojas entre las dosis estudiadas. Para la interacción T x M, tampoco existen diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ), entendiéndose que cada factor actúa de forma independiente en número de hojas del cultivo. El coeficiente de variación (CV) igual a 20.62 %, nos indica que los datos evaluados son confiables para este tipo de experimentos.

**Tabla 18**

*ANOVA para número de hojas del cultivo de espinaca bajo la aplicación de cepas de Trichoderma viride. y Microorganismos eficientes*

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	p-valor	Sig.
Dosis de <i>Trichoderma</i> sp. (T)	3	1027.78	342.59	3.24	0.0299	*
Error	48	5067.94	105.58			
Total	63	6734.77				

CV=20.62%                       $\bar{X} = 49.83$

#### **4.2.2.1. Efecto de las dosis de *Trichoderma viride* en número de hojas**

En la tabla 19 y figura 20, se observa la prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para número de hojas por efecto de las dosis de *Trichoderma viride*. en donde que la dosis de 2 bolsas/ha tuvo mayor número de hojas (54.03 hojas), seguido de la dosis de 3 bolsas/ha (52.14 hojas), la dosis de 1 bolsa/ha tuvo (49.74 hojas), todos estadísticamente fueron similares. El testigo tuvo (43.41 hojas).

**Tabla 19**

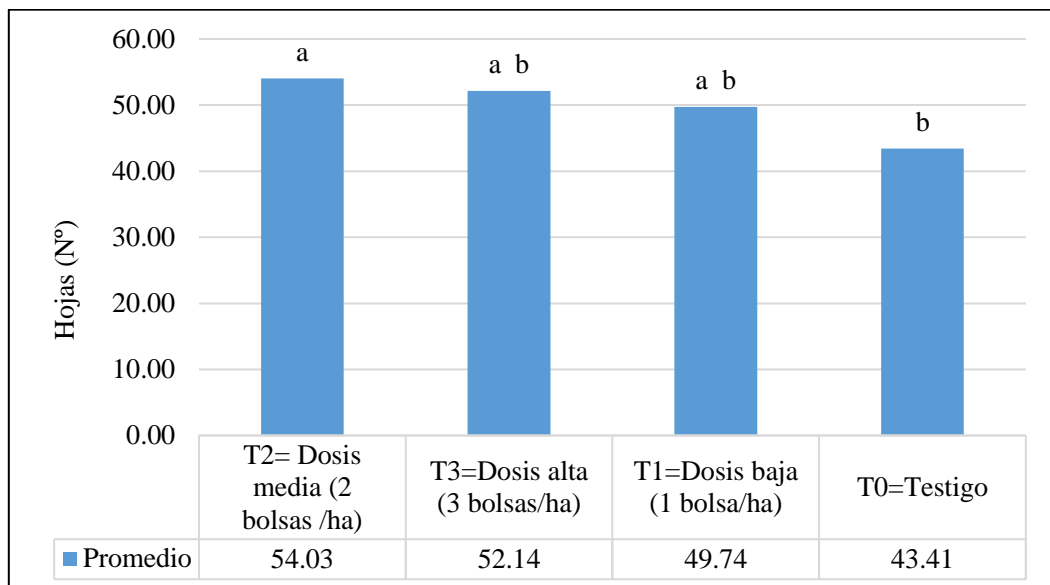
*Prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para número de hojas por efecto de las dosis de *Trichoderma viride*.*

Orden de mérito	Dosis de <i>Trichoderma viride</i> .	Promedio de número de hojas (N <sup>a</sup> )	Sig. $\leq 0.05$
1	T2= Dosis media (2 bolsas /ha)	54.03	a
2	T3=Dosis alta (3 bolsas/ha)	52.14	a b
3	T1=Dosis baja (1 bolsa/ha)	49.74	a b
4	T0=Testigo	43.41	b

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Figura 20**

*Número de hojas por efecto de las dosis de *Trichoderma viride**



Los resultados obtenidos son respaldados por diversos autores en varios cultivos, Rodríguez y Vargas (2021), evaluaron el crecimiento en plantas de tomate inoculadas con cepas nativas e importadas de *Trichoderma spp.*, en invernadero como en campo, obteniendo que, las plantas de tomate inoculadas con las diferentes cepas de *Trichoderma spp.*,

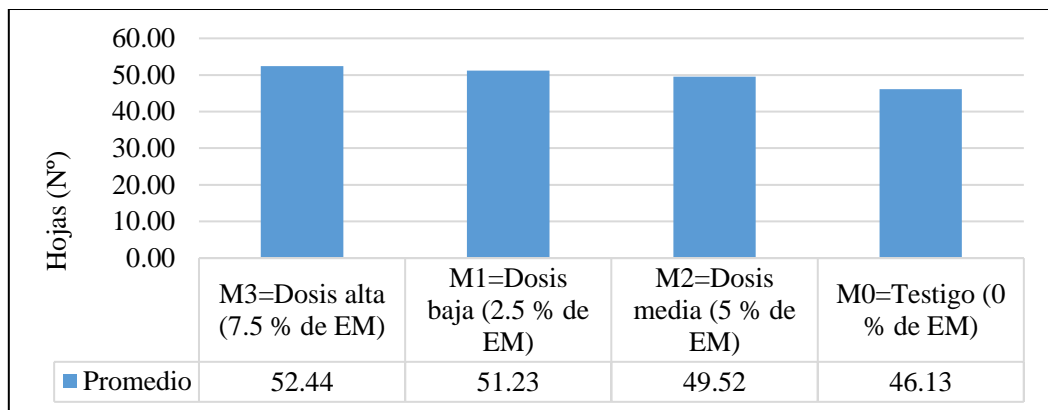
presentaron mayor cantidad de hojas. Las cepas *T. asperellum* y *T. asperelloides* presentaron valores significativamente mayores.

#### 4.2.2.2. Efecto de las dosis de EM en número de hojas

Como no hubo diferencias estadísticas entre las dosis de EM, a continuación, se presenta un gráfico con la finalidad de observar las diferencias matemáticas, entonces en la figura 21, se observa que la dosis de 7.5 % de EM tuvo mayor número de hojas (52.44 hojas), seguido de la dosis de 2.5% de EM (51.23 hojas), la dosis de 5% de EM tuvo (49.52 hojas). El testigo tuvo (46.13 hojas).

**Figura 21**

*Número de hojas por efecto de las dosis de EM.*



Los resultados son avalados por diversos autores, Vargas (2017), al evaluar el efecto de microorganismos eficaces (M.E.) en el suelo y en el desarrollo del cultivo de nabo, encontró que la dosis de 0.40 Lha-1 mostró el mayor número de hojas en las tres evaluaciones (15, 30 y 45 dds) con promedios de 3.98, 7.40 y 16.65 hojas.

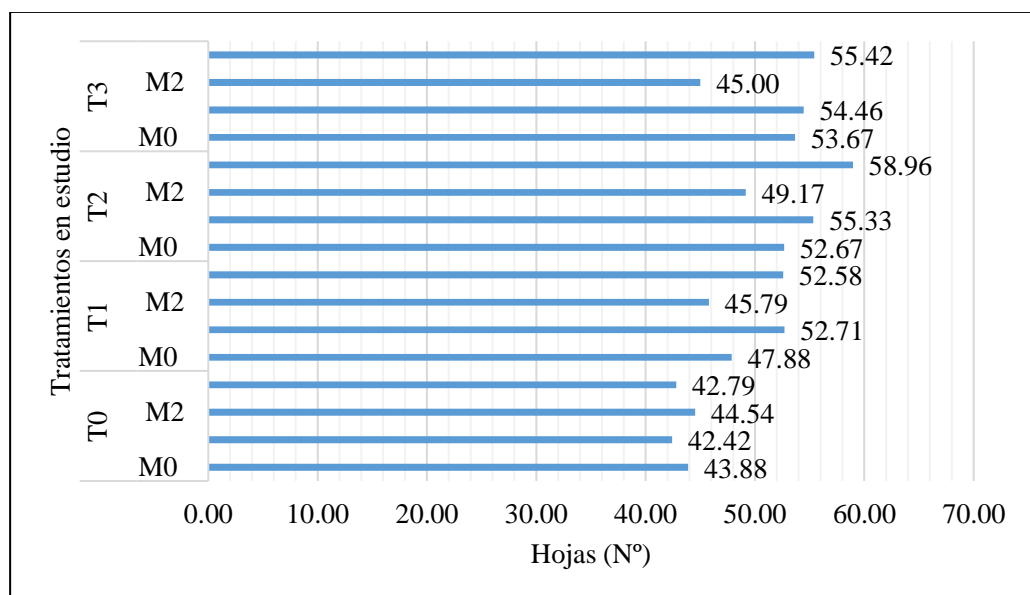


#### 4.2.2.3. Efecto de las dosis de *Trichoderma viride* y dosis de EM en número de hojas

Como hubo diferencias estadísticas en la interacción de dosis de *Trichoderma viride*. con las dosis de EM, a continuación, se presenta un gráfico con la finalidad de observar las diferencias matemáticas, entonces en la figura 22, se observa que el tratamiento conformado por la dosis de 2 bolsas/ha de *Trichoderma viride*. más la dosis de 7.5 % de EM más tuvo mayor número de hojas (58.96 hojas), seguido del tratamiento conformado por la dosis de 3 bolsas/ha de *Trichoderma viride*. la dosis de 7.5% de EM (55.42 hojas); el menor número de hojas se tuvo en el tratamiento conformado por cero bolsas/ha de *Trichoderma viride*. más la dosis de 2.5% de EM (42.42 hojas).

**Figura 22**

*Número de hojas por efecto de las dosis de Trichoderma viride. y dosis de EM.*



Los resultados son avalados por Huerta (2016), quien evaluó el efecto del guano de isla y microorganismos eficaces (EM) sobre el



rendimiento de espinaca en Recuay, concluye que la combinación de guano de isla y EM es beneficiosa para la agricultura, siendo la dosis óptima 2 t/ha de guano de isla + 20 L/ha de EM a diferencia de los demás tratamientos.

Apaza (2019) quien en su estudio estimó la calidad y el rendimiento del cultivo llamado espinaca bajo diferentes concentraciones de biol abono de origen orgánico, encontrando que en número de hojas promedio con 11.59 hojas frente al testigo con 10.45 hojas. Lapa (2022) en su estudio en plantas de espinacas sometida a 2 fertilizaciones con 50N-50P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-50K<sub>2</sub>O y 100N-100P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-100K<sub>2</sub>O y 3 dosis de EM con 1%, 2% y 3%, demostró que en peso fresco tanto en las hojas como en la raíz presentaron resultados distintos debido a la acción de las dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O y dosis de EM; donde los datos de cantidad de hojas, presentaron datos superiores.

Sanjay (2022), en su estudio estimó la eficiencia de distintas concentraciones de biol, obtuvo que bajo la aplicación de dos litros y medio de biol, mayor cantidad de hojas de 16, superando al testigo que tuvo 12 hojas. Tintayo (2020), en una investigación estimó el efecto de distintas concentraciones de trihormonal Phyllum en el rendimiento 4 variedades de espinaca, indicando que los resultados mostraron que la concentración de 50 ml/20l en conjunto con el híbrido Tiger obtuvieron en cantidad de hojas de 22,56 superando al testigo, concluyendo que el trihormonal Phyllum influye significativamente número de hojas de los híbridos de espinaca.

#### **4.2.3. Masa radicular**

En la tabla 20, se observa el ANOVA para masa radicular del cultivo de espinaca bajo la aplicación de cepas de *Trichoderma viride*. y Microorganismos eficientes, visualizándose que para el factor Dosis de *Trichoderma viride*. (T) existe diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0.05$ ), entendiéndose que se tuvo diferencias en peso de masa radicular entre las dosis estudiadas; para el factor Dosis de EM (E) no existe diferencias estadísticas significativas ( $P \geq 0.05$ ), entendiéndose que se tuvo similar peso en masa radicular entre las dosis estudiadas. Para la interacción T x M, tampoco existe diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ), entendiéndose que cada factor actúa de forma independiente en el peso de la masa radicular del cultivo. El coeficiente de variación (CV) igual a 20.01%, nos indica que los datos evaluados son confiables para este tipo de experimentos.

**Tabla 20**

*ANOVA para masa radicular de cultivo de espinaca bajo la aplicación de cepas de Trichoderma viride. y Microorganismos eficientes*

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	p-valor	Sig.
Dosis de <i>Trichoderma viride</i> . (T)	3	57.21	19.07	8.46	0.0001	**
Error	48	108.18	2.25			
Total	63	186.79				
CV=20.01%		$\bar{X} = 7.50$				

#### **4.2.3.1. Efecto de las dosis de *Trichoderma viride* sobre la masa radicular del cultivo de espinaca**

En la tabla 21 y figura 23, se observa la prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para masa radicular por efecto de las dosis de *Trichoderma*

*viride*. en donde que la dosis de 3 bolsas/ha tuvo mayor peso de masa radicular (9.08 g), siendo estadísticamente superior a las demás dosis; seguido de la dosis de 1 bolsa/ha (7.37 g), la dosis de 2 bolsas/ha tuvo (6.78 g). El testigo tuvo (6.77 g).

**Tabla 21**

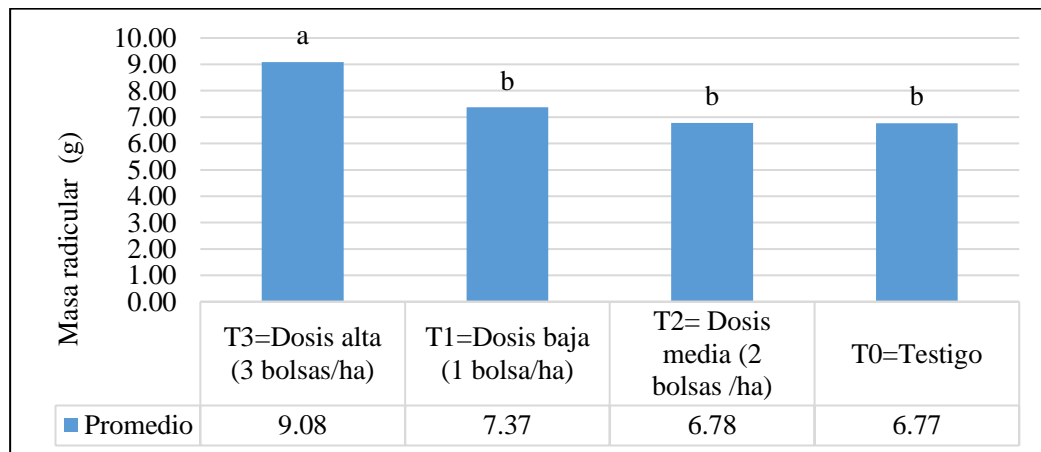
*Prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para masa radicular por efecto de las dosis de *Trichoderma viride*.*

Orden de mérito	Dosis de <i>Trichoderma viride</i> .	Promedio de peso	
		masa radicular (g)	Sig. $\leq 0.05$
1	T3=Dosis alta (3 bolsas/ha)	9.08	a
2	T1=Dosis baja (1 bolsa/ha)	7.37	b
3	T2= Dosis media (2 bolsas /ha)	6.78	b
4	T0=Testigo	6.77	b

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Figura 23**

*Masa radicular por efecto de las dosis de *Trichoderma viride*.*

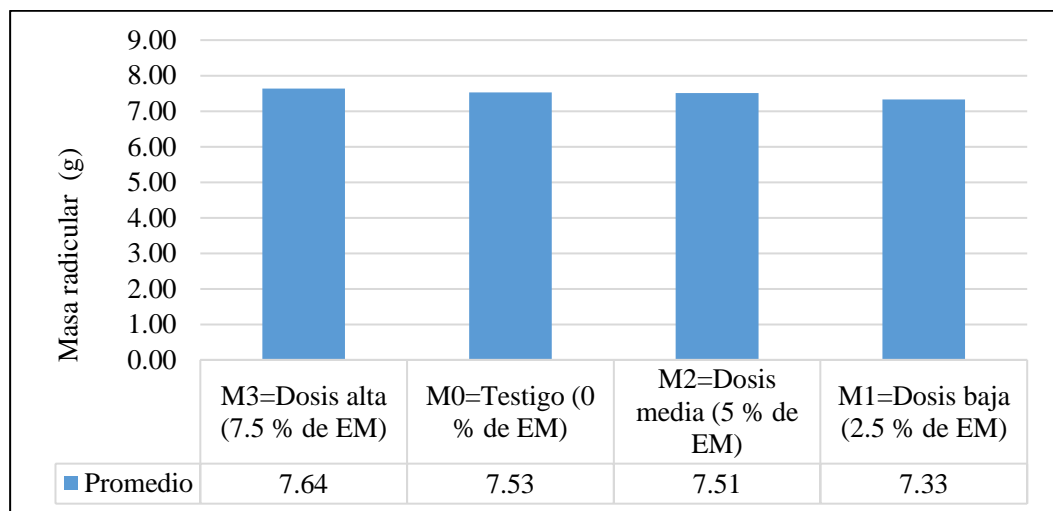


#### 4.2.3.2. Efecto de las dosis de EM sobre la masa radicular en cultivo de espinaca

Como no hubo diferencias estadísticas entre las dosis de EM, a continuación, se presenta un gráfico con la finalidad de observar las diferencias matemáticas, entonces en la figura 24, se observa que la dosis de 7.5 % de EM tuvo peso de masa radicular (7.64 g), seguido de la dosis de 0.0% de EM (7.53 g), la dosis de 5% de EM tuvo (7.51 g). La dosis de 2.5 de EM tuvo (7.33 g).

**Figura 24**

*Masa radicular por efecto de las dosis de EM.*



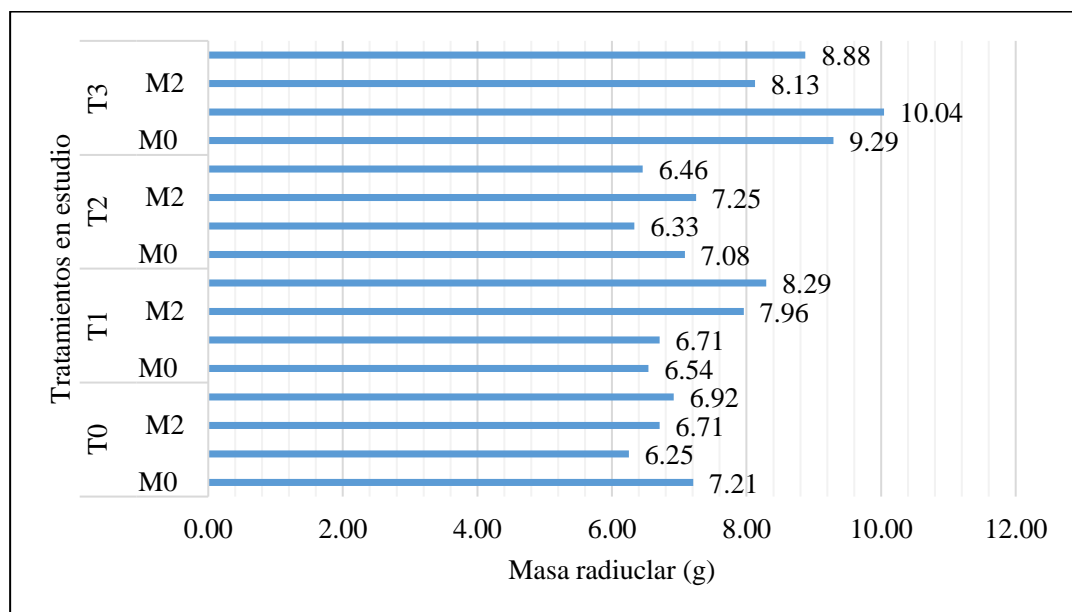
#### 4.2.3.3. Efecto de las dosis de *Trichoderma viride* y EM la masa radicular en cultivo de espinaca

Como no hubo diferencias estadísticas en la interacción de dosis de *Trichoderma viride*. con las dosis de EM, a continuación, se presenta un gráfico con la finalidad de observar las diferencias matemáticas, entonces en la figura 25, se observa que el tratamiento conformado por la dosis de 3 bolsas/ha de *Trichoderma viride*. más la dosis de 2.5 % de EM más tuvo mayor peso de masa radicular (10.04 g), seguido del tratamiento conformado por la dosis de 3 bolsas/ha de *Trichoderma viride*. más la dosis

de 0.0% de EM (9.29 g); la menor masa radicular se tuvo en el tratamiento conformado por cero bolsas/ha de *Trichoderma viride*. más la dosis de 2.5% de EM (6.25 g).

### Figura 25

*Masa radicular por efecto de las dosis de Trichoderma viride. y las dosis de EM.*



Los resultados son avalados en cierta forma por Ortiz et al (2023), quienes demostraron que las cepas de *Trichoderma* mejoran la eficiencia en la absorción de nutrientes del suelo atribuido al mayor crecimiento de las raíces.

Lapa (2022), quien en su estudio en plantas de espinacas sometido a 2 fertilizaciones con 50N-50P2O5-50K2O y 100N-100P2O5-100K2O y 3 dosis de EM con 1%, 2% y 3%, demostró que en peso fresco tanto en las hojas como en la raíz presentaron resultados distintos debido a la acción de las dosis de N-P2O5-K2O y dosis de EM; donde la longitud de raíz presentó datos superiores. Las diferencias se deben al efecto de los abonos orgánicos y su dosis de aplicación, fertilidad del suelo y condiciones climáticas del lugar.



## V. CONCLUSIONES

**PRIMERA:** La biofertilización con cepas de *Trichoderma viride* y microorganismos eficientes (EM) ha demostrado un efecto positivo en el rendimiento y crecimiento del cultivo de espinaca en el invernadero de Yunguyo, Puno. Se observó que el uso de *Trichoderma viride* es especialmente significativo, ya que las dosis aplicadas mostraron diferencias estadísticas notables en el rendimiento del cultivo. La dosis de 3 bolsas/ha resultó ser la más efectiva, alcanzando un rendimiento de 3,471.27 kg/ha.

**SEGUNDA:** En cuanto al crecimiento y desarrollo del cultivo, los resultados evidencian que *Trichoderma viride* influye positivamente en parámetros como la altura de planta, el número de hojas y la masa radicular. La dosis de 3 bolsas/ha no solo presentó el mejor rendimiento, sino que también mostró un crecimiento destacado en todos los aspectos medidos: altura de 75.51 cm, 52.14 hojas y 9.08 g de masa radicular. En contraste, las dosis de EM no tuvieron un impacto significativo en estos parámetros, lo que resalta la importancia de *Trichoderma viride* en el proceso de biofertilización.



## VI. RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** Replicar la biofertilización con cepas de *Trichoderma viride*. y microorganismos eficientes en cultivos de frutas y verduras diferentes a la espinaca para analizar los resultados que presentan.

**SEGUNDA:** Utilizar diferentes especies de *Trichoderma* como biofertilización en el cultivo de espinaca y evaluar su efectividad en mejorar el rendimiento y desarrollo del cultivo.

**TERCERA:** Realizar investigaciones acerca de la utilización de diferentes métodos de biofertilización en el cultivo de espinaca.





## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, A.; Ugelles, I.; Abreu, N., & Díaz, A. (2023). Respuesta agronómica del cultivo de la col (*Brassica oleracea*) con el uso de microorganismos eficientes. *Cub@: Medio Ambiente Y Desarrollo*, 23. Recuperado a partir de <https://cmad.ama.cu/index.php/cmاد/article/view/337>
- Agricultura Urbana (2007). El cultivo de la espinaca. <http://agriculturaurbana.galeon.com>.
- Agrosemillas. (2018). Espinaca Viroflay. <https://agrosemillas.com.co/producto/espinaca-viroflay/>
- Andrade, C.M. (2012). Evaluación del efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* para el control de marchitez en mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) en el Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <https://core.ac.uk/download/pdf/234577291.pdf>
- Aprolap. (2007). Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces. [http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/basedatos/manual\\_para\\_elaboracion\\_de\\_compost.pdf](http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/basedatos/manual_para_elaboracion_de_compost.pdf).
- APROLAB (2007). Producción de Abono Orgánico con Microorganismos Eficaces EM-1. Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces. Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú (APROLAB) – Convenio ALA/2004/016-895 FONDO CONCURSABLE - Instructivo No.001-2007/Julio. 22 p. <https://es.scribd.com/document/408123648/Manual-para-la-produccion-de-compost-con-microorganismos-eficaces>
- APNAN. (2003). Red de Agricultura natural para la Región Asia/Pacífico. Manual de Aplicación J. Micorrizas. En: *Biología vegetal. Libro de investigación y Ciencia*. Prensa científica: España.



- Apaza, M. (2019). Evaluación del rendimiento y calidad del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) utilizando biol en Chuquibambilla – Grau. Tesis de grado. Abancay – Perú.
- Bacusoy, J.E. y Fienco, A.R. (2023). *Trichoderma harzianum* como biofertilizante en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) para una producción ecosostenible. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México. 7(1), 9762-9776.. DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.5089](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5089)
- Bader, A., Salerno, G., Covacevich, F. y Consolo, F. (2020). Bioformulación de *Trichoderma harzianum* en sustrato sólido y efectos de su aplicación sobre plantas de pimiento. Rev. Fac. Agron, 119(1): 1-9.  
<https://doi.org/10.24215/16699513e037>
- Benavides, J. (2021). Bebida probiótica a base de almendras enriquecida con extracto de zanahoria (*Daucus carota*) y espinaca (*Spinacia oleracea*) como fuente de vitamina A. tesis de grado. Universidad Agraria del Ecuador. Milagro, Ecuador.  
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BENAVIDES%20ARCALLES%20JULEXI%20MARIANELA.pdf>
- Beltrán, M., & Bernal, A. (2022). Biofertilizantes: alternativa biotecnológica para los agroecosistemas. MUTIS, 12(1). doi:<https://doi.org/10.21789/22561498.1771>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2009). Manual práctico de uso de EM. Publicación financiada por el Banco Interamericano de Desarrollo como Administrador del Fondo Especial de Japón, “Banco Interamericano de Desarrollo - Convenio Fondo Especial de Japón / BID ATN/JO-10792 UR”.
- Borrego, M. (1995). Horticultura Herbácea Especial. Segunda Edición. Mundi.Prensa. Madrid España. pp. 255-258.
- Bonilla, C.R. (2011). Cartillas del Corredor Tecnológico Cultivando su Futuro, Universidad Nacional de Colombia, Corredor Tecnológico Agroindustrial. Bogotá.



Bravo, J.C.; Ledezma, F. (2015). Efecto del Tricoderma en tratamiento de semilla sobre componentes de rendimiento y calidad de grano en el cultivo de soya en la variedad tornado rg. ( campaña invierno 2014). Univ. Cienc. Soc., Santa Cruz de la Sierra, n. 15.

[http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S8888-88882015000200008&lng=pt&nrm=iso](http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S8888-88882015000200008&lng=pt&nrm=iso)

Cabrera, M. (2023). Microorganismos eficaces en la productividad de maíz choclero inía 603 (*Zea mays* L.) en la Estación Experimental Agraria – Baños Del Inca, Cajamarca. Tesis de grado. Universidad Nacional de Cajamarca. 50 p.

Camargo, D. F. y Ávila, E. (2013). Efectos del *Trichoderma* sp. sobre el crecimiento y desarrollo de la arveja (*Pisum sativum* L.). Ciencia y agricultura 11(1):91.  
DOI:10.19053/01228420.3492

Calderón, R., Jara, C., Albornoz, F., Palma, P., Arancibia, N., Karthikraj, R., & Zhu, H. (2022). Accumulation and distribution of perchlorate in spinach and chard growing under greenhouse: Implications for food safety in baby foods commodities. Food Chemistry, 370, 131101.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131101>

Calero, A., Quintero, E., Pérez, Y., Olivera, D., Peña, K., Castro, I. & Jiménez, J. (2019). Evaluación de microorganismos eficientes en la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista de Ciencias Agrícolas. 36(1): 67-78 doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.193601.99>

Callisaya, Y., & Fernández, C. (2017). Evaluación del efecto que tienen los microorganismos eficientes (EM), en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), municipio de Achocalla. Apthapi, 3(3), 652–666.  
<https://apthapi.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/182>

Carrasco, K.E. (2017). Efecto de tres niveles de abono orgánico líquido aeróbico (AOLA) en la producción del cultivo de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) en la estación experimental de Cota-Cota La Paz. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.



Castro, L.A. (2023). Efecto de la aplicación de *Trichoderma* sp. y microorganismos eficaces (EM) en el rendimiento de ajo (*Allium sativum* L.) en Puno. Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Altiplano.

<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/19515>

CIREN CORFO. (2013). Requerimientos de Clima y Suelo. Publicación CIREN N° 85. Santiago, Chile.

Coutinho, F.M. (2011). Programa de extensão“Divulgação das Plantas Medicinaiis, da Homeopatia e da Produção de Alimentos Orgânicos”. En Cuaderno los Microorganismos Eficientes (EM). Instruções práticas sobre uso Ecológico e social do EM. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa

Chiriboga, H.; Gómez, G. y Garcés, K. (2015). *Trichoderma* spp. para el control biológico de enfermedades. IICA – IPTA. Paraguay.

<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2647/BVE17038725e.pdf?sequence=1>

Chuez, J. (2018). *Trichoderma harzianum* en el control de *Rhizoctonia solani* y *Gaeumannomyces graminis* en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), en la zona de Babahoyo. Babahoyo-Los Ríos-Ecuador.

<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3421>

Dávila, S.C. (2008). Efecto de la rotación con *Crotalaria* (*Crotalaria juncea* L.) y de biol en la producción orgánica de dos cultivares de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Lima - Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina Facultad de Agronomía.

EROSKI. (2019). Espinacas. Hortalizas y verduras, guía práctica de verduras.

<http://verduras.consumer.es/espinacas/introduccion>.

Espinosa, L.; Fuentes, L.S., Garzón, C.; Rodrigo, G.; Rodríguez, M. (2010). El cultivo de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) y su manejo fitosanitario en Colombia.

<http://hdl.handle.net/20.500.12324/13123>

Ferratto, J., & Mondino, M. C. (2008). Producción, consumo y comercialización de hortalizas el mundo. Agromensajes de la facultad, 4(24), 14-56.



- Fernández, M. (2008). Aplicación del EM - 1 en diferentes cultivos Suing Agro y NUTRIKALC PLUS.150 pp.
- Flórez, M. (2010). Espinaca (*Spinacia oleracea* L.) Producción y Manejo Pos cosecha. Corredor Tecnológico Agroindustrial. Cámara de Comercio de Bogotá. Universidad Nacional De Colombia. Bogotá – Colombia.
- Florez, M.; Roldán, D.; Omote, J., & Molleda, A. (2021). Biofertilizantes y bioestimulantes para uso agrícola y acuícola: Bioprocesos aplicados a subproductos orgánicos de la industria pesquera. *Scientia Agropecuaria*, 12(4), 635-651. doi:<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.067>
- FUNDASES. (2008). (Fundación de Asesorías para el Sector Rural) Y EMRO (EM-Research Organization) – JAPÓN. Manual Modo de acción de los microorganismos eficaces. 55 pp.
- Gorini, F. (1999). El cultivo de la espinaca. Zaragoza, ES. Acríbia. p. 12 -14; 41-42;51-53.
- Gómez, P.A. (2005). Cosecha ecológica en el campo y la ciudad 75 plantas para diseñar sistemas agroecológicos. CEUTA. Montevideo 307 p.
- Guerrero, R. (2022). Efecto de microorganismos eficaces (EM) aplicados en diferentes dosis sobre el cultivo de la soja. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 2341-2349. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i1.1653](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1653)
- Guapás, M. (2013). Respuesta de la espinaca (*Spinacea oleracea*) a la fertilización foliar complementaria con tres biofermentos. Puenbo, Pichincha. Tesis de pregrado. Universidad Central del Ecuador, Ecuador.
- Guaricela, A. (2021). Prototipo de invernadero inteligente con uso de Raspberry para cultivos diversos. Tesis de pregrado. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/55965>
- Guzmán, P., Kumar, A., De los Santos, S., Parra, F. I., Orozco, M. d., Fadiji, A. E., . . . Santoyo, G. (2023). Trichoderma Species: Our Best Fungal Allies in the Biocontrol of Plant Diseases—A Review. *Plants*, 12(3), 432. doi:<https://doi.org/10.3390/plants12030432>



- Hernández, J., Ferrera, R., y Alarcón, A. (2019). Trichoderma: importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. *Chilean journal of agricultural y animal sciences*, 35(1), 98-112 [doi.org/10.4067/S0719-38902019005000205](https://doi.org/10.4067/S0719-38902019005000205).
- Hidalgo, Y.M. y Castillo, M.J. (2023). Evaluación agronómica de la espinaca *Spinacea oleracea* variedad viroflay mediante la aplicación de diatomeas, microorganismo eficiente y basu en Yanahuanca – 2017. Tesis de grado. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco – Perú.  
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/4098>
- Huerta, J.L. (2016). Evaluación del efecto del guano de isla y EMA en el rendimiento del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en el distrito y provincia de Recuay-Ancash año 2015. Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo". Huaraz-Perú.  
<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1097>
- Hurtado, M. (2001). ¿Qué son microorganismos eficientes? Recuperado de <http://es.answers.yahoo.com>
- IDIAF. (2009). Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Beneficios de los microorganismos eficientes en la agricultura.:  
<http://www.idiaf.org.do/noticias/detallemain.php?recordID=971>
- Islas, M. Á. (2024) Evaluación de cepas de *Trichoderma* spp. nativas del norte de Sinaloa como promotoras de crecimiento en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Tesis. Universidad Autónoma de Sinaloa. México.
- IABIOTEC. (2010). Controladores biológicos. SAGARPA, México. 82 p.
- Illa, C.; Torassa, M.; Pérez, M. A. y Pérez, A.A. (2020). Efecto de biocontrol y promoción del crecimiento en maní por *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* en condiciones controladas y campo. *Revista mexicana de fitopatología*, 38(1), 119-131. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1910-6>
- Inquilla, J.; Pauro, L.; Ortiz, N. & Bravo, R.I. (2022). Producción de tubérculos de yemas presentes en cáscara de papa con abonamiento de cepas de *Trichoderma*



sp. Revista de Investigaciones Altoandinas, 24(2), 122-130.

<https://dx.doi.org/10.18271/ria.2022.370>

Jiménez, J.; Gil, R.; Fuentes, L.S.; Niño, N.; Espinosa, L.; Arias, L.A.; Rodríguez, M.; y Garzón, C. (2010). El cultivo de la espinaca en Colombia (*Spinacia oleracea* L.) y su manejo fitosanitario en Colombia Bogotá. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 116 p.

León, B.; Ortiz, N.; Pauro, L.; Borja, R.; Mendoza, P., y Palao, L. (2022). Métodos de inoculación de cepas nativas de *Trichoderma* sp. y su efecto sobre el crecimiento y rendimiento de quinua. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia, 39(4), e223955.

<https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/39257>

León, B.; Mendoza, P., & Palao, L.A. (2021). Microorganismos eficaces y *Trichoderma* sp. en el biocontrol de mildiu (*Peronospora variabilis*) en cultivo de quinua. *Acta Agronómica*, 70(4), 380-385. Epub March 31, 2023. <https://doi.org/10.15446/acag.v70n4.95351>

León, M. (2009). *Trichoderma*. editorial Tenrio, Cali-Colombia. 51 p.

López, M. (1994). *Horticultura*. Ediciones Trillar. México. pp.118-128.

Luna, F.; Mesa, R. (2017). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista Científica Agroecosistemas* 4(2): 31-40.

Llally, L. P. y Escobar, E. (2023). Aplicación de biol y biosol en la producción de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en condiciones de invernadero en Acobamba, Huancavelica”. Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica, Perú. <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/unh/6122>

Llanos, A. C. (2022). Efecto de biol y humus de lombriz en el rendimiento de cebolla (*Allium cepa* L. cv. Roja arequipeña) en la UNA – Puno. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7130>

Luna, M. A., y Mesa, J. R. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista científica Agroecosistemas [seriada en línea]*, 4 (2), 31-40. Recuperado de <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>



- Lluga, J. (2022). Prototipo basado en internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de invernaderos. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/3814>
- Macas, R. (1994). Estudio y estima de *Trichoderma* ssp. en treinta y siete unidades de producción de la parroquia Cajabamba, cantón Colta, Provincia de Chimborazo. Tesis de grado. ESPOCH.
- Maquerhua, L.M. (2019). Efecto del abonamiento y fertilización en el cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) bajo condiciones de fitotoldo en K'ayra- Cusco. Tesis de grado. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. K'ayra-Cusco-Perú.  
[https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/4409/253T20190421\\_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/4409/253T20190421_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mateu, W.A. (2019). Guano de islas y microorganismos eficaces – ME en la precocidad y rendimiento del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.). Canaán, 2750 msnm. – Ayacucho en el periodo octubre - noviembre de 2018. Tesis de grado. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Huánuco – Perú.  
<https://hdl.handle.net/20.500.13080/6733>
- Marulanda, C. (2003). Hidroponía Familiar. Editorial Optigraf. Armenia, Colombia. 156 p.
- Martínez, J. P., Medina, F., Ruíz, R., & Méndez, A. M. (2021). Importancia de la producción de hortalizas bajo condiciones de invernadero [en línea]. Redagrícola, 48-49. Retrieved from <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/68916>
- Marrero, S., Suarez, R., Nata, E., Silva, J., Álvarez, J., & Ramírez, G. (2020). Automatización y control de un invernadero. Ciencias de la ingeniería y aplicadas, 4(1), 12-23. Retrieved from <http://investigacion.utc.edu.ec/revistasutc/index.php/ciya/article/view/353>
- Montoro, P. (2007). Efecto de tres niveles de EM microorganismos eficaces en el rendimiento de cultivo de espinaca (*Spinaceae oleracea* L.). Tesis de grado. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz, Perú.





- Nepali, B., Subedi, S., Bhattarai, S., Marahatta, S., Bhandari, D., & Shrestha, J. (2020). Bio-fertilizer activity of *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* as growth and yield promoter for maize. *Journal of Agricultural Science*, 31(2), 191-195. doi:<https://doi.org/10.15159/jas.20.17>
- Núcleo Ambiental (2015). *Espinaca. Manual. Programa de Apoyo Agrícola y Agroindustrial Vicepresidencia de Fortalecimiento Empresarial, Cámara de Comercio de Bogotá. Bogotá, Colombia.*
- Ortiz, N.; León, B., Pauro, L.; Borja, R.; Mendoza, P. P., & Palao, L. A. (2023). Biofertilization with *Trichoderma* strains on nutrition of quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) Salcedo INIA under greenhouse. *Bioagro*, 35(2), 105-112. <https://doi.org/10.51372/bioagro352.3>
- Osorio, J. (2013). *Generalidades de la Producción de Hortalizas en Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá. Colombia.*
- Papavisa, G. (1985). *Trichoderma and gliocladium, biology, ecology, and potential for biocontrol. Annual review of phytopathology. 23, 54 p.*
- Pachacute, M. (2016). *Efecto del estiércol de ovino y distanciamiento entre plantas en la producción de espinaca *Spinacia oleraceae* L. Tesis de grado. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.*  
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3594>
- Pauro, L. (2022). *Protección del cultivo de quinua al ataque de las principales plagas: aves, kcona kcona y mildiu en CIP Illpa – Puno. Tesis de posgrado. Universidad nacional del altiplano. Puno, Perú.*  
[http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/20453/Pauro\\_Flores\\_Luis.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/20453/Pauro_Flores_Luis.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ramírez, F. (2015). *Fito extracción de plomo de dos suelos contaminados utilizando espinaca y tres agentes quelatantes. Tesis de grado. Universidad Autónoma agraria Antonio Narro.*  
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6629/6330>



[9%20RAMIREZ%20PÉREZ%2C%20%20FELICITA%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)

Rodríguez, N.; Cano, P.; Figueroa, U.; Favela, E.; Moreno, A.; Márquez, C., y Preciado, P. (2009). Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. *Terra Latinoamericana*. 319-327 p.

Rodríguez, D. y Vargas, J. (2021). Efecto de la inoculación con *Trichoderma* sobre el crecimiento vegetativo del tomate (*Solanum lycopersicum*). *Agronomía Costarricense*, 46(2), 47-60. <https://dx.doi.org/10.15517/rac.v46i2.52045>

Saavedra, G., Bastías, M., Fontanilla, C., & Sandoval, B. (2022). El Cultivo de la Espinaca en la Región de La Araucanía. INIA Chile. INIA Carillanca. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68571/NR42865.pdf?sequence=1#:~:text=La%20espinaca%20prefiere%20suelos%20desde,de%20agua%20en%20el%20suelo.>

Sacerio, C. (1977). Efecto de *Trichoderma* spp (cepa TS-3) en el control de enfermedades fungosas de la papa. Encuentro Nacional Científico Técnico de bioplaguicidas. Expo CREE. 60 p.

Salunke, D.K. y Kadan, S.S. (2004). Tratado de ciencia y tecnología de las hortalizas. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España, 739 pp.

Sánchez, M. D. (2022). Potential of *Trichoderma* spp isolates as a growth promoter in tomato seedlings (*Solanum lycopersicum*). *Nexo Scientific Journal*, 35(04), 924–934. <https://doi.org/10.5377/nexo.v35i04.15529>

Santafeagro (2001). Perfil del mercado de la espinaca. <http://www.santafeagro.net>.

SENASA. (2013). *Manual de uso de Trichoderma* (pp. 1-50). Servicio Nacional de Sanidad Agraria. [URL si está disponible]

Serrano, Z. (2006). Cultivo de la espinaca. Hojas divulgativas. 1ra Edición. ED. Barcelona España.

Silva, L. (2003). Métodos biológicos. Sistema de integración Centro Americana. San José - Costa Rica - suelos. 4a ed., edit. Mundo, Bucaramanga, Colombia. pp. 20 – 23.



- Siura, C.; Saray, Montes, I. y Davila, S., (2016). Efecto del biol y la rotación con Abono Verde (*Crotalaria juncea*) en la producción de Espinaca (*Spinacea oleracea*) bajo cultivo orgánico. *Anales Científicos*. Vol. 70, no. 1, pp. 1-  
<http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/64>
- Soles, M.J. (2019). Influencia de tres dosis de fertilización orgánica (biol) en la producción de espinaca *Spinacia oleracea* L. (Amarantaceae) en condiciones del valle de Santa Catalina. Tesis de grado. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.
- Soto, M., García , Y., Simbaña, A., Tello, E., Juan , B., & Torres, D. (2020). Propuesta de un protocolo para la obtención de fertilizante orgánico a partir de microalgas. *Agroindustria, Sociedad Y Ambiente*, 1(14), 92-109. Retrieved from  
<https://revistas.uclave.org/index.php/asa/article/view/2834>
- Stefanova, (2003). Agentes de biocontrol. a base de *Trichoderma* spp. para el control biológico de la P. infestans. *Boletín técnico* No. 2, *EdiEspe*. pp. 7-8.  
<http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/162>
- Suárez, C. W.; Remache, N. M.; Pico, J. T.; Paredes, E.; Jiménez, J.; Andrade, L., & Delgado, A. G. (2023). Aislamiento y evaluación de cepas nativas de *Trichoderma* spp., como promotor de desarrollo radicular. *CIENCIA UNEMI*, 16(42), 45-54. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol16iss42.2023pp45-54p>
- Silva, M. (2009). *Microbiología General*. Recuperado de:  
<http://microbiologiageneral.blogspot.com/2009/05/microorganismoseficientes.html>
- Tanya, M. & Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852019000200093&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093&lng=es&tlng=es).
- Ticona, R. (2016). Evaluación de dos variedades de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) a diferentes densidades de trasplante en sistema hidropónico (nft), en el centro experimental de cota cota. Tesis de grado. Universidad Mayor De San Andrés.



La Paz, Bolivia.

<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10342/T-2323.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tiscornia, R. (2009). Hortalizas de hojas. Edit. Albatros. Buenos Aires. Argentina.

Toc Aguiar, R.M. (2012). Efecto de los Microorganismos Eficientes (ME) en las Aguas Residuales de la Granja Porcina de Zamorano, Honduras. Trabajo de Diploma. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana.

<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1039/1/T3265.pdf>

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, Universidad San Pedro. Tesis de grado. Chimbote – Perú.

<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/15308>

Unterladstatter, R. (2000). La Horticultura en el Sub Trópico Húmedo y Sub Húmedo de Bolivia. Santa Cruz-Bolivia. Facultad de ciencia Agrícolas U.A.G.R.M.

Ugás R., S. Siura, F. Delgado de la Flor, A. Casas & J. Toledo. (2000). Hortalizas, Datos básicos. Programa de Hortalizas, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

Valadez, A. (1996). Producción de Hortalizas. Editorial Limosa. S. A. Venezuela. 127 p.

Valdivieso Ugarte, M. (2013). Obtención y caracterización de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* superproductoras de glutación. Granada: Universidad de Granada.

Vargas, L. G. (2017). Utilización de microorganismos eficaces de origen natural, en el rendimiento, del cultivo de nabo (*Brassica napus* L.) en el Cantón Mocache. Quevedo. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo – Los Ríos – Ecuador 67 p. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3302>

Vigliola, M. (2003). Manual de horticultura. Hemisferio Sur. Buenos Aires - Argentina. P. 81 - 89.

## ANEXOS

### ANEXO 1. Metodología

A) y B) Preparación de sustrato 2:1:1(Suelo, estiércol de ovino, arena), C) Siembra de semillas de espinaca “Viroflay”, D) Crecimiento de plantulas de espinaca a los 15 días de edad.



A) y B) Evaluación de Altura de la planta (cm)





Semillas de espinaca “Viroflay”, en latas de 500 gramos, B) Semillas de espinaca  
“Viroflay”



A) Bolsa de cepas de *Trichoderma viride* de 800g. B) Cepas de *Trichoderma viride* en  
diferentes pesos(dosis)



**El EM (Microorganismos eficientes):** Provenientes de la ciudad de Lima tienda  
comercial garantizada.

A) Frasco de EM (Microorganismos eficientes), B) EM (Microorganismos eficientes)  
en diferentes concentraciones



Preparación del EM (Microorganismos Eficientes) y Materiales utilizados: Tres botellas  
desechables, vaso precipitado de 1000 ml, probetas de vidrio de 50 ml y 100 ml,  
embudo de vidrio, EM (Microorganismos Eficientes) y melaza. B) Preparado del EM  
(Microorganismos Eficientes). C) Incubación del EM a una temperatura de 38°C. D)  
Apertura de la botella para liberar los gases producidos por la fermentación.



A) Pesaje de *Trichoderma viride*. B) Filtrado y obtención de conidios de *Trichoderma viride* (suspensión líquida). C) Preparación de microorganismos (*Trichoderma viride* y Microorganismos Eficaces) en baldes



A) Preparación del sustrato de suelo. B) Medición y marcaje del área experimental. C) Áreas de tratamiento del estudio de investigación





A) Preparación de siembra en invernadero (Surqueado), B) y C) Trasplante de plántulas de espinaca “Viroflay” C) Áreas de tratamiento del estudio de investigación. E) Riego con microorganismos (Trichoderma viride, Microorganismos Eficaces y una combinación de ambos microorganismos)



A) Planta de espinaca. Testigo (Sin tratamiento), B) Planta de espinaca Con microorganismos (Con tratamiento) C) Peso de planta de espinaca Testigo (Sin tratamiento). D) Peso de planta de espinaca con microorganismos (Con tratamiento). E) Diferencias de plantas de espinaca testigo (Sin tratamiento) y con microorganismos (Con tratamiento).



## ANEXO 2. Base de datos

### Evaluación de variables dependientes de la repetición 1

Repetición 1	transplante 1 de febrero altura (cm)	1ra dosis 11 de febrero altura (cm)	2da dosis 1 de marzo altura (cm)	3ra dosis 22 de marzo altura (cm)	cosecha 13 de abril altura (cm)	numero de hojas (und)	peso foliar (gr)	peso raiz (gr)
T0M3	3 cm	7 cm	23	31	71	59	369	5
	3 cm	7 cm	21	35	74	62	498	6
	3 cm	7 cm	20	34	65	63	380	5
	3 cm	7 cm	23	33	74	64	275	5
	3 cm	7 cm	22	34	78	57	434	6
	3 cm	7 cm	23	33	72	50	356	6
	3	7	22.00	33.33	72.33	59.17	385.33	5.50
T0M1	3 cm	7 cm	22	34	14	41	193	4
	3 cm	7 cm	23	33	75	35	223	4
	3 cm	7 cm	20	31	71	46	198	4
	3 cm	7 cm	24	32	74	40	293	6
	3 cm	7 cm	24	31	73	42	319	6
	3 cm	7 cm	22	34	75	67	395	6
	3	7	22.50	32.50	63.67	45.17	270.17	5.00
T0M2	3 cm	7 cm	25	35	70	44	220	4
	3 cm	7 cm	25	36	73	53	318	6
	3 cm	7 cm	23	37	74	43	306	6
	3 cm	7 cm	26	36	73	53	331	6
	3 cm	7 cm	24	35	70	27	256	5
	3 cm	7 cm	21	36	72	45	430	6
	3	7	24.00	35.83	72.00	44.17	310.17	5.50
T0M0	3 cm	7 cm	20	29	65	64	459	6
	3 cm	7 cm	21	26	64	42	245	5
	3 cm	7 cm	21	27	62	57	420	6
	3 cm	7 cm	24	24	59	52	416	7
	3 cm	7 cm	21	27	58	47	275	4
	3 cm	7 cm	21	25	54	66	414	6
	3	7	21.33	26.33	60.33	54.67	371.50	5.67
T1M1	3 cm	7 cm	25	30	74	33	159	3
	3 cm	7 cm	25	32	70	44	148	3
	3 cm	7 cm	23	35	85	46	149	3
	3 cm	7 cm	24	36	77	57	341	6
	3 cm	7 cm	25	37	74	59	250	5
	3 cm	7 cm	24	34	75	21	301	6
	3	7	24.33	34.00	75.83	43.33	224.67	4.33



T1M3	3 cm	7 cm	23	35	70	63	433	6
	3 cm	7 cm	25	34	73	32	375	6
	3 cm	7 cm	24	36	76	47	368	7
	3 cm	7 cm	24	35	77	55	322	5
	3 cm	7 cm	24	31	63	54	295	6
	3 cm	7 cm	25	35	74	38	570	10
	3	7	24.17	34.33	72.17	48.17	393.83	6.67
T1M0	3 cm	7 cm	25	37	79	67	316	6
	3 cm	7 cm	24	36	78	40	555	9
	3 cm	7 cm	26	32	66	35	620	10
	3 cm	7 cm	25	36	80	38	325	6
	3 cm	7 cm	22	38	75	39	142	3
	3 cm	7 cm	25	34	77	42	605	10
	3	7	24.50	35.50	75.83	43.50	427.17	7.33
T1M2	3 cm	7 cm	23	30	60	30	292	6
	3 cm	7 cm	24	35	65	43	504	8
	3 cm	7 cm	25	36	75	55	501	8
	3 cm	7 cm	23	33	66	22	426	7
	3 cm	7 cm	24	34	68	27	423	7
	3 cm	7 cm	21	38	70	29	461	8
	3	7	23.33	34.33	67.33	34.33	434.50	7.33
T2M0	3 cm	7 cm	26	39	79	66	414	9
	3 cm	7 cm	25	38	79	47	275	6
	3 cm	7 cm	23	36	79	52	416	8
	3 cm	7 cm	24	37	78	57	420	7
	3 cm	7 cm	25	35	72	42	245	6
	3 cm	7 cm	26	36	77	64	459	9
	3	7	24.83	36.83	77.33	54.67	371.50	7.50
T2M2	3 cm	7 cm	27	34	79	45	430	9
	3 cm	7 cm	25	35	76	27	256	6
	3 cm	7 cm	24	38	75	53	331	8
	3 cm	7 cm	25	37	79	43	306	7
	3 cm	7 cm	25	36	77	53	318	6
	3 cm	7 cm	23	32	75	44	220	5
	3	7	24.83	35.33	76.83	44.17	310.17	6.83
T2M1	3 cm	7 cm	26	37	76	67	395	6
	3 cm	7 cm	26	34	78	42	319	5
	3 cm	7 cm	24	38	70	40	293	4
	3 cm	7 cm	22	35	72	46	198	3
	3 cm	7 cm	25	37	71	35	223	4
	3 cm	7 cm	25	32	63	41	193	3
	3	7	24.67	35.50	71.67	45.17	270.17	4.17
T2M3	3 cm	7 cm	26	39	79	50	356	7
	3 cm	7 cm	24	37	78	57	434	8
	3 cm	7 cm	26	36	77	64	275	6



	3 cm	7 cm	26	37	78	63	380	7
	3 cm	7 cm	26	34	69	62	498	8
	3 cm	7 cm	26	32	62	59	369	7
	3	7	25.67	35.83	73.83	59.17	385.33	7.17
T3M2	3 cm	7 cm	29	30	68	40	301	9
	3 cm	7 cm	30	35	69	44	670	13
	3 cm	7 cm	29	39	89	55	545	10
	3 cm	7 cm	28	40	64	26	272	7
	3 cm	7 cm	27	36	70	46	328	9
	3 cm	7 cm	29	41	87	80	807	13
	3	7	28.67	36.83	74.50	48.50	487.17	10.17
T3M0	3 cm	7 cm	27	39	75	60	252	8
	3 cm	7 cm	26	38	76	35	205	8
	3 cm	7 cm	28	42	86	48	325	10
	3 cm	7 cm	27	40	85	76	469	13
	3 cm	7 cm	28	39	80	59	437	12
	3 cm	7 cm	27	37	80	69	495	11
	3	7	27.17	39.17	80.33	57.83	363.83	10.33
T3M3	3 cm	7 cm	30	40	81	62	409	10
	3 cm	7 cm	30	42	85	41	316	9
	3 cm	7 cm	30	41	85	71	615	12
	3 cm	7 cm	31	40	84	44	321	9
	3 cm	7 cm	32	44	79	55	425	10
	3 cm	7 cm	30	43	86	38	457	10
	3	7	30.50	41.67	83.33	51.83	423.83	10.00
T3M1	3 cm	7 cm	31	39	82	71	542	10
	3 cm	7 cm	30	36	77	76	620	12
	3 cm	7 cm	32	38	82	75	668	11
	3 cm	7 cm	29	36	83	49	440	10
	3 cm	7 cm	28	39	68	54	414	10
	3 cm	7 cm	30	37	80	36	400	10
	3 cm	7 cm	30.00	37.50	78.67	60.17	514.00	10.50



## Evaluación de variables dependientes de la repetición 2

repetición 2	transplante 1 de febrero (cm)	1ra dosis 11 de febrero (cm)	2da dosis 1 de marzo (cm)	3ra dosis 22 de marzo (cm)	cosecha 13 de abril (cm)	numero de hojas (und)	peso folar (gr)	peso raiz (gr)
T2M3	3	7	26	34	78	64	622	6
	3	7	25	35	75	66	514	5
	3	7	24	37	78	47	292	6
	3	7	26	36	74	54	346	6
	3	7	26	33	76	46	351	7
	3	7	25	34	69	75	551	5
	3	7	25.33	34.83	75.00	58.67	446.00	5.83
T2M1	3	7	25	36	73	51	309	6
	3	7	26	36	74	44	436	6
	3	7	21	32	65	47	407	9
	3	7	23	36	73	51	309	11
	3	7	26	35	77	58	431	10
	3	7	23	34	69	78	430	7
	3	7	24.00	34.83	71.83	54.83	387.00	8.17
T2M2	3	7	24	33	67	53	384	6
	3	7	25	34	69	39	255	6
	3	7	26	35	70	58	418	7
	3	7	23	34	74	61	405	10
	3	7	20	34	77	38	355	11
	3	7	23	31	72	31	369	9
	3	7	23.50	33.50	71.50	46.67	364.33	8.17
T2M0	3	7	24	30	60	33	185	3
	3	7	23	35	70	31	192	4
	3	7	26	36	76	36	342	6
	3	7	21	34	69	39	226	3
	3	7	23	34	69	53	368	5
	3	7	26	32	64	35	258	5
	3	7	23.83	33.50	68.00	37.83	261.83	4.33
T3M1	3	7	30	37	67	44	325	13
	3	7	31	26	75	54	373	14
	3	7	30	38	78	86	566	5
	3	7	31	26	79	51	384	15
	3	7	29	37	75	42	477	15
	3	7	31	41	82	48	515	8
	3	7	30.33	34.17	76.00	54.17	440.00	11.67
T3M3	3	7	30	42	86	47	640	6
	3	7	30	32	68	81	441	8
	3	7	32	33	67	52	352	11



	3	7	31	35	77	37	299	6
	3	7	30	36	73	78	484	6
	3	7	30	36	77	70	638	12
	3	7	30.50	35.67	74.67	60.83	475.67	8.17
T3M0	3	7	29	36	74	49	339	9
	3	7	28	40	80	69	496	11
	3	7	30	35	70	62	524	8
	3	7	31	36	75	55	425	7
	3	7	31	35	67	52	441	9
	3	7	30	35	65	37	386	8
	3	7	29.83	36.17	71.83	54.00	435.17	8.67
T3M2	3	7	30	36	69	42	320	9
	3	7	32	36	65	28	336	10
	3	7	30	35	70	32	250	7
	3	7	29	34	74	30	261	6
	3	7	28	34	75	35	310	6
	3	7	29	33	69	32	439	8
	3	7	29.67	34.67	70.33	33.17	319.33	7.67
T0M0	3	7	21	26	56	59	300	8
	3	7	20	27	58	39	360	9
	3	7	21	26	47	18	300	5
	3	7	21	25	50	38	260	6
	3	7	21	28	55	47	280	7
	3	7	23	26	52	34	300	6
	3	7	21.17	26.33	53.00	39.17	300.00	6.83
T0M2	3	7	21	27	57	32	250	9
	3	7	20	25	50	27	200	7
	3	7	20	26	52	43	250	4
	3	7	23	26	51	36	220	6
	3	7	21	25	48	28	266	10
	3	7	20	26	55	38	178	5
	3	7	20.83	25.83	52.17	34.00	227.33	6.83
T0M1	3	7	21	27	54	25	280	6
	3	7	23	25	50	35	250	5
	3	7	19	27	54	37	280	10
	3	7	21	25	48	22	360	8
	3	7	20	26	52	32	300	7
	3	7	20	26	51	28	240	8
	3	7	20.67	26.00	51.50	29.83	285.00	7.33
T0M3	3	7	20	30	60	22	280	9
	3	7	21	25	50	19	300	9
	3	7	21	31	62	25	220	8
	3	7	23	35	70	33	250	9
	3	7	20	35	75	37	285	9
	3	7	22	34	68	17	186	9



	3	7	21.17	31.67	64.17	25.50	253.50	8.83
T1M2	3	7	24	34	75	92	437	7
	3	7	25	37	73	30	323	6
	3	7	23	37	80	42	452	11
	3	7	24	30	60	70	476	13
	3	7	25	34	76	46	740	8
	3	7	24	35	70	49	268	8
	3	7	24.17	34.50	72.33	54.83	449.33	8.83
T1M0	3	7	26	35	75	42	647	5
	3	7	25	36	76	56	536	10
	3	7	23	34	73	75	450	9
	3	7	25	34	69	35	149	5
	3	7	25	35	74	54	399	7
	3	7	24	29	37	57	478	8
	3	7	24.67	33.83	67.33	53.17	443.17	7.33
T1M3	3	7	24	34	70	59	549	11
	3	7	26	34	74	52	769	7
	3	7	25	35	73	61	452	10
	3	7	24	36	71	45	318	12
	3	7	25	35	52	34	305	5
	3	7	26	32	71	36	235	7
	3	7	25.00	34.33	68.50	47.83	438.00	8.67
T1M1	3	7	23	31	74	58	484	9
	3	7	24	34	74	45	429	12
	3	7	25	35	70	53	397	6
	3	7	26	34	78	100	697	10
	3	7	25	36	79	37	443	5
	3	7	24	36	79	58	455	8
	3	7	24.50	34.33	75.67	58.50	484.17	8.33

### Evaluación de variables dependientes de la repetición 3

Repetición 3	transplante 1 de febrero (cm)	1ra dosis 11 de febrero (cm)	2da dosis 1 de marzo (cm)	3ra dosis 22 de marzo (cm)	cosecha 13 de abril (cm)	numero de hojas (und)	peso folar (gr)	peso raiz (gr)
T1M3	3	7	25	32	75	64	497	16
	3	7	26	34	74	52	345	8
	3	7	25	35	76	50	339	10
	3	7	24	36	74	90	600	6
	3	7	25	31	73	38	219	12
	3	7	25	32	70	35	174	7
	3	7	25.00	33.33	73.67	54.83	362.33	9.83
T1M1	3	7	24	34	75	64	544	6
	3	7	24	34	67	35	136	4
	3	7	23	30	74	32	340	7
	3	7	2	32	70	66	428	8
	3	7	5	31	75	65	601	10
	3	7	26	34	74	80	650	12
	3	7	17.33	32.50	72.50	57.00	449.83	7.83
T1M2	3	7	24	34	72	50	426	7
	3	7	23	31	71	35	257	10
	3	7	25	33	68	61	421	6
	3	7	23	34	68	42	426	10
	3	7	23	30	72	43	417	10
	3	7	24	31	72	60	385	8
	3	7	23.67	32.17	70.50	48.50	388.67	8.50
T1M0	3	7	24	30	67	54	289	6
	3	7	24	34	70	59	415	6
	3	7	25	29	59	44	333	3
	3	7	24	34	70	48	332	5
	3	7	24	35	74	45	312	6
	3	7	26	30	53	32	192	6
	3	7	24.50	32.00	65.50	47.00	312.17	5.33
T3M1	3	7	30	39	78	63	508	11
	3	7	31	40	80	43	620	12
	3	7	32	37	76	53	298	8
	3	7	30	36	74	34	396	9
	3	7	32	38	76	68	461	13
	3	7	31	37	78	57	513	8
	3	7	31.00	37.83	77.00	53.00	466.00	10.17
T3M3	3	7	30	39	83	63	619	10
	3	7	30	38	81	71	327	8
	3	7	30	38	79	57	340	8





	3	7	30	37	78	63	358	12
	3	7	31	41	80	50	358	9
	3	7	32	40	88	26	137	9
	3	7	30.50	38.83	81.50	55.00	356.50	9.33
T3M0	3	7	30	38	75	66	413	8
	3	7	31	37	74	33	397	13
	3	7	30	38	76	64	289	11
	3	7	31	36	74	62	498	8
	3	7	29	38	78	36	389	7
	3	7	28	42	85	61	456	7
	3	7	29.83	38.17	77.00	53.67	407.00	9.00
T3M2	3	7	30	37	78	45	295	7
	3	7	31	38	75	73	326	7
	3	7	31	40	80	56	432	10
	3	7	32	38	75	34	252	7
	3	7	32	38	78	37	365	7
	3	7	31	37	74	49	323	5
	3	7	31.17	38.00	76.67	49.00	332.17	7.17
T0M0	3	7	20	25	50	43	272	10
	3	7	19	26	42	12	72	12
	3	7	18	27	53	65	450	9
	3	7	20	28	52	60	500	6
	3	7	21	26	53	54	311	7
	3	7	21	28	56	46	324	12
	3	7	19.83	26.67	51.00	46.67	321.50	9.33
T0M2	3	7	20	27	54	67	433	7
	3	7	18	27	51	67	470	8
	3	7	22	28	53	65	555	11
	3	7	24	29	57	60	439	8
	3	7	25	26	58	58	412	11
	3	7	25	27	59	49	512	7
	3	7	22.33	27.33	55.33	61.00	470.17	8.67
T0M1	3	7	24	28	54	57	413	5
	3	7	23	27	55	52	404	6
	3	7	26	28	56	58	501	7
	3	7	23	27	55	49	283	7
	3	7	24	30	56	40	260	6
	3	7	26	32	62	34	436	6
	3	7	24.33	28.67	56.33	48.33	382.83	6.17
T0M3	3	7	25	31	64	72	585	7
	3	7	23	30	60	43	485	9
	3	7	24	28	52	64	442	12
	3	7	20	26	56	66	462	7
	3	7	20	31	64	39	485	10
	3	7	0	0	0	0	0	0



	3	7	18.67	24.33	49.33	47.33	409.83	7.50
T2M2	3	7	24	34	73	89	640	12
	3	7	28	35	73	62	420	9
	3	7	27	34	74	87	505	10
	3	7	26	35	70	53	620	9
	3	7	25	34	75	96	362	8
	3	7	24	35	75	54	602	7
	3	7	25.67	34.50	73.33	73.50	524.83	9.17
T2M0	3	7	28	36	74	95	342	14
	3	7	23	35	76	60	444	9
	3	7	24	36	74	59	503	10
	3	7	29	36	77	61	469	9
	3	7	26	34	72	81	405	8
	3	7	25	36	72	95	526	7
	3	7	25.83	35.50	74.17	75.17	448.17	9.50
T2M3	3	7	27	36	75	84	477	11
	3	7	25	34	77	59	429	8
	3	7	25	35	77	70	340	7
	3	7	26	35	71	51	531	9
	3	7	24	34	71	84	373	9
	3	7	24	35	75	58	580	7
	3	7	25.17	34.83	74.33	67.67	455.00	8.50
T2M1	3	7	25	34	74	98	513	7
	3	7	24	36	71	62	483	8
	3	7	26	35	70	93	459	8
	3	7	24	34	78	96	565	6
	3	7	21	36	72	69	385	9
	3	7	23	37	76	62	595	11
	3	7	23.83	35.33	73.50	80.00	500.00	8.17



### Evaluación de variables dependientes de la repetición 4

Repetición 4	transplante 1 de febrero (cm)	1ra dosis 11 de febrero (cm)	2da dosis 1 de marzo (cm)	3ra dosis 22 de marzo (cm)	cosecha 13 de abril (cm)	numero de hojas (und)	peso foliar (gr)	peso raiz (gr)
T1M3	3	7	23	34	73	77	574	9
	3	7	25	35	77	61	600	9
	3	7	26	34	66	53	343	6
	3	7	25	33	59	48	341	9
	3	7	24	34	68	54	369	8
	3	7	26	32	69	64	452	7
	3	7	24.83	33.67	68.67	59.50	446.50	8.00
T1M1	3	7	23	30	60	33	299	8
	3	7	24	30	67	57	431	7
	3	7	25	34	66	46	254	7
	3	7	27	35	72	62	442	7
	3	7	26	36	69	55	547	4
	3	7	24	34	67	59	386	5
	3	7	24.83	33.17	66.83	52.00	393.17	6.33
T1M2	3	7	25	35	76	51	473	6
	3	7	23	35	72	47	426	4
	3	7	21	31	74	52	492	8
	3	7	23	32	76	67	482	10
	3	7	23	32	61	24	136	6
	3	7	25	34	67	32	255	9
	3	7	23.33	33.17	71.00	45.50	377.33	7.17
T1M0	3	7	24	35	74	53	355	7
	3	7	25	34	67	43	215	8
	3	7	25	35	65	40	252	5
	3	7	23	34	64	57	398	5
	3	7	24	36	67	40	288	5
	3	7	24	35	72	54	440	7
	3	7	24.17	34.83	68.17	47.83	324.67	6.17
T0M1	3	7	20	34	74	30	269	10
	3	7	21	35	67	65	627	6
	3	7	23	35	70	56	495	5
	3	7	24	30	40	16	59	5
	3	7	21	31	62	32	267	8
	3	7	23	36	71	79	394	5
	3	7	22.00	33.50	64.00	46.33	351.83	6.50
T0M3	3	7	21	36	67	53	360	7
	3	7	21	30	62	41	222	4
	3	7	2	30	62	43	267	7



	3	7	20	26	59	40	197	7
	3	7	20	33	67	49	362	8
	3	7	21	25	48	9	26	2
	3	7	17.50	30.00	60.83	39.17	239.00	5.83
T0M0	3	7	18	30	61	36	343	5
	3	7	19	33	66	45	355	8
	3	7	20	27	64	41	324	8
	3	7	20	29	69	40	206	6
	3	7	20	29	68	25	355	8
	3	7	19	28	54	23	228	7
	3	7	19.33	29.33	63.67	35.00	301.83	7.00
T0M2	3	7	21	31	63	64	332	4
	3	7	21	31	63	32	208	7
	3	7	20	35	72	43	319	5
	3	7	20	32	66	40	304	4
	3	7	23	27	54	30	176	9
	3	7	21	26	55	25	162	6
	3	7	21.00	30.33	62.17	39.00	250.17	5.83
T3M0	3	7	30	35	69	49	403	11
	3	7	31	35	69	57	397	9
	3	7	30	34	59	52	323	9
	3	7	29	35	70	46	471	6
	3	7	30	36	73	32	455	9
	3	7	32	39	66	59	436	11
	3	7	30.33	35.67	67.67	49.17	414.17	9.17
T3M2	3	7	30	37	60	33	244	9
	3	7	31	37	72	51	369	10
	3	7	30	38	70	53	389	7
	3	7	29	36	65	61	321	7
	3	7	28	35	63	42	312	5
	3	7	30	36	76	56	413	7
	3	7	29.67	36.50	67.67	49.33	341.33	7.50
T3M1	3	7	29	35	65	51	369	6
	3	7	28	36	67	52	378	9
	3	7	29	35	71	50	393	10
	3	7	30	35	71	43	319	8
	3	7	30	40	81	61	485	7
	3	7	31	36	73	46	491	7
	3	7	29.50	36.17	71.33	50.50	405.83	7.83
T3M3	3	7	30	41	83	44	483	7
	3	7	32	37	78	46	267	9
	3	7	31	36	77	62	525	8
	3	7	30	40	82	78	690	7
	3	7	32	40	83	43	610	7
	3	7	32	37	75	51	322	10



	3	7	31.17	38.50	79.67	54.00	482.83	8.00
T2M2	3	7	27	32	67	56	54	8
	3	7	27	31	55	41	214	5
	3	7	28	30	50	25	211	7
	3	7	25	30	60	29	116	4
	3	7	26	30	60	32	253	4
	3	7	24	30	40	11	481	1
	3	7	26.17	30.50	55.33	32.33	221.50	4.83
T2M0	3	7	28	32	62	56	337	8
	3	7	25	31	54	26	235	7
	3	7	26	31	56	39	301	7
	3	7	27	30	58	46	254	6
	3	7	28	32	53	58	286	7
	3	7	24	32	69	33	319	7
	3	7	26.33	31.33	58.67	43.00	288.67	7.00
T2M3	3	7	26	34	65	54	387	4
	3	7	25	33	66	58	297	3
	3	7	26	35	72	61	316	5
	3	7	25	36	68	39	233	3
	3	7	28	31	63	53	253	7
	3	7	26	35	75	37	323	4
	3	7	26.00	34.00	68.17	50.33	301.50	4.33
T2M1	3	7	27	34	75	47	352	7
	3	7	28	34	73	42	255	5
	3	7	29	36	72	25	292	5
	3	7	30	35	70	55	293	4
	3	7	28	31	62	23	228	4
	3	7	24	34	69	56	389	4
	3	7	27.67	34.00	70.17	41.33	301.50	4.83

Datos promedio de las variables dependientes de la repetición en relación a las variables independientes

Trichod	EM	rep	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4	Alt. 5	N° hojas	Peso planta	Pes Planta/ha	Peso raíz
T0	M0	1	3.00	7.00	21.33	26.33	60.33	54.67	371.50	3095.83	5.67
T0	M0	2	3.00	7.00	21.17	26.33	53.00	39.17	300.00	2500.00	6.83
T0	M0	3	3.00	7.00	19.83	26.67	51.00	46.67	321.50	2679.17	9.33
T0	M0	4	3.00	7.00	19.33	29.33	63.67	35.00	301.83	2515.28	7.00
T0	M1	1	3.00	7.00	22.50	32.50	63.67	45.17	270.17	2251.39	5.00
T0	M1	2	3.00	7.00	20.67	26.00	51.50	29.83	285.00	2375.00	7.33
T0	M1	3	3.00	7.00	24.33	28.67	56.33	48.33	382.83	3190.28	6.17
T0	M1	4	3.00	7.00	22.00	33.50	64.00	46.33	351.83	2931.94	6.50
T0	M2	1	3.00	7.00	24.00	35.83	72.00	44.17	310.17	2584.72	5.50
T0	M2	2	3.00	7.00	20.83	25.83	52.17	34.00	227.33	1894.44	6.83
T0	M2	3	3.00	7.00	22.33	27.33	55.33	61.00	470.17	3918.06	8.67
T0	M2	4	3.00	7.00	21.00	30.33	62.17	39.00	250.17	2084.72	5.83
T0	M3	1	3.00	7.00	22.00	33.33	72.33	59.17	385.33	3211.11	5.50
T0	M3	2	3.00	7.00	21.17	31.67	64.17	25.50	253.50	2112.50	8.83
T0	M3	3	3.00	7.00	18.67	24.33	49.33	47.33	409.83	3415.28	7.50
T0	M3	4	3.00	7.00	17.50	30.00	60.83	39.17	239.00	1991.67	5.83
T1	M0	1	3.00	7.00	24.50	35.50	75.83	43.50	427.17	3559.72	7.33
T1	M0	2	3.00	7.00	24.67	33.83	67.33	53.17	443.17	3693.06	7.33
T1	M0	3	3.00	7.00	24.50	32.00	65.50	47.00	312.17	2601.39	5.33
T1	M0	4	3.00	7.00	24.17	34.83	68.17	47.83	324.67	2705.56	6.17
T1	M1	1	3.00	7.00	24.33	34.00	75.83	43.33	224.67	1872.22	4.33
T1	M1	2	3.00	7.00	24.50	34.33	75.67	58.50	484.17	4034.72	8.33
T1	M1	3	3.00	7.00	17.33	32.50	72.50	57.00	449.83	3748.61	7.83
T1	M1	4	3.00	7.00	24.83	33.17	66.83	52.00	393.17	3276.39	6.33
T1	M2	1	3.00	7.00	23.33	34.33	67.33	34.33	434.50	3620.83	7.33
T1	M2	2	3.00	7.00	24.17	34.50	72.33	54.83	449.33	3744.44	8.83
T1	M2	3	3.00	7.00	23.67	32.17	70.50	48.50	388.67	3238.89	8.50
T1	M2	4	3.00	7.00	23.33	33.17	71.00	45.50	377.33	3144.44	7.17
T1	M3	1	3.00	7.00	24.17	34.33	72.17	48.17	393.83	3281.94	6.67
T1	M3	2	3.00	7.00	25.00	34.33	68.50	47.83	438.00	3650.00	8.67
T1	M3	3	3.00	7.00	25.00	33.33	73.67	54.83	362.33	3019.44	9.83
T1	M3	4	3.00	7.00	24.83	33.67	68.67	59.50	446.50	3720.83	8.00
T2	M0	1	3.00	7.00	24.83	36.83	77.33	54.67	371.50	3095.83	7.50
T2	M0	2	3.00	7.00	23.83	33.50	68.00	37.83	261.83	2181.94	4.33
T2	M0	3	3.00	7.00	25.83	35.50	74.17	75.17	448.17	3734.72	9.50
T2	M0	4	3.00	7.00	26.33	31.33	58.67	43.00	288.67	2405.56	7.00
T2	M1	1	3.00	7.00	24.67	35.50	71.67	45.17	270.17	2251.39	4.17
T2	M1	2	3.00	7.00	24.00	34.83	71.83	54.83	387.00	3225.00	8.17
T2	M1	3	3.00	7.00	23.83	35.33	73.50	80.00	500.00	4166.67	8.17



T2	M1	4	3.00	7.00	27.67	34.00	70.17	41.33	301.50	2512.50	4.83
T2	M2	1	3.00	7.00	24.83	35.33	76.83	44.17	310.17	2584.72	6.83
T2	M2	2	3.00	7.00	23.50	33.50	71.50	46.67	364.33	3036.11	8.17
T2	M2	3	3.00	7.00	25.67	34.50	73.33	73.50	524.83	4373.61	9.17
T2	M2	4	3.00	7.00	26.17	30.50	55.33	32.33	221.50	1845.83	4.83
T2	M3	1	3.00	7.00	25.67	35.83	73.83	59.17	385.33	3211.11	7.17
T2	M3	2	3.00	7.00	25.33	34.83	75.00	58.67	446.00	3716.67	5.83
T2	M3	3	3.00	7.00	25.17	34.83	74.33	67.67	455.00	3791.67	8.50
T2	M3	4	3.00	7.00	26.00	34.00	68.17	50.33	301.50	2512.50	4.33
T3	M0	1	3.00	7.00	27.17	39.17	80.33	57.83	363.83	3031.94	10.33
T3	M0	2	3.00	7.00	29.83	36.17	71.83	54.00	435.17	3626.39	8.67
T3	M0	3	3.00	7.00	29.83	38.17	77.00	53.67	407.00	3391.67	9.00
T3	M0	4	3.00	7.00	30.33	35.67	67.67	49.17	414.17	3451.39	9.17
T3	M1	1	3.00	7.00	30.00	37.50	78.67	60.17	514.00	4283.33	10.50
T3	M1	2	3.00	7.00	30.33	34.17	76.00	54.17	440.00	3666.67	11.67
T3	M1	3	3.00	7.00	31.00	37.83	77.00	53.00	466.00	3883.33	10.17
T3	M1	4	3.00	7.00	29.50	36.17	71.33	50.50	405.83	3381.94	7.83
T3	M2	1	3.00	7.00	28.67	36.83	74.50	48.50	487.17	4059.72	10.17
T3	M2	2	3.00	7.00	29.67	34.67	70.33	33.17	319.33	2661.11	7.67
T3	M2	3	3.00	7.00	31.17	38.00	76.67	49.00	332.17	2768.06	7.17
T3	M2	4	3.00	7.00	29.67	36.50	67.67	49.33	341.33	2844.44	7.50
T3	M3	1	3.00	7.00	30.50	41.67	83.33	51.83	423.83	3531.94	10.00
T3	M3	2	3.00	7.00	30.50	35.67	74.67	60.83	475.67	3963.89	8.17
T3	M3	3	3.00	7.00	30.50	38.83	81.50	55.00	356.50	2970.83	9.33
T3	M3	4	3.00	7.00	31.17	38.50	79.67	54.00	482.83	4023.61	8.00

Datos promedio de la tercera evaluación altura de planta

Rep.	T0			T1			T2			T3							
	M0	M1	M2	M0	M1	M2	M0	M1	M2	M0	M1	M2	M3				
1	21.33	22.50	24.00	22.00	24.50	24.33	23.33	24.17	24.83	24.67	24.83	24.83	25.67	27.17	30.00	28.67	30.50
2	21.17	20.67	20.83	21.17	24.67	24.50	24.17	25.00	23.83	24.00	23.50	23.50	25.33	29.83	30.33	29.67	30.50
3	19.83	24.33	22.33	18.67	24.50	17.33	23.67	25.00	25.83	23.83	25.67	25.17	25.17	29.83	31.00	31.17	30.50
4	19.33	22.00	21.00	17.50	24.17	24.83	23.33	24.83	26.33	27.67	26.17	26.00	30.33	29.50	29.67	29.67	31.17
Total	81.67	89.50	88.17	79.33	97.83	91.00	94.50	99.00	100.83	100.17	100.17	102.17	117.17	120.83	119.17	122.67	
Prom.	20.42	22.38	22.04	19.83	24.46	22.75	23.63	24.75	25.21	25.04	25.04	25.54	29.29	30.21	29.79	30.67	
Prom. T	21.17					23.90				25.21					29.99		
Prom. M	24.84					25.09				25.13					25.20		

Datos promedio de la cuarta evaluación altura de planta

Rep	T0			T1			T2			T3						
	M0	M1	M2	M0	M1	M2	M0	M1	M2	M0	M1	M2	M3			
1	26.33	32.50	35.83	33.33	35.50	34.00	34.33	34.33	36.83	35.50	35.33	35.83	39.17	37.50	36.83	41.67
2	26.33	26.00	25.83	31.67	33.83	34.33	34.50	34.33	33.50	34.83	33.50	34.83	36.17	34.17	34.67	35.67
3	26.67	28.67	27.33	24.33	32.00	32.50	32.17	33.33	35.50	35.33	34.50	34.83	38.17	37.83	38.00	38.83
4	29.33	33.50	30.33	30.00	34.83	33.17	33.17	33.67	31.33	34.00	30.50	34.00	35.67	36.17	36.50	38.50
Total	108.67	120.67	119.33	119.33	136.17	134.00	134.17	135.67	137.17	139.67	133.83	139.50	149.17	145.67	146.00	154.67
Prom.	27.17	30.17	29.83	29.83	34.04	33.50	33.54	33.92	34.29	34.92	33.46	34.88	37.29	36.42	36.50	38.67
Prom. T	29.25					33.75				34.39					37.22	



Prom.	33.20	33.75	33.33	34.32
M				

### Datos promedio de la quinta evaluación altura de planta

Rep	T0			T1			T2			T3						
	M0	M1	M2	M3	M0	M1	M2	M3	M0	M1	M2	M3				
1	60.33	63.67	72.00	72.33	75.83	75.83	67.33	72.17	77.33	71.67	76.83	73.83	80.33	78.67	70.33	83.33
2	53.00	51.50	52.17	64.17	67.33	75.67	72.33	68.50	68.00	71.83	71.50	75.00	71.83	76.00	76.67	74.67
3	51.00	56.33	55.33	49.33	65.50	72.50	70.50	73.67	74.17	73.50	73.33	74.33	77.00	77.00	67.67	81.50
4	63.67	64.00	62.17	60.83	68.17	66.83	71.00	68.67	58.67	70.17	55.33	68.17	67.67	71.33	83.33	79.67
Total	228.00	235.50	241.67	246.67	276.83	290.83	281.17	283.00	278.17	287.17	277.00	291.33	296.83	303.00	298.00	319.17
Prom.	57.00	58.88	60.42	61.67	69.21	72.71	70.29	70.75	69.54	71.79	69.25	72.83	74.21	75.75	74.50	79.79
Prom. T	59.49				70.74			70.85								76.06
Prom. M	67.49				69.78			68.61								71.26

### Datos promedio del número de hojas

Rep	T0			T1			T2			T3						
	M0	M1	M2	M3	M0	M1	M2	M3	M0	M1	M2	M3				
1	54.67	45.17	44.17	59.17	43.33	43.33	34.33	48.17	54.67	45.17	44.17	59.17	57.83	60.17	48.50	51.83
2	39.17	29.83	34.00	25.50	53.17	58.50	54.83	47.83	37.83	54.83	46.67	58.67	54.00	54.17	33.17	60.83
3	46.67	48.33	61.00	47.33	47.00	57.00	48.50	54.83	75.17	80.00	73.50	67.67	53.67	53.00	49.00	55.00
4	35.00	46.33	39.00	39.17	47.83	52.00	45.50	59.50	43.00	41.33	32.33	50.33	49.17	50.50	49.33	54.00
Total	175.50	169.67	178.17	171.17	191.50	210.83	183.17	210.33	210.67	221.33	196.67	235.83	214.67	217.83	180.00	221.67
Prom.	43.88	42.42	44.54	42.79	47.88	52.71	45.79	52.58	52.67	55.33	49.17	58.96	53.67	54.46	45.00	55.42
Prom. T	43.41				49.74			54.03								52.14

Prom.		51.23	46.13	52.44
M	49.52			

Datos promedio del Peso de plantas de espinaca

Rep	T0			T1			T2			T3					
	M0	M1	M2	M0	M1	M2	M0	M1	M2	M0	M1	M2	M3		
1	371.50	270.17	310.17	385.33	427.17	434.50	393.83	371.50	270.17	310.17	385.33	363.83	514.00	487.17	423.83
2	300.00	285.00	227.33	253.50	443.17	449.33	438.00	261.83	387.00	364.33	446.00	435.17	440.00	319.33	475.67
3	321.50	382.83	470.17	409.83	312.17	388.67	362.33	448.17	500.00	524.83	455.00	407.00	466.00	332.17	356.50
4	301.83	351.83	250.17	239.00	324.67	377.33	446.50	288.67	301.50	221.50	301.50	414.17	405.83	341.33	482.83
Total	1294.83	1289.83	1257.83	1287.67	1507.17	1551.83	1640.67	1370.17	1458.67	1420.83	1587.83	1620.17	1825.83	1480.00	1738.83
Prom.	323.71	322.46	314.46	321.92	376.79	387.96	410.17	342.54	364.67	355.21	396.96	405.04	456.46	370.00	434.71
Prom. T		320.64			396.84		364.84						416.55		
Prom.															
M	362.02				382.89		363.03						390.94		

Datos promedio del peso de plantas / ha

rep	T0			T1			T2			T3						
	M0	M1	M2	M0	M1	M2	M0	M1	M2	M0	M1	M2	M3			
1	3095.83	2251.39	2584.72	3211.11	3559.72	1872.22	3620.83	3281.94	3095.83	2251.39	2584.72	3211.11	3031.94	4283.33	4059.72	3531.94
2	2500.00	2375.00	1894.44	2112.50	3693.06	4034.72	3744.44	3650.00	2181.94	3225.00	3036.11	3716.67	3626.39	3666.67	2661.11	3963.89
3	2679.17	3190.28	3918.06	3415.28	2601.39	3748.61	3238.89	3019.44	3734.72	4166.67	4373.61	3791.67	3391.67	3883.33	2768.06	2970.83
4	2515.28	2931.94	2084.72	1991.67	2705.56	3276.39	3144.44	3720.83	2405.56	2512.50	1845.83	2512.50	3451.39	3381.94	2844.44	4023.61
Total	10790.2	10748.6	10481.9	10730.5	12559.7	12931.9	13748.6	13672.2	11418.0	12155.5	11840.2	13231.9	13501.3	15215.2	12333.3	14490.2
Prom.	2697.57	2687.15	2620.49	2682.64	3139.93	3232.99	3437.15	3418.06	2854.51	3038.89	2960.07	3307.99	3375.35	3803.82	3083.33	3622.57



Prom.																			
T	2671.96		3307.03											3040.36					3471.27
Prom.																			
M	3016.84		3190.71											3025.26					3257.81

Datos promedio del Peso raíz

Rep	T0			T1			T2			T3								
	M0	M1	M2	M0	M1	M2	M0	M1	M2	M0	M1	M2	M3					
1	5.67	5.00	5.50	7.33	4.33	7.33	6.67	7.50	4.17	6.83	7.17	10.33	10.50	10.17	10.00			
2	6.83	7.33	6.83	8.83	8.33	8.83	8.67	4.33	8.17	8.17	5.83	8.67	11.67	7.67	8.17			
3	9.33	6.17	8.67	7.50	5.33	8.50	9.83	9.50	8.17	9.17	8.50	9.00	10.17	7.17	9.33			
4	7.00	6.50	5.83	5.83	6.17	7.17	8.00	7.00	4.83	4.83	4.33	9.17	7.83	7.50	8.00			
Total	28.83	25.00	26.83	27.67	26.17	26.83	33.17	28.33	25.33	29.00	25.83	37.17	40.17	32.50	35.50			
Prom.	7.21	6.25	6.71	6.92	6.54	6.71	7.96	7.08	6.33	7.25	6.46	9.29	10.04	8.13	8.88			
Prom.																		
T	6.77					7.38				6.78					9.08			
Prom.																		
M	7.53					7.33			7.51						7.64			

### ANEXO 3. Panel fotográfico

Preparación de unidades experimentales de los tratamientos en estudio.



Preparación de semilla para la siembra en bandejas con sustrato





### Emergencia de plántulas de espinaca variedad “Viroflay”



### Preparación de surcos en unidades experimentales



Surcos debidamente preparados para el transplante de plántulas de espinaca







## ANEXO 4. Declaración del jurado para ejecutar la sustentación



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS UNA-PUNO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



### FORMATO N° 1

\*\*\*\*\*

SEÑOR SUB DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA  
PROFESIONAL INGENIERIA AGRONOMICA UNA - PUNO:

En mérito a la evaluación y dictamen del borrador de tesis, titulado **BIOFERTILIZACIÓN CON (*Trichoderma viride*) Y MICROORGANISMOS EFICIENTES SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ESPINACA (*Spinacia aleracea* sp.) EN CONDICIONES DE INVERNADERO YUNGUYO – PUNO - 2023**, con código PILAR N° 2023-3477 presentado por el bachiller **JUAN CARLOS LAURENTE CAHUAYA**, el jurado revisor lo declara:


APTO ( X )

Por tanto, esta expedito para la sustentación presencial y defensa de la tesis. Determinando que dicho acto académico se lleve a cabo el día **22 de octubre del 2024** a las **11:00** horas. Por lo que solicitamos a usted, se efectuó los tramites y la publicación correspondiente para la realización de acuerdo a lo reglamentado.


En Puno (C.U.), a los 09 días del mes de octubre del 2024

  
D.Sc. Evaristo Mamani Mamani  
Presidente

  
Ing. Isaac Ticóna Zúñiga  
Primer miembro

  
M.Sc. Felix Alonso Astete Maldonado  
Segundo miembro

  
M.Sc. Marco Alexis Vera Zúñiga  
Director o asesor de Tesis


  
Bach. Juan Carlos Laurente Cahuaya  
Tesisista

#### PROVEÍDO DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Considerando que la evaluación y dictamen del borrador de tesis por el jurado revisor se declaró como apto:

Esta Sub-Dirección autoriza el trámite y la publicación de la sustentación presencial y defensa de la tesis; de acuerdo a la fecha y hora determinada por los jurados, en la sala de docentes para su desarrollo. A la misma, los documentos que se presentan para su publicación en el Repositorio Institucional son veraces y auténticos del autor (es).

Puno C.U. 09 de octubre del 2024

  
D.Sc. Manuel Alfredo Callohuanca Pariapaza  
Director de la Subunidad de Investigación-EPIA



## ANEXO 5. Declaración jurada de Autenticidad de Tesis



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Juan Carlos Lavrente Cahuya  
identificado con DNI 73538202 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Agronómica

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

"Biofertilización con (Trichoderma viride) y Microorganismos Eficientes sobre el desarrollo y Rendimiento del Cultivo de Espinaca (Spinacea oleracea sp.) en condiciones de Invernadero Yunguyo - Puno - 2024"

Es un tema original.


Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 17 de Octubre del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella





## ANEXO 6. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Juan Carlos Lavente Cahuya,  
identificado con DNI 73538202 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Agronómica

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

"Biofertilización con (Trichoderma Viride) y Microcorganismo Eficientes  
sobre el Desarrollo y Rendimiento de Cultivo de Espinaca (Spinacea  
oleracea sp.) en condiciones de Invernadero Yunguyo-Puno-2024"

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.


En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 17 de Octubre del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella