

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**Escuela Profesional de Agronomía**

**EFFECTO DE TRES FUENTES NUTRICIONALES Y MICROORGANISMOS  
EFICACES EN EL RENDIMIENTO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)  
CULTIVAR ÚNICA EN EL CEA III LOS PICHONES, TACNA - 2025**

**TESIS**

**Presentada por:**

**Bach. Joel Roman Aro Aro**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TACNA – PERÚ**

**2026**

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN


**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**Escuela Profesional de Agronomía**

**EFFECTO DE TRES FUENTES NUTRICIONALES Y MICROORGANISMOS  
EFICACES EN EL RENDIMIENTO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)  
CULTIVAR ÚNICA EN EL CEA III LOS PICHONES, TACNA - 2025**

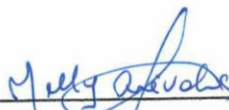
TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 14 DE NOVIEMBRE DE 2025;  
SIENDO EL JURADO CALIFICADOR:

PRESIDENTE:



Dr. Nivardo Núñez Torreblanca

SECRETARIO:



Dra. Nelly Arevalo Solsol

VOCAL:



MSc. Magno Santos Robles Tello

ASESOR:



MSc. Magno Santos Robles Tello

## CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Magno Santos Robles Tello, asesor del trabajo de tesis titulado “EFECTO DE TRES FUENTES NUTRICIONALES Y MICROORGANISMOS EFICACES EN EL RENDIMIENTO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) CULTIVAR ÚNICA EN EL CEA III LOS PICHONES, TACNA – 2025”, presentado por el Bachiller Joel Román Aro Aro para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, hago constar que se ha cumplido íntegramente con lo dispuesto en el reglamento de originalidad y similitud de trabajos de investigación y producción intelectual. Con base en la revisión, evaluación y análisis realizados mediante el software de similitud textual Turnitin, se ha determinado que el trabajo presenta un porcentaje de similitud de 8%, el cual se ajusta al nivel permitido. Por consiguiente, CERTIFICO que la similitud de la tesis cumple con el límite establecido para continuar con los trámites correspondientes y su publicación en el repositorio institucional.

El presente certificado se emite para los fines que correspondan en el proceso de obtención del título.

Tacna, 12 de diciembre de 2025



Msc. Magno Santos Robles Tello  
DNI: 04416082



Bach. Joel Roman Aro Aro  
DNI: 70801267



## **DEDICATORIA**

Con amor y gratitud, dedico esta obra a mis entrañables padres, Faustino Aro Apaza y Efigenia Aro Ticoná; a mis hermanos, Lucio, Leonidas, Rubén y Noemí; y a mis queridos sobrinos y apreciados amigos. Su aliento y apoyo constante fueron esenciales para la culminación de este proyecto.

## **AGRADECIMIENTOS**

Expreso mi gratitud a Dios, creador y sustentador de la vida, fuente inagotable de sabiduría y ciencia, a quien dedico el más alto honor y reconocimiento.

A mi familia, especialmente a mis padres, hermanos y sobrinos, por su apoyo inquebrantable, fundamental para superar los momentos de adversidad.

A mi asesor, M. Sc. Magno Santos Robles Tello, le agradezco su dirección y acompañamiento. También a los miembros del comité revisor: Dr. Nivardo Núñez Torreblanca, Dra. Nelly Arévalo Solsol y Dr. Juan Carlos Tejada Vizcarra, por sus aportes y atinadas observaciones.

Extiendo un agradecimiento especial a Ismael Mollinedo Escobar, técnico del CEA III Los Pichones, por su inestimable aporte durante la ejecución del proyecto, y a la Ing. Gladys Hualpa por sus acertados consejos. También al personal administrativo y a todos los docentes de la facultad por su colaboración y conocimiento compartido.

A mis amigos, gracias por su aliento y compañía; hicieron de este trayecto una experiencia llevadera, satisfactoria y significativa.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xi
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xiii
<b>RESUMEN</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I: EL PROBLEMA</b> .....	3
<b>1.1 Planteamiento del problema</b> .....	3
<b>1.2 Formulación del problema</b> .....	6
<b>1.3 Delimitación de la investigación</b> .....	7
1.3.1 Espacio geográfico.....	7
1.3.2 Tiempo.....	7
<b>1.4 Limitaciones</b> .....	7
<b>1.5 Justificación</b> .....	8
<b>CAPÍTULO II: OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....	9
<b>2.1 Objetivos de investigación</b> .....	9

2.1.1	Objetivo general .....	9
2.1.2	Objetivos específicos .....	9
<b>2.2</b>	<b>Hipótesis de la investigación .....</b>	<b>9</b>
2.2.1	Hipótesis general .....	9
2.2.2	Hipótesis específica.....	10
<b>2.3</b>	<b>Variables .....</b>	<b>10</b>
2.3.1	Variables independientes (X).....	10
2.3.2	Variables dependientes (Y).....	10
<b>CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....</b>		<b>11</b>
<b>3.1</b>	<b>Antecedentes .....</b>	<b>11</b>
3.1.1	Antecedentes internacionales.....	11
3.1.2	Antecedentes nacionales .....	14
<b>3.2</b>	<b>Fuentes nutricionales .....</b>	<b>16</b>
<b>3.3</b>	<b>Fertilizantes Químicos.....</b>	<b>17</b>
3.3.1	Nitrógeno (N).....	18
3.3.2	Fósforo (P) .....	18
3.3.3	Potasio (K) .....	19
3.3.4	Elementos secundarios.....	20
3.3.5	Microelementos.....	20
<b>3.4</b>	<b>Abonos orgánicos .....</b>	<b>20</b>
3.4.1	El Compost .....	21

3.4.2 La Gallinaza.....	22
<b>3.5 Microorganismos eficaces .....</b>	<b>22</b>
3.5.1 La importancia de los microorganismos en el suelo .....	22
3.5.2 Origen de la tecnología de Microorganismos Eficaces .....	23
3.5.3 Composición de los Microorganismos Eficaces .....	24
3.5.4 Beneficios de los Microorganismos Eficaces.....	24
3.5.5 Activación de los Microorganismos Eficaces.....	25
<b>3.6 Generalidades del cultivo de papa .....</b>	<b>25</b>
3.6.1 Procedencia.....	25
3.6.2 Clasificación taxonómica.....	26
3.6.3 Descripción botánica.....	27
3.6.4 Potencial nutricional de la papa .....	29
3.6.5 Fisiología de la papa .....	29
<b>3.7 Requerimientos edafoclimáticos.....</b>	<b>30</b>
3.7.1 Clima.....	31
3.7.2 Suelo y Agua .....	31
<b>3.8 Manejo agronómico de la papa .....</b>	<b>31</b>
3.8.1 Preparación del terreno y la siembra.....	31
3.8.2 Fertilización y/o abonamiento.....	32
3.8.3 Aporque y control de malezas .....	33
3.8.4 Principales plagas en el cultivo de la papa.....	33

3.8.5 Principales enfermedades del cultivo de papa .....	33
3.8.6 Cosecha, postcosecha.....	34
3.8.7 Clasificación comercial .....	34
3.8.8 Rendimiento.....	34
3.8.9 Cultivar Única .....	34
3.8.10 Características morfológicas de cultivar Única.....	35
3.8.11 Comportamiento agronómico de cultivar Única.....	35
<b>CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>36</b>
<b>4.1 Tipo, nivel y enfoque estadístico .....</b>	<b>36</b>
<b>4.2 Del campo experimental .....</b>	<b>36</b>
4.2.1 Ubicación del campo experimental.....	36
4.2.2 Historial del campo experimental .....	36
4.2.3 Análisis de caracterización del suelo.....	37
4.2.4 Análisis químico de abonos orgánicos.....	39
4.2.4 Comportamiento climático.....	41
<b>4.3 Material experimental .....</b>	<b>43</b>
4.3.1 Material biológico.....	43
4.3.2 Fuentes nutricionales .....	43
4.3.3 Microorganismos Eficaces .....	44
<b>4.4 Variables de respuesta.....</b>	<b>44</b>
4.4.1 Altura de planta (cm).....	44

4.4.2 Número de brotes (unidad).....	44
4.4.3 Número de tubérculos por planta.....	45
4.4.4 Peso de tubérculos por planta (kg).....	45
4.4.5 Rendimiento total (t/ha).....	45
4.4.6 Rendimiento comercial (t/ha).....	45
<b>4.5 Diseño experimental</b> .....	<b>46</b>
<b>4.6 Tratamientos en estudio</b> .....	<b>47</b>
4.6.1 Descripción de los tratamientos en estudio.....	47
<b>4.7 Características del área experimental</b> .....	<b>48</b>
4.7.1 Área experimental.....	48
4.7.2 Bloque experimental.....	48
4.7.3 Unidad experimental .....	48
4.7.4 Distanciamiento de siembra.....	49
<b>4.8 Aleatorización y distribución de tratamientos</b> .....	<b>49</b>
<b>4.9 Croquis del experimento</b> .....	<b>50</b>
<b>4.10 Conducción del experimento</b> .....	<b>51</b>
4.10.1 Preparación del terreno.....	51
4.10.2 Aporte de nutrientes al suelo.....	51
4.10.3 Delimitación de la parcela experimental .....	55
4.10.4 Obtención de la semilla-tubérculo .....	56
4.10.5 Siembra y resiembra .....	56

4.10.6 Riego .....	56
4.10.7 Control de malezas .....	57
4.10.8 Aporque.....	57
4.10.9 Control de plagas.....	58
4.10.10 Prevención de enfermedades .....	58
4.10.11 Adquisición de Microorganismos Eficaces.....	59
4.10.12 Activación de Microorganismos Eficaces.....	59
4.10.13 Aplicación de Microorganismos Eficaces (EM) .....	59
4.10.14 Cosecha.....	60
4.10.15 Clasificación de los tubérculos.....	60
<b>4.11 Análisis estadístico .....</b>	<b>61</b>
<b>CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>62</b>
<b>5.1 Resultados.....</b>	<b>62</b>
<b>5.2 Discusión .....</b>	<b>85</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>95</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>96</b>
<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>116</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Análisis físico-químico de suelo</i> .....	37
<b>Tabla 2.</b> <i>Análisis químico de abonos orgánicos</i> .....	39
<b>Tabla 3.</b> <i>Registro de datos climáticos durante el periodo de investigación.</i>	41
<b>Tabla 4.</b> <i>Descripción de los tratamientos de estudio</i> .....	47
<b>Tabla 5.</b> <i>Aleatorización y distribución de tratamientos</i> .....	49
<b>Tabla 6.</b> <i>Resultado de la evaluación de aportes de NPK al suelo</i> .....	52
<b>Tabla 7.</b> <i>Escala de clasificación de tubérculos por peso (g)</i> .....	61
<b>Tabla 8.</b> <i>Análisis de varianza para altura de planta (cm) de papa, cultivar Única</i> .....	62
<b>Tabla 9.</b> <i>Prueba de significación Duncan para altura de planta (cm) de papa,</i> <i>cultivar Única</i> .....	63
<b>Tabla 10.</b> <i>Análisis de varianza de número de brotes (unidad) por planta de</i> <i>papa, cultivar Única</i> .....	65
<b>Tabla 11.</b> <i>Prueba de significación Duncan de número de brotes (unidad) por</i> <i>planta de papa, cultivar Única</i> .....	66
<b>Tabla 12.</b> <i>Análisis de varianza de número de tubérculos por planta (unidad) de</i> <i>papa, cultivar Única</i> .....	68
<b>Tabla 13.</b> <i>Prueba de significación Duncan de número de tubérculos por planta</i> <i>(unidad) de papa, cultivar Única</i> .....	69

<b>Tabla 14.</b> <i>Análisis de varianza de peso de tubérculos por planta (kg) de papa, cultivar Única</i> .....	71
<b>Tabla 15.</b> <i>Prueba de significación Duncan de peso de tubérculos por planta (kg) de papa, cultivar Única</i> .....	72
<b>Tabla 16.</b> <i>Análisis de varianza de rendimiento total (t/ha) de papa, cultivar Única</i> .....	74
<b>Tabla 17.</b> <i>Prueba de significación Duncan de rendimiento total (t/ha) de papa, cultivar Única</i> .....	75
<b>Tabla 18.</b> <i>Análisis de varianza de rendimiento comercial (t/ha) de papa, cultivar Única</i> .....	77
<b>Tabla 19.</b> <i>Prueba de significación Duncan de rendimiento comercial (t/ha) de papa, cultivar Única</i> .....	78
<b>Tabla 20.</b> <i>Análisis de varianza de rendimiento por categoría de tubérculos (t/ha) de papa, cultivar Única</i> .....	80
<b>Tabla 21.</b> <i>Prueba de significación Duncan de rendimiento por categoría de tubérculos (t/ha) de papa, cultivar Única</i> .....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Delimitación del área experimental.....</i>	<b>50</b>
<b>Figura 2.</b> <i>Gráfico lineal de altura de planta (cm) a los 20, 40, 60, y 80 días de siembra de papa, cultivar Única.....</i>	<b>64</b>
<b>Figura 3.</b> <i>Gráfico de barras para número de brotes (unidad) por planta de papa, cultivar Única.....</i>	<b>67</b>
<b>Figura 4.</b> <i>Gráfico de barras para número de tubérculos por planta (unidad) de papa, cultivar Única.....</i>	<b>70</b>
<b>Figura 5.</b> <i>Gráfico de barras para peso de tubérculos por planta (kg) de papa, cultivar Única.....</i>	<b>73</b>
<b>Figura 6.</b> <i>Gráfico de barras para el rendimiento total (t/ha) de papa, cultivar Única.....</i>	<b>76</b>
<b>Figura 7.</b> <i>Gráfico de barras para el rendimiento comercial (t/ha) de papa, cultivar Única.....</i>	<b>79</b>

## RESUMEN

El presente estudio titulado *“Efecto de tres fuentes nutricionales y Microorganismos Eficaces en el rendimiento de papa (Solanum tuberosum L.) cultivar Única en el CEA III Los Pichones, Tacna – 2025”* tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres fuentes nutricionales (fuente química, compost y gallinaza) y la aplicación de Microorganismos Eficaces (EM) sobre el crecimiento vegetativo y el rendimiento. Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con seis tratamientos y tres repeticiones. Los resultados evidenciaron diferencias altamente significativas en la mayoría de variables evaluadas. El tratamiento T<sub>5</sub> (gallinaza) sobresalió con la mayor altura de planta (60,67 cm), peso por planta (1,36 kg), rendimiento total (47,00 t/ha) y comercial (38,04 t/ha), así como los mayores valores en categorías Extra (8,88 t/ha) y Primera (28,54 t/ha). El T<sub>1</sub> (fuente química) destacó en número de tubérculos (11,80 unid.), número de brotes y categoría Segunda, y T<sub>6</sub> (gallinaza + EM) en categoría Tercera. Los resultados confirman el potencial de la gallinaza como estrategia para optimizar la producción y el rendimiento comercial del cultivo de papa en condiciones de Tacna.

**Palabras clave:** Papa, rendimiento, fuentes nutricionales, Microorganismos Eficaces, gallinaza.

## **ABSTRACT**

The present study entitled "Effect of three nutritional sources and Efficient Microorganisms on the yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivar Única at CEA III Los Pichones, Tacna - 2025" aimed to evaluate the effect of three nutritional sources (chemical source, compost and poultry manure) and the application of Efficient Microorganisms (EM) on vegetative growth and yield. A Randomised Complete Block Design (RCBD) with six treatments and three replicates was used. The results showed highly significant differences in most of the variables evaluated. Treatment T5 (gallinaza) stood out with the highest plant height (60,67 cm), weight per plant (1,36 kg), total yield (47,00 t/ha) and commercial yield (38,04 t/ha), as well as the highest values in Extra (8,88 t/ha) and First (28,54 t/ha) categories. T1 (chemical source) stood out in number of tubers (11,80 units), number of sprouts and Second category, and T6 (gallinaza + EM) in Third category. The results confirm the potential of chicken manure as a strategy to optimize the production and commercial yield of potato cultivation in Tacna conditions.

Key words: Potato, yield, nutritional sources, Effective Microorganisms, poultry manure.

## INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.), originaria del sur del Perú (Tapia & Fries, 2007), destaca como uno de los cultivos más importantes a nivel mundial por su trascendencia social, económica y alimentaria. La FAO (2022) indica que se cultiva en más de 20 millones de hectáreas en 150 países. A pesar de ser el centro de domesticación de este cultivo, El Perú enfrenta desafíos en cuanto a su productividad: en 2021, el rendimiento fue de 17,1 t/ha (MIDAGRI 2022). En 2023 se reportó un rendimiento promedio de 17,3 t/ha, y en 2024, una producción de 6,5 millones de toneladas, con un rendimiento de 19,4 t/ha en una superficie cosechada de 336 614 hectáreas (MIDAGRI, 2025). En la actualidad, el Perú se posiciona como el primer productor latinoamericano de este importante cultivo alimenticio; sin embargo, los rendimientos se sitúan por debajo del promedio en comparación con países vecinos y europeos.

En Tacna, la DRAT (2024) reportó una producción de 8 632 toneladas de papa en 2023, con un rendimiento promedio de 19,9 t/ha. Para 2024, la producción registrada fue de 6 483 toneladas de tubérculos, con un rendimiento de 18,6 t/ha en una superficie cosechada de 348 hectáreas (MIDAGRI, 2025). Estos datos revelan una disminución tanto en el rendimiento

como en la producción, lo cual es aún más notorio al compararlo con los estándares nacionales e internacionales.

Por otro lado, la presión de la demanda alimentaria aumenta debido al crecimiento poblacional y la expansión urbana (Lazarte, 2023). No obstante, el deterioro de los suelos debido al uso de agroquímicos (González, 2019), la quema de residuos orgánicos (Céspedes, 2022) y otras prácticas agrícolas degradantes ha afectado la salud de los suelos, comprometiendo la sostenibilidad agrícola, disminuyendo la productividad del cultivo y afectando la seguridad alimentaria.

Ante este panorama, la aplicación de enmiendas orgánicas y microorganismos eficaces se presenta como una alternativa sostenible para regenerar el suelo, mejorar su fertilidad y optimizar el rendimiento del cultivo de papa en la región.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

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

La papa (*Solanum tuberosum* L.), originaria del sur de Perú y la región colindante de Bolivia (Tapia & Fries, 2007), se erige como uno de los cultivos de mayor relevancia social, económica y alimentaria a nivel mundial. La FAO (2022) informa que se cultiva en más de 20 millones de hectáreas distribuidas en 150 países. En este contexto, el Perú es reconocido como centro de domesticación y diversidad genética del cultivo; sin embargo, enfrenta desafíos significativos en su productividad. En 2021, MIDAGRI (2022) reportó un rendimiento de 17,1 t/ha. En 2023 se registró un rendimiento promedio de 17,3 t/ha, y en 2024, una producción de 6,5 millones de toneladas, con un rendimiento de 19,4 t/ha en una superficie cosechada de 336 614 ha (MIDAGRI, 2025). En la actualidad, el Perú se posiciona como el primer productor latinoamericano de este importante cultivo alimenticio; sin embargo, los rendimientos se sitúan por debajo del promedio comparado con países vecinos como (Argentina 32 t/ha) o Chile (23 t/ha), y están muy lejos de los rendimientos superiores a 45 t/ha en Estados Unidos, Francia o Alemania.

A nivel regional, la DRAT (2024) reportó para Tacna un rendimiento promedio de 19,9 t/ha y una producción de 8 632 toneladas en 2023. No obstante, en 2024, según MIDAGRI (2025), la producción disminuyó a 6 483 toneladas, con un rendimiento de 18,6 t/ha, situándose por debajo de los promedios nacional e internacional.

En paralelo, el crecimiento poblacional y la expansión urbana ejercen mayor presión sobre la demanda de alimentos (Lazarte, 2023). Sin embargo, dicha demanda enfrenta el deterioro progresivo de los suelos agrícolas, consecuencia de décadas de prácticas convencionales poco sostenibles. El uso intensivo de agroquímicos ha generado pérdida de materia orgánica y compactación de suelos (González, 2019), mientras que la quema indiscriminada de residuos orgánicos contribuye a la degradación estructural y a la reducción de la fertilidad (Céspedes, 2022). Como resultado, los sistemas productivos se tornan dependientes de insumos externos, a menudo costosos, que afectan el equilibrio natural y comprometen la sostenibilidad a largo plazo.

La situación es más crítica en Tacna, donde los suelos presentan limitaciones intrínsecas por su localización en la cabecera del desierto de Atacama. Se caracterizan por ser salinos-sódicos, esqueléticos, con bajos contenidos de materia orgánica y escasa precipitación pluvial, condiciones que

restringen fuertemente el desarrollo agropecuario (Salinas y Ramos, 2018). Estos factores, sumados a las prácticas agrícolas degradantes, han conducido a suelos erosionados, pobres en nutrientes y con menor capacidad de sostener rendimientos estables.

De persistir el actual manejo agronómico, los rendimientos tenderán a mantenerse bajos o incluso disminuir, lo que limitaría la capacidad de satisfacer la demanda alimentaria de una población en constante crecimiento. Ante este panorama, resulta imperativo generar alternativas de manejo sostenible que contribuyan a la recuperación de la salud del suelo y, con ello, al incremento de la productividad. Según Salinas y Ramos (2018), la aplicación de enmiendas orgánicas y microorganismos eficaces constituye una estrategia capaz de mejorar la estructura edáfica, incrementar la diversidad mineral y biológica, y favorecer la dinámica productiva del sistema.

En consecuencia, el presente estudio se propone evaluar el efecto de tres fuentes nutricionales y microorganismos eficaces sobre el rendimiento de la cultivar Única, con el propósito de identificar la alternativa más adecuada y brindar recomendaciones técnicas a los productores de la región.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Interrogante principal**

¿Cuál es el efecto de tres fuentes nutricionales y Microorganismos Eficaces en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) cultivar Única en el CEA III Los Pichones, Tacna – 2025?

### **1.2.2 Interrogantes secundarias**

¿Cuál es el efecto de tres fuentes nutricionales y Microorganismos Eficaces en el crecimiento vegetativo de papa cultivar Única en el CEA III Los Pichones?

¿Cuál es el efecto de tres fuentes nutricionales y Microorganismos Eficaces en el rendimiento de papa cultivar Única en el CEA III Los Pichones?

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

#### ***1.3.1 Espacio geográfico***

La ejecución del proyecto se realizó en el Centro Experimental Agrícola III “Los Pichones” de propiedad de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, ubicado en la provincia y región de Tacna, a una altitud de 508 msnm.

#### ***1.3.2 Tiempo***

La ejecución del proyecto se realizó en un periodo de 4 meses, de marzo a junio de 2025.

### **1.4 Limitaciones**

En la región de Tacna, no se han llevado a cabo investigaciones sobre el efecto de fuentes nutricionales y microorganismos eficaces en el rendimiento del cultivo de papa. Debido al desconocimiento de sus beneficios, estas prácticas no son consideradas dentro del manejo agronómico por parte de los agricultores.

## **1.5 Justificación**

La papa, considerada a nivel mundial como el tercer cultivo alimenticio más importante para el consumo humano después del arroz y el trigo (MINAM, 2019), constituye una de las principales fuentes de nutrición para la seguridad alimentaria de las familias en todo el mundo. No obstante, factores como la aridez de los suelos desprovistas de materia orgánica, la falta de prácticas adecuadas en el manejo nutricional de los suelos y la quema innecesaria de residuos orgánicos han provocado que los rendimientos en la región de Tacna y en el Perú se encuentren por debajo del promedio mundial y de los países vecinos.

Por lo tanto, el presente estudio de investigación busca evaluar el efecto de tres fuentes nutricionales y microorganismos eficaces en el rendimiento de papa en las condiciones específicas del Centro Experimental Agrícola III Los Pichones.

Los aportes de este trabajo beneficiarán directamente a los agricultores que se dedican a la producción de papa, e indirectamente a los agroexportadores, consumidores, productores de abonos orgánicos, investigadores y académicos.

## **CAPÍTULO II**

### **OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

#### **2.1 Objetivos de investigación**

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

Evaluar el efecto de tres fuentes nutricionales y Microorganismos Eficaces en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) cultivar Única en el CEA III Los Pichones, Tacna – 2025.

##### ***2.1.2 Objetivos específicos***

Evaluar el efecto de tres fuentes nutricionales y Microorganismos Eficaces en el crecimiento vegetativo de papa cultivar Única.

Evaluar el efecto de tres fuentes nutricionales y Microorganismos Eficaces en los componentes del rendimiento de papa cultivar Única.

#### **2.2 Hipótesis de la investigación**

##### ***2.2.1 Hipótesis general***

La aplicación de fuentes nutricionales y Microorganismos Eficaces influyen positivamente en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) cultivar Única, Tacna – 2025.

### **2.2.2 Hipótesis específica**

Al menos una de las fuentes nutricionales y Microorganismos Eficaces tendrá un efecto positivo en el crecimiento vegetativo de papa cultivar Única.

Al menos una de las fuentes nutricionales y Microorganismos Eficaces tendrá un efecto positivo en los componentes del rendimiento de papa cultivar Única.

## **2.3 Variables**

### **2.3.1 Variables independientes (X)**

Tres fuentes nutricionales y Microorganismos Eficaces

### **2.3.2 Variables dependientes (Y)**

1. Altura de planta (cm)
2. Número de brotes (unidad)
3. Numero de tubérculos por planta (unidad)
4. Peso de tubérculos por planta (kg)
5. Rendimiento total (t/ha)
6. Rendimiento comercial (t/ha)

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

#### 3.1 Antecedentes

##### 3.1.1 Antecedentes internacionales

Romero et al. (2000), en su investigación titulada *“Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales”*, realizaron un experimento de campo en Juchitepec, Estado de México, empleando papa variedad Alpha en un regosol eutrico. Se evaluaron gallinaza, vermicomposta y composta en tres niveles (2, 4 y 6 t/ha), combinadas con fertilización mineral de 165-200-300 y 82,5-100-150 (kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O). Los resultados mostraron que la gallinaza aportó mayor cantidad de nutrientes, alcanzando rendimientos totales superiores a 43 t/ha, con un incremento de 1 468 kg de tubérculos por cada tonelada aplicada. En contraste, la vermicomposta produjo menores niveles de rendimiento.

Valverde et al. (2011), en su estudio titulado *“Los abonos orgánicos en la productividad de papa (Solanum tuberosum L.)”* en Ecuador, se plantearon como objetivos evaluar dos fuentes y tres niveles de abonos orgánicos sobre el rendimiento y calidad del tubérculo, así como monitorear su efecto en las

propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo durante dos ciclos de cultivo. La metodología incluyó ensayos en dos localidades. Los resultados evidenciaron que la fertilización química alcanzó los mayores rendimientos (30,77 t/ha en Samaná y 25,75 t/ha en San Jorge). Con la aplicación de 15 t/ha de gallinaza, se obtuvo un rendimiento de 29,60 t/ha en Samaná y 20,50 t/ha en San Jorge, y la aplicación de la misma proporción de compost obtuvo un rendimiento de 24,39 t/ha en Samaná. Además, los abonos mejoraron significativamente las propiedades químicas y biológicas del suelo, manteniendo estables las físicas y potenciando la extracción de macro y micronutrientes.

Quimbita (2024), en su estudio titulado *“Evaluación de tres dosis de fertirriego y dos dosis de gallinaza en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) variedad Superchola en CER Tunshi” en Riobamba, Ecuador*. Se evaluó tres dosis de fertirriego (dosis recomendada, dosis recomendada más el 50%, y dosis recomendada menos el 50%) y un testigo absoluto, combinando con dos dosis de gallinaza (3 t/ha y 2 t/ha) en un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) bifactorial en arreglo de parcelas divididas, con doce tratamientos y cuatro repeticiones. Los resultados obtenidos mostraron que hubo diferencias significativas en cuanto al rendimiento. Los mejores resultados se

obtuvieron con la combinación de la dosis recomendada más el 50% de fertirriego y una dosis de 3 t/ha de gallinaza, alcanzando un rendimiento de 11 t/ha. Además, esta combinación logró los mejores valores en la relación beneficio-costo, con un valor de 1,16, posicionándose como la opción más eficiente para que el cultivo de papa alcance su correcto desarrollo.

Peñaloza et al. (2019), en su investigación titulada "*Fertilización orgánica con tres niveles de gallinaza en cuatro cultivares de papa*", en México, tuvieron como objetivo evaluar el efecto de distintos niveles de gallinaza en el rendimiento y variables morfoagronómicas del cultivo. El estudio se desarrolló bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial 4×4 con 16 tratamientos y tres repeticiones, en parcelas de tres surcos de 4 m × 0,90 m. Se midieron altura de planta, número de tallos, tubérculos por planta, peso de tubérculo y follaje fresco, índice de cosecha, rendimiento por hectárea, diámetro y longitud de tubérculo. Los resultados demostraron que con 4 t/ha de gallinaza, los cultivares Rosita (24,38 t/ha) y Ágata (23,85 t/ha) alcanzaron los mayores rendimientos y biomasa fresca.

### **3.1.2 Antecedentes nacionales**

Vega (2019), en su estudio titulado “*Eficacia de los Microorganismos Eficaces en la ecoeficiencia del cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.) en las condiciones edafológicas y climáticas del distrito de Panao, Huánuco - 2017*”. Evaluó la influencia de diversas dosis de Microorganismos Eficaces en las métricas de crecimiento y rendimiento. El tratamiento T<sub>1</sub>, que consistió en añadir 2 litros de microorganismos viables a 20 litros de agua (10%), dio los mejores resultados agronómicos con un incremento en número de hojas por planta, peso de tubérculos y un rendimiento de 34,47 t/ha, muy superior al de los demás tratamientos.

Pimentel (2016), en su estudio titulado “*Efecto de los Microorganismos Eficaces (EM) en el rendimiento del cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) variedad Yungay en condiciones de Huacrachuco, Huánuco – 2014*”, examinó diversas dosis de EM-1 y EM-Bokashi activados en el crecimiento y la producción. El tratamiento T<sub>8</sub> (10% de EM-1 activado + 30 t/ha de EM-Bokashi) produjo las plantas más altas (70,17 cm), los tubérculos más pesados (23,72 kg/ANE), el mayor peso total (30,20 kg/ANE) y el mayor rendimiento (47 187,50 kg/ha). Esto demuestra que el EM-1 activado es una buena opción para gestionar la nutrición de los cultivos.

Valverde (2016), en su estudio titulado "*Efecto de los Microorganismos Eficaces y los biofertilizantes en el rendimiento de la variedad de papa (Solanum tuberosum L.) Canchan, en las condiciones edafológicas y climáticas de Huacrachuco – Marañón – 2015*", evaluó la combinación de EM-1 activado con compost enriquecido. Los mejores resultados para los tubérculos de primera (3 384,58 kg/ha), segunda (3 411,45 kg/ha) y tercera (3550,00 kg/ha) categoría se obtuvieron con el tratamiento T<sub>15</sub>, que utilizó 2,0 l de EM-1 A y 3 t/ha de compost con EM. Estos mayores rendimientos respaldan la idea de realizar ensayos comparativos con la inoculación en distintas fuentes orgánicas para observar sus beneficios en los resultados.

Tito (2023), en su estudio titulado "*Rendimiento del cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) con la aplicación de fertilizante orgánico inoculado con Microorganismos Eficaces (EM) en suelos infestados con nematodos, en Lliupapuquio San Jerónimo – Andahuaylas*", se evaluó tres dosis de fertilizante orgánico inoculado con EM y un control sin inoculación, utilizando el Diseño de Bloques Completos al Azar con cuatro tratamientos y tres réplicas. Los resultados indicaron que T<sub>3</sub> (15 t/ha de fuente orgánico con EM) produjo el mayor rendimiento de 4,1 t/ha, seguido de T<sub>2</sub> (10 t/ha con EM) con 3,5 t/ha, el

T<sub>1</sub> (5 t/ha con EM) con 1,6 t/ha y el control T<sub>4</sub> con 1,4 t/ha. Estos resultados muestran que EM funciona bien en suelos infestados de nematodos.

Briceño (2024), en su investigación denominada *“Agricultura regenerativa en el cultivo de papa: efecto en el rendimiento, rentabilidad y huella de carbono en la variedad INIA 325-Poderosa”* en Cajamarca, evaluó sistemas de labranza y fertilización orgánica sobre la productividad del cultivo. Se concluyó que los mayores rendimientos total y comercial se alcanzaron en labranza convencional con 20 y 30 cm de mulch Asimismo, en agricultura orgánica, el rendimiento máximo fue de 28,50 t/ha con 4 t/ha de gallinaza sin intercalación (T<sub>6</sub>), mientras que el mínimo correspondió a 17,40 t/ha con 1 t/ha de gallinaza en intercalación.

### **3.2 Fuentes nutricionales**

Serrano et al. (2010) señalaron que la aplicación de fuentes nutricionales es esencial para reponer los nutrientes que se agotan debido a la extracción de cultivos. En este sentido, Pomares (2008) agregó que consiste en aportar enmiendas o fertilizantes, ya sean orgánicos o inorgánicos, para asegurar la obtención de frutos de calidad.

### **3.3 Fertilizantes Químicos**

Finck (1988), definió los abonos artificiales o sintéticos como aquellos fabricados técnicamente en plantas industriales, ya sea mediante la transformación química de productos naturales, como el fósforo (P) y el potasio (K), o por síntesis de materiales elementales, destacando que la mayoría de los fertilizantes nitrogenados se producen de esta manera.

Navarro & Navarro (2014), describieron el fertilizante como un material cuya función esencial es aportar nutrientes a las plantas cuando estos escasean en el suelo. Su aplicación en agricultura y jardinería busca favorecer el crecimiento, incrementar el rendimiento y mejorar la calidad de las cosechas, además de modificar la fertilidad y propiedades del suelo.

Guerrero & Cuello (2000), señalaron que los fertilizantes químicos forman parte del paquete tecnológico de la agricultura convencional, ya que permiten la absorción directa por la planta. Sin embargo, al estar compuestos principalmente por sales, tienden a eliminar los microorganismos presentes en el suelo, afectando su equilibrio biológico y sostenibilidad productiva.

### **3.3.1 Nitrógeno (N)**

Serrano et al. (2010) señalan que el aire es la principal fuente de nitrógeno, ya que las rocas contienen cantidades mínimas. En el suelo, el 90-95% del nitrógeno se encuentra en forma orgánica, la cual no es asimilable por las plantas hasta que se mineraliza. El nitrógeno mineral se presenta como amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), siendo este último el que se absorbe en mayor proporción. Además, destacan que el nitrógeno es un componente esencial de los compuestos orgánicos vegetales, fundamental en la multiplicación celular y un factor clave de crecimiento. Su presencia es indispensable para la síntesis de aminoácidos, proteínas y enzimas, desempeñando un papel determinante en el desarrollo fisiológico y productivo de las plantas.

### **3.3.2 Fósforo (P)**

Bonadeo et al. (2017), explicaron que el fósforo en el suelo se encuentra casi exclusivamente como ortofosfato, derivado del ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ). Los fosfatos provienen de compuestos orgánicos e inorgánicos: en los inorgánicos, los iones de hidrógeno son sustituidos por cationes formando sales, mientras que en los orgánicos se generan enlaces estéricos y reemplazos catiónicos.

Serrano et al. (2010), señalaron que el fósforo estimula el desarrollo radicular, favorece la floración y el cuajado de frutos, además de intervenir en procesos de transporte, almacenamiento y transferencia de energía. Forma parte de fosfolípidos y enzimas, y se considera un factor de precocidad, pues impulsa el crecimiento inicial y acelera la maduración de los cultivos.

### **3.3.3 Potasio (K)**

Serrano et al. (2010), explican que el potasio en el suelo se encuentra principalmente en silicatos derivados de rocas magmáticas como micas y feldespatos. También puede asociarse con la materia orgánica, aunque su mineralización es limitada. Asimismo, está presente en formas iónicas libres en la solución del suelo, adsorbido en el complejo de cambio o fijado en arcillas específicas.

INTAGRI (2017), señala que el potasio se reconoce como el nutriente de calidad en los cultivos, dado su papel esencial en la fotosíntesis, respiración y activación enzimática. Este elemento influye directamente en el crecimiento y en la calidad de frutos y hortalizas. Asimismo, fortalece el sistema radicular, favoreciendo la absorción de agua y nutrientes para el óptimo desarrollo del cultivo.

### **3.3.4 Elementos secundarios**

Cerisola (2015), señala que los elementos secundarios comprenden nutrientes que las plantas requieren en cantidades elevadas y que suelen encontrarse en abundancia en el suelo. Dentro de este grupo se incluyen el calcio, el magnesio y el azufre, esenciales para diversos procesos fisiológicos y para el adecuado desarrollo de los cultivos.

### **3.3.5 Microelementos**

Cerisola (2015), explica que los microelementos u oligoelementos son nutrientes requeridos en pequeñas cantidades por las plantas, entre ellos hierro, manganeso, zinc, cobre, molibdeno, boro y cloro. Aunque todos son esenciales para el desarrollo vegetal, generalmente los suelos contienen niveles adecuados, salvo en condiciones especiales de cultivo o deficiencias particulares.

### **3.4 Abonos orgánicos**

Mosquera (2010), señala que los abonos orgánicos provienen de la degradación y mineralización de materiales como estiércoles, desechos de cocina y pastos verdes, aplicados en suelos agrícolas para potenciar la actividad microbiana. Estos productos aportan materia orgánica, energía y

microorganismos, contribuyendo a la mejora de la fertilidad y productividad del suelo.

Arcos et al. (2020), sostienen que los abonos orgánicos, como estiércol, compost o humus de lombriz, no solo mejoran la estructura del suelo, sino que también incrementan la actividad microbiana, favorecen la retención de agua y fortalecen la tolerancia frente a enfermedades ocasionadas por hongos y nematodos, consolidándose como una práctica agrícola recomendable.

### **3.4.1 El Compost**

García & Félix (2014) definen el compost como un material parcialmente descompuesto por la acción microbiana del suelo, resultante del proceso de compostaje que comprende las fases; mesofílica, termofílica y de maduración. Earth Care (2022) añade que, en este proceso, los microorganismos transforman residuos orgánicos en humus en presencia de oxígeno y agua.

Mosquera (2010) explica que la aplicación de compost optimiza las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, mejorando la aireación y oxigenación, lo que estimula la actividad radicular, potencia la interacción con microorganismos benéficos y favorece el desarrollo del cultivo.

### **3.4.2 La Gallinaza**

Gutiérrez (2022), identificó una relación positiva y significativa entre el uso de estiércol de gallina y la mejora del suelo, señalando que este resulta más sano y apto para la agricultura que aquellos tratados con fertilizantes químicos. Además, su aplicación es aceptada por los agricultores por ser una práctica rentable, productiva y ecológica.

## **3.5 Microorganismos eficaces**

### **3.5.1 La importancia de los microorganismos en el suelo**

Marcelo (2016), destacó que los microorganismos del suelo cumplen un rol esencial en la agricultura y la sostenibilidad global, pues intervienen en la formación, degradación del suelo y en ciclos elementales como carbono, nitrógeno, fósforo, azufre y hierro.

Pedraza et al. (2010), sostienen que comprender mejor las interacciones en la rizosfera permitiría optimizar la absorción de nutrientes mediante selección de plantas, manejo radical o regulación de comunidades microbianas autóctonas e inoculaciones específicas.

Barea et al. (2005), indicaron que los estudios sobre la rizósfera se enfocan en bacterias y hongos, agrupados como degradadores, promotores

de crecimiento y antagonistas de patógenos. Además, los endofíticos colonizan raíces influyendo en la protección y desarrollo vegetal, destacando las bacterias fijadoras de nitrógeno y los hongos micorrícicos.

Garro (2016), señaló que en la rizosfera habitan bacterias, hongos y actinomicetos que aprovechan excreciones radiculares como azúcares, aminoácidos y hormonas, utilizándolos como energía. A cambio, liberan enzimas, proteínas y antibióticos que nutren y protegen a la planta. Cuando esta está bien nutrida, genera secreciones óptimas que intensifican la flora microbiana y suprimen patógenos.

### ***3.5.2 Origen de la tecnología de Microorganismos Eficaces***

Eeaitaj (2013), reporta que la Tecnología de Microorganismos Eficaces (EM) fue desarrollada en Japón por Teruo Higa desde 1982 en la Universidad de Ryukyus. Este consorcio microbiano, obtenido tras aislar y combinar microorganismos benéficos con alta capacidad antioxidante, se planteó como alternativa natural a pesticidas químicos, con múltiples aplicaciones agrícolas y ambientales.

### **3.5.3 Composición de los Microorganismos Eficaces**

Tanya & Leiva (2019), señalan que los EM están conformados por cinco grupos principales: bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetos y hongos filamentosos fermentativos, los cuales actúan en conjunto para mejorar procesos de fermentación, control biológico y descomposición de materia orgánica en los sistemas agrícolas.

Oisca (2009) señala que las bacterias fotosintéticas transforman compuestos malolientes en ácidos inocuos, y los lactobacilos aceleran el compostaje y controlan patógenos. Además, las levaduras producen sustancias similares a hormonas naturales, impulsando el crecimiento y desarrollo vegetal. Esto subraya la relevancia de los EM en la agricultura sostenible.

### **3.5.4 Beneficios de los Microorganismos Eficaces.**

Tanya & Leiva (2019), sostienen que los Microorganismos Eficaces (ME) poseen amplias aplicaciones agrícolas, pues mejoran la germinación, floración, desarrollo de frutos y biomasa, además de optimizar la estructura y fertilidad del suelo. Asimismo, incrementan la capacidad fotosintética, absorción de agua y nutrientes, reducen el tiempo de la maduración de materia orgánica y del compost y ayudan a suprimir agentes fitopatógenos.

Oisca (2009) explica que las aplicaciones foliares con EM activado previenen enfermedades al reducir patógenos. Además, al no utilizar plaguicidas químicos, se favorece la proliferación de hongos entomopatógenos y otros organismos benéficos, lo que contribuye al control biológico de insectos y disminuye significativamente la incidencia de plagas en los cultivos, fortaleciendo así la agricultura sostenible y regenerativa.

### **3.5.5 Activación de los Microorganismos Eficaces.**

OISCA (2009), indica que un litro de EM genera 20 litros de EM activado, cuya preparación requiere 5% melaza, 5% de EM y 90% agua en recipientes plásticos herméticos, fermentados entre 25 a 40 °C por 7 a 10 días. Debe liberarse gas a los 4 a 5 días, resultando un producto agridulce con pH menor de 3,8. El EM activado, puede conservarse como máximo hasta 60 días.

## **3.6 Generalidades del cultivo de papa**

### **3.6.1 Procedencia**

Tapia & Fries (2007) señalan que la papa (*Solanum tuberosum* L.) tiene su origen en los Andes, específicamente en el sur de Perú y Bolivia, que son los principales centros de domesticación. Este tubérculo es un alimento

esencial para miles de familias campesinas andinas y millones de personas en todo el mundo, destacando su importancia cultural y alimenticia.

El MINAGRI et al. (2017) indica que el banco de germoplasma del CIP, el más grande a nivel global, registra más de 4 000 variedades de papa cultivada, de las cuales cerca de 3 000 son del Perú, representando solo una parte de la amplia diversidad aún conservada en comunidades altoandinas. Además, el MINAGRI (2009) destaca que el valor de las papas peruanas reside en su riqueza nutritiva, diversidad de formas, colores, sabores y texturas, convirtiéndolas en un recurso agrícola de gran relevancia.

### **3.6.2 Clasificación taxonómica**

Según INIA (2000), la descripción taxonómica de la papa es la siguiente:

Familia: Solanaceae

Género: Solanum

Subgénero: Potatoe

Sección: Petota

Serie: Tuberosa

Especie: Tuberosum

Nombre Científico: *Solanum tuberosum* L.

Nombre Común: Papa

### **3.6.3 Descripción botánica**

#### **3.6.3.1 Raíz**

Carillanca (2017), señala que, a diferencia de otros cultivos, la papa presenta un sistema radicular frágil, lo que exige suelos con condiciones físicas y químicas óptimas para su desarrollo. Este sistema puede variar desde raíces delicadas y superficiales hasta estructuras más fibrosas y profundas, dependiendo de factores ambientales y genéticos.

#### **3.6.3.2 Tallos y hojas**

Méndez (2009), describe a la papa como una planta herbácea cuyo crecimiento puede ser arrosetado, rastrero, decumbente o erecto. Presenta tallos, estolones y tubérculos; las yemas de los tallos pueden originar estructuras laterales, inflorescencias o tubérculos aéreos. Sus hojas son compuestas imparipinnadas con pecíolos, peciólulos, folíolos sésiles y seudoestípulas en la base.

#### **3.6.3.3 Tubérculos**

Sherwood (2018) señala que los tubérculos de papa, tallos modificados para almacenar reservas, varían en forma (redonda, ovalada u oblonga) y color de piel y carne (blanco, crema, amarillo, rojo, morado o bicolors), presentando

una médula central y pulpa clara en cultivares comerciales, a diferencia de las variedades primitivas, que exhiben colores intensos. Con respecto al proceso de tuberización, Abeytilakarathna (2022) afirma que es un proceso complejo que consta de la formación de estolones y la tuberización propiamente dicha, el cual se inicia entre los 29 días (en variedades muy precoces) y los 36 días después de la siembra.

#### **3.6.3.4 Brotes y estolones**

Inostroza et al. (2009), explican que los brotes de papa emergen de las yemas en los ojos del tubérculo, mostrando coloraciones variables. El ápice origina hojas, mientras la base genera raíces y estolones tras la siembra. Estos estolones pueden formar tubérculos al engrosar su extremo, aunque algunos evolucionan en tallos aéreos.

#### **3.6.3.5 Inflorescencia, fruto y semilla**

Coro (2018) indica que la floración de la papa, regulada por el fotoperiodo y la temperatura, se caracteriza por flores hermafroditas y pentámeras, usualmente terminales y en racimos, con pétalos y sépalos de diversos colores. Yara (2020) añade que el fruto es una baya carnosa, redonda u ovalada, de color verde amarillento, que contiene entre 200 y 300 semillas,

cuyo uso en cultivos comerciales se limita al mejoramiento genético, a pesar de la posibilidad de obtenerlos desde híbridos de semilla sexual.

#### ***3.6.4 Potencial nutricional de la papa***

Burgos & Hann (2019), destacan que la papa contiene 16-20% de carbohidratos, principalmente almidón, además de proteínas de calidad, vitamina B6, potasio y antioxidantes. Todas las variedades aportan vitamina C y ácido clorogénico, mientras que la luteína y zeaxantina ayudan a prevenir enfermedades. Las papas de pulpa morada y roja sobresalen por su riqueza en antocianinas.

#### ***3.6.5 Fisiología de la papa***

Wiersema (2002), señala que las condiciones fisiológicas de los tubérculos-semillas determinan la emergencia y el crecimiento del cultivo, pudiendo incluso ocasionar el fracaso total si no alcanzan el estado adecuado. Durante su desarrollo, los tubérculos atraviesan fases específicas: reposo, dominancia apical, brotamiento múltiple y senectud, cada una con efectos sobre el rendimiento.

### **3.6.5.1 Reposo y dominancia apical**

Según Grandón (1985), la dormancia en tubérculos es la inactividad de las yemas desde la cosecha, con duración variable según la variedad, temperatura de conservación y otros. A esta fase le sigue la dominancia apical, donde la yema apical inhibe el crecimiento de las laterales. Al eliminar la yema apical, se puede permitir el crecimiento de las demás yemas.

### **3.6.5.2 Brotamiento múltiple y senectud**

Wiersema (2002), señala que, tras la dominancia apical, los tubérculos alcanzan el estado de brotamiento múltiple, considerado el óptimo para la siembra. Posteriormente, en la senectud aparecen brotes excesivamente ramificados, alargados y débiles, incluso con minitubérculos, lo que limita la productividad. Este deterioro puede retrasarse mediante la producción y almacenamiento de tubérculos-semilla a bajas temperaturas.

## **3.7 Requerimientos edafoclimáticos**

Egusquiza & Catalán (2011), destacan que el suelo constituye el medio esencial del cual la papa obtiene agua y nutrientes. Asimismo, factores climáticos como la radiación solar, la temperatura y la pluviosidad influyen de manera determinante en el desarrollo y productividad del cultivo.

### **3.7.1 Clima**

Según MINAGRI (2019), la papa requiere temperaturas de 17 a 25 °C durante la emergencia, de 15 a 25 °C en el crecimiento vegetativo y de 14 a 20 °C para la tuberización. Temperaturas inferiores a 15 °C retrasan el desarrollo de los brotes, mientras que superiores a 28 °C inhiben la tuberización. Además, necesita entre 10 y 12 horas diarias de sol, y una humedad relativa por encima del 80% favorece la presencia de enfermedades foliares como la racha y la alternaria.

### **3.7.2 Suelo y Agua**

MINAGRI (2019), indica que la papa prospera en suelos franco arenosos y francos, profundos, bien drenados y estructurados, con una pendiente menor al 8%. El pH óptimo se ubica entre 5,5 y 6,5. Asimismo, recomienda un contenido de materia orgánica superior al 4% para asegurar un adecuado desarrollo radicular y de estolones.

## **3.8 Manejo agronómico de la papa**

### **3.8.1 Preparación del terreno y la siembra**

Para la preparación del terreno, Arcos et al. (2020) recomiendan una rotación de cultivos en el orden de papa, quinua, cereal y leguminosa para

optimizar la fertilidad y prevenir plagas. Además, sugieren preparar el terreno mediante roturación, rastrillado, nivelación y la creación de surcos separados de 0,9 a 1 metro para asegurar una emergencia vigorosa de las plantas.

Para la siembra, Mamani (2019), recomienda el uso de tubérculos-semilla con pesos que oscilen entre 60 a 79 g (segunda) o de 80 a 100 g (primera). Por su parte, Cherlinka (2024) sugiere sembrar los tubérculos a una profundidad de 6 a 8 cm en la mayoría de los suelos, y hasta 10 cm en suelos arenosos. Para variedades de tamaño medio, recomienda una separación de hileras de 76 a 91 cm, con una distancia entre tubérculos de 22 a 30 cm.

### **3.8.2 Fertilización y/o abonamiento**

Arcos et al. (2020) indican que la nutrición de la papa requiere fertilizantes y/o abonos orgánicos, sugiriendo aplicar al momento de la siembra el 50% del nitrógeno y el 100% del fósforo y potasio (sin contacto directo con los tubérculos), reservando el resto del nitrógeno para el primer aporte. Bastos (2006) define el abonamiento como la aplicación de nutrientes de residuos orgánicos ricos en materia orgánica y elementos químicos, como estiércol, compost, humus, abono verde y guano, recomendando 10-20 t/ha (100-200 sacos).

### **3.8.3 Aporque y control de malezas**

Según Arcos et al. (2020), el aporque consiste en acumular 6 a 8 cm de tierra en la base de los tallos formando camellones y surcos, lo que permite controlar malezas y reducir competencia por recursos. Tras 20 a 25 días se realiza un segundo aporque, elevando el camellón, protegiendo raíces y favoreciendo el desarrollo de tubérculos.

### **3.8.4 Principales plagas en el cultivo de la papa**

Egúsquiza (2013) señala que múltiples insectos afectan al cultivo actuando como comedores, minadores, barrenadores o picadores-chupadores en hojas, tallos y tubérculos. Entre los más dañinos destacan el gorgojo de los Andes (*Premnotrypes* spp.), polillas (*Phthorimaea operculella*), pulguilla (*Epitrix*), trips (*Frankliniella tuberossi* M.) y mosca minadora (*Liriomyza* spp.).

### **3.8.5 Principales enfermedades del cultivo de papa**

Méndez et al. (2009) mencionan a *Synchytrium endobioticum* (verruca), *Spongospora subterranea* (roña), *Streptomyces scabies* (sarna común), *Helminthosporium solani* (sarna plateada), *Fusarium* spp. (pudrición seca), *Rhizoctonia solani* (rizoconiosis), *Erwinia carotovora* (pie negro), *Botrytis cinerea* (pudrición gris), *Alternaria solani* (tizón temprano) y *Phytophthora infestans* (tizón tardío), además de virus transmitidos por *Myzus persicae*.

### **3.8.6 Cosecha, postcosecha**

Arcos et al. (2020) Señalan que la cosecha se realiza cuando los tubérculos ya no se pelan al frotarlos. En parcelas familiares se usa pequeñas azadas, y en áreas mayores, con maquinaria. Los tubérculos deben curarse de 15 a 20 días en ambientes protegidos para su selección y clasificación.

### **3.8.7 Clasificación comercial**

Pérez (1978), Distribuye los tubérculos en cinco categorías: primera (80–150 g), segunda (40–80 g), tercera (20–40 g), cuarta (<20 g) y cero (>150 g).

### **3.8.8 Rendimiento**

Según el MIDAGRI (2025), el rendimiento promedio de papa en Perú alcanzó a 17,3 t/ha en 2023 y 19,4 t/ha en 2024, mostrando una mejora productiva. Tacna, por su parte, tuvo 19,9 t/ha en 2023 y 18,6 t/ha en 2024, indicando una ligera disminución en su producción.

### **3.8.9 Cultivar Única**

Según Gutiérrez et al. (2007), el cultivar Única, desarrollado entre los años 1991 y 1998 por el Centro Internacional de la Papa (CIP) y la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica, sobresale por su resistencia a *Phytophthora infestans* y al virus PVY, su tolerancia al calor, su resistencia

moderada a *Meloidogyne spp.*, su precocidad y su estabilidad, siendo apta tanto para consumo fresco como para procesamiento industrial.

### **3.8.10 Características morfológicas de cultivar Única**

Gutiérrez et al. (2007) describen a la Única como una planta herbácea erecta, con tallos gruesos verde oscuro y hojas compuestas disectadas. La floración varía según la altitud y estación: moderada en primavera en la costa, escasa en invierno en la costa y ausente en la sierra, con flores violetas. Sus tubérculos son oblongos y alargados, con ojos superficiales (semi-profundos en el ápice), piel roja a rosada (más clara en la costa en primavera y roja en la sierra), pulpa crema y un contenido de sólidos del 22-23%. Los estolones son alargados en invierno y en la sierra, pero más cortos en primavera.

### **3.8.11 Comportamiento agronómico de cultivar Única**

Su comportamiento agronómico según Gutiérrez et al. (2007) se caracteriza por una dormancia de 40-50 días y un ciclo vegetativo precoz (70-90 días en la sierra, 90-110 días en la costa). Alcanza un alto rendimiento potencial (50 t/ha), logrando rendimientos comerciales de 40 t/ha. Su estabilidad, tolerancia a sales y a temperaturas cálidas le permiten adaptarse a diversos climas de la costa peruana, facilitando la programación de siembras y cosechas en un amplio rango de altitudes (80 a 3 800 msnm).

## **CAPÍTULO IV**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **4.1 Tipo, nivel y enfoque estadístico**

La investigación fue de tipo aplicada, se desarrolló a un nivel experimental y adoptó un enfoque cuantitativo.

#### **4.2 Del campo experimental**

##### ***4.2.1 Ubicación del campo experimental***

El presente estudio se llevó a cabo en el Centro Experimental Agrícola III 'Los Pichones', perteneciente a la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, ubicado en la provincia y región de Tacna. Geográficamente está localizada a una altitud de 508 msnm, con coordenadas de 17° 59' 38" de latitud sur y 70° 14' 22" de longitud oeste.

##### ***4.2.2 Historial del campo experimental***

En campañas previas se cultivaron: tomate (*Lycopersicum esculentum*), cebolla (*Allium cepa*) y vainita (*Phaseolus vulgaris* L.), respectivamente. En el manejo agronómico del tomate y la cebolla, se aplicaron fertilizantes químicos como urea, fosfato diamónico y sulfato de potasio. En contraste, durante la última campaña, en el cultivo de vainita solo se utilizaron abonos orgánicos.

### 4.2.3 Análisis de caracterización del suelo

El análisis de las características físico-químicas del suelo se realizó en la Central de Análisis de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann . Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1**

#### *Análisis físico-químico de suelo*

Análisis físico-químico	Unidad	Valor	Interpretación
Clase textural	—	(Fr. A)	Franco Arenoso
CO <sub>3</sub> Ca	%	0%	Deficiente
pH	—	5,75	Mod. ácido
Conductividad (CE)	mS/cm	9,14	Muy salino
MO	%	0,76	Deficiente
N	%	0,10	Deficiente
P	ppm	11,09	Normal
K	ppm	199,87	Excesivo
CIC	meq/100 g	17,68	Medio
Ca <sup>2+</sup>	meq/100 g	11,6	—
Mg <sup>2+</sup>	meq/100 g	2,31	—
K <sup>+</sup>	meq/100 g	0,28	—
Na <sup>+</sup>	meq/100 g	0,74	—
Al <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup>	meq/100 g	2,75	—
PSI	%	4,19	Bajo

Nota. Elaboración propia a partir del análisis de suelo completo en [Anexo 8](#).

El análisis de la muestra de suelo M-01 (código 105 024) reveló una textura franco arenosa con una proporción de 69,84% de arena, 4,16% de arcilla y 26,00% de limo. El contenido de carbonato de calcio resultó en 0,00%, valor calificado como deficiente. El pH del suelo fue de 5,75, indicando una condición moderadamente ácida, mientras que la conductividad eléctrica alcanzó 9,14 mS/cm, sugiriendo alta salinidad.

La materia orgánica registró 0,76% (deficiente), y el nitrógeno total 0,10%, también deficiente. El fósforo disponible fue de 11,09 ppm, en rango normal, y el potasio alcanzó 199,87 ppm, considerado excesivo.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) fue de 17,68 meq/100 g. Entre los cationes intercambiables, el calcio alcanzó 11,60 meq/100 g (alto), el magnesio 2,31 meq/100 g (medio), el potasio 0,28 meq/100 g (medio) y el sodio 0,28 meq/100 g (alto). La saturación de bases fue del 84,45% y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) del 4,19% (bajo).

En conjunto, el suelo evaluado presenta textura franco arenosa, sin carbonato de calcio, pH moderadamente ácido, alta salinidad, bajos niveles de materia orgánica y nitrógeno, fósforo normal, potasio excesivo, CIC media, alta saturación de bases y bajo PSI.

#### 4.2.4 Análisis químico de abonos orgánicos

El análisis químico de la gallinaza se realizó en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna. Los datos del compost y abono de fondo provienen de Condori (2023) y Anchivilca (2018), respectivamente. Los resultados se ilustran en la Tabla 2.

**Tabla 2**

#### *Análisis químico de abonos orgánicos*

Parámetro	Unidades	Gallinaza <sup>1</sup>	Compost <sup>2</sup>	Estiercol de ovino <sup>3</sup> (Abono de fondo)
pH	1:1	7,10	7,29	8,70
CE	mS/cm	5,63	3,97	5,49
Humedad	%	-	33,03	10,67
Materia orgánica M.O.	%	23,70	16,33	78,13
Nitrógeno total (N)	%	1,19	1,20	2,27
Fósforo total (P)	%	1,84	0,44	0,34
Potasio total (K)	%	0,66	0,30	1,54
Calcio total (Ca)	%	0,34	0,81	3,19
Magnesio total (Mg)	%	0,09	0,32	0,99
Carbono (C)	%	13,75	9,47	-

Nota: <sup>1</sup>Análisis de laboratorio (fuente completa en el [Anexo 9](#)).

<sup>2</sup>Adaptado de Condori (2023).

<sup>3</sup>Adaptado de Anchivilca (2018).

Los análisis de los abonos orgánicos revelan un pH ligeramente alcalino en el compost (7,29) y la gallinaza (7,10), y moderadamente alcalino en el estiércol de ovino (8,70). La concentración de sales (CE) indica ligera salinidad en compost (3,97 mS/cm), mientras que la gallinaza (5,63 mS/cm) y el estiércol de ovino (5,49 mS/cm) resultan moderadamente salinos.

En cuanto a los macronutrientes, la gallinaza presenta un aporte de 1,19% de nitrógeno, 1,84% de fósforo y 0,66% de potasio, en comparación con el compost (1,20% N, 0,44% P y 0,30% K) y el estiércol de ovino (2,27% N, 0,34% P y 1,54% K). Los tres abonos contribuyen con calcio y magnesio, aunque en distintas proporciones.

Además, Pacaya (2021) en su investigación registró que la gallinaza contiene proporciones considerables de micronutrientes esenciales como hierro, cobre, zinc, manganeso, boro, vitales para el desarrollo y la salud de las plantas.

Para fines del presente trabajo, el estiércol de ovino se utilizó como abono de fondo en una menor proporción de manera uniforme, mientras que la gallinaza y compost se utilizaron como fuentes nutricionales en los tratamientos.

#### **4.2.4 Comportamiento climático**

El comportamiento climático durante el periodo experimental fue monitoreado a través de los registros emitidos por la estación meteorológica “Jorge Basadre”, ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Esta información incluyó las temperaturas mínimas y máximas, así como los valores de humedad relativa y precipitaciones. Cabe señalar que las precipitaciones no ejercieron influencia sobre el desarrollo del cultivo, debido a su ausencia durante el ciclo evaluado. Los datos climáticos se detallan en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Registro de datos climáticos durante el periodo de investigación*

Año / Mes / Día	Temperatura (°C)		Humedad Relativa (%)	Precipitación
	Max	Min		(mm/día) Total
Marzo	27,53	17,68	69,48	0,00
Abril	24,53	15,08	75,44	0,00
Mayo	21,45	13,93	79,52	0,01
Junio	19,30	12,12	83,35	0,17

Nota. Reporte de la estación meteorológica Jorge Basadre, Tacna. (SENAMHI, 2025)

Según la estación meteorológica Jorge Basadre, el periodo experimental de marzo a junio de 2025 presentó condiciones agroclimáticas estables y favorables para el cultivo.

La temperatura máxima varió entre 27,53 °C (marzo) y 19,30 °C (junio), mostrando una tendencia descendente con el avance de la campaña hacia el invierno. Las temperaturas mínimas siguieron un patrón similar, disminuyendo de 17,68 °C (marzo) a 12,12 °C (junio). Estos rangos térmicos se mantuvieron dentro de los límites óptimos para el cultivo de papa, que se favorece entre 15 y 25 °C, con mínimas no inferiores a 10 °C.

La humedad relativa mostró un aumento progresivo a lo largo del periodo, registrando un promedio de 69,48% en marzo y aumentando a 83,35% en junio. Este incremento podría estar asociado a la menor evaporación debido al descenso térmico. Estos niveles de humedad contribuyeron a mantener un balance hídrico adecuado, aunque habrían representado un riesgo en caso de lluvias, lo cual no ocurrió.

En cuanto a la precipitación, no se registraron lluvias en marzo y abril (0,00 mm/día). En mayo se reportó un valor mínimo de 0,01 mm/día, y en junio alcanzó apenas a 0,17 mm/día. Esta escasa precipitación confirma que el suministro hídrico dependió totalmente del sistema de riego por goteo.

### **4.3 Material experimental**

#### **4.3.1 Material biológico**

Se utilizó semilla tubérculo de papa, cultivar Única. Seleccionado por su destacada capacidad de adaptación a las condiciones agroclimáticas de la región de Tacna, así como por su elevado potencial productivo.

Para el desarrollo del presente estudio, se emplearon tubérculos semilla con un peso aproximado de entre 80 a 100 gramos, tomando en cuenta las recomendaciones de Mamani (2019).

#### **4.3.2 Fuentes nutricionales**

- **Fuente química:** Se empleó la urea (46% N) y fosfato diamónico (18% N y 46%  $P_2O_5$ ) con un aporte nutricional de 220–220–0 de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$ , respectivamente.
- **Compost:** Elaborado con estiércol de vacuno y restos orgánicos en CEA III Los Pichones, se incorporó al fondo de los surcos a razón de 15 t/ha, aportando 24–10–65 de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$ , respectivamente.
- **Gallinaza:** Se obtuvo el estiércol seco de una granja de gallinas ponedoras en el distrito de Calana, se incorporó a los surcos a razón de 15 t/ha, aportando 80–126–54 de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$ , respectivamente.

### **4.3.3 *Microorganismos Eficaces***

Se emplearon microorganismos eficaces (EM) de dos tipos: EM compost (para aplicación al suelo) y EM-1 (para aplicación foliar). Ambos productos son elaborados y distribuidos en Perú por Bioem SAC.

## **4.4 Variables de respuesta**

La recolección de datos de las variables agronómicas se llevó a cabo directamente en campo y durante la cosecha, utilizando instrumentos de precisión.

### **4.4.1 *Altura de planta (cm)***

La altura de las plantas se midió a los 20, 40, 60 y 80 días después de la siembra, utilizando una wincha metálica milimetrada. Se midió desde la base del tallo (a nivel del suelo) hasta el punto más alto del eje apical, seleccionando al azar 10 plantas por unidad experimental.

### **4.4.2 *Número de brotes (unidad)***

El número de brotes se evaluó a los 20 y 40 días después de la siembra, tomando las 10 plantas seleccionadas con anterioridad por cada unidad experimental y se cuantificó visualmente el número total de brotes presentes en cada planta.

#### **4.4.3 Número de tubérculos por planta**

Durante la cosecha, se extrajeron las 10 plantas seleccionadas de cada unidad experimental en bolsas independientes. Luego se contabilizaron uno a uno, anotando las cantidades en fichas de campo.

#### **4.4.4 Peso de tubérculos por planta (kg)**

Los tubérculos cosechados de cada unidad experimental (10 plantas) se pesaron individualmente en una balanza digital. Los valores obtenidos se registraron en hojas técnicas para su posterior procesamiento.

#### **4.4.5 Rendimiento total (t/ha)**

El rendimiento total se obtuvo pesando la producción de tubérculos de cada unidad experimental en una balanza digital de plataforma (precisión  $\pm 0,05$  kg). Luego, los valores fueron proyectados a hectárea utilizando una fórmula de conversión basada en el área efectiva de la parcela por cada tratamiento.

#### **4.4.6 Rendimiento comercial (t/ha)**

Los tubérculos cosechados se clasificaron en categorías comerciales (primera, segunda y tercera) según su tamaño y sanidad externa, utilizando balanza digital. El peso total se proyectó a rendimiento por hectárea (t/ha).

#### 4.5 Diseño experimental

Se empleo el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), considerando 6 tratamientos y 3 repeticiones.

Para determinar la respuesta se empleó el siguiente modelo aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

- $Y_{ij}$  = Son las observaciones obtenidas en la  $j$ -ésima vez que se repite el experimento, con el tratamiento  $i$ -ésimo.
- $\mu$  = Media general
- $t_i$  = Efecto del tratamiento  $i$
- $\beta_j$  = Efecto del Bloque  $j$
- $\epsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental que se presenta al efectuar la  $j$ -ésima observación del  $i$ -ésimo tratamiento.

## 4.6 Tratamientos en estudio

### 4.6.1 Descripción de los tratamientos en estudio

Para fines del presente trabajo, se utilizó tres Fuentes Nutricionales (Fuente Química (FQ), Compost (CO) y Gallinaza (GA)) y la aplicación de Microorganismos Eficaces (EM), cuya distribución en los tratamientos queda ilustrado en la Tabla 4.

**Tabla 4**

#### *Descripción de los tratamientos de estudio*

Fuentes nutricionales	Abreviación	Aporte nutricional N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O	Tratamiento
Fuente Química	FQ	220-220-0	T <sub>1</sub>
Fuente Química + EM*	FQ + EM*	220-220-0	T <sub>2</sub>
Compost (15 t/ha)	CO	24-10-65	T <sub>3</sub>
Compost (15 t/ha) + EM*	CO + EM*	24-10-65	T <sub>4</sub>
Gallinaza (15 t/ha)	GA	80-126-54	T <sub>5</sub>
Gallinaza (15 t/ha) + EM*	GA + EM*	80-126-54	T <sub>6</sub>

Nota. \* = Microorganismos Eficaces (EM) activado, aplicado a 10% de solución

## **4.7 Características del área experimental**

### **4.7.1 Área experimental**

- Largo de la parcela experimental : 21 m
- Ancho de la parcela experimental : 18 m
- Área total de la parcela experimental : 378 m<sup>2</sup>
- Largo neto de la parcela experimental : 18 m
- Ancho neto de la parcela experimental : 10,8 m
- Área neta de la parcela experimental : 194,4 m<sup>2</sup>

### **4.7.2 Bloque experimental**

- Largo neto del bloque experimental : 10,8 m
- Ancho neto del bloque experimental : 6 m
- Área neta total del bloque experimental : 64,8 m<sup>2</sup>

### **4.7.3 Unidad experimental**

- Largo neto de la unidad experimental : 6 m
- Ancho neto de la unidad experimental : 1,8 m
- Área neta por unidad experimental : 10,8 m<sup>2</sup>
- Número de surcos por unidad experimental : 2 (40 plantas)

#### 4.7.4 Distanciamiento de siembra

- Distanciamiento entre plantas para : 0,30 m
- Distanciamiento entre surco : 0,90 m.
- Número de plantas por parcela experimental : 720
- Densidad de siembra (plantas/ha) : 37 037

#### 4.8 Aleatorización y distribución de tratamientos

La distribución de los tratamientos en la parcela experimental se realizó de forma aleatoria, conforme a la disposición ilustrada en la Tabla 5.

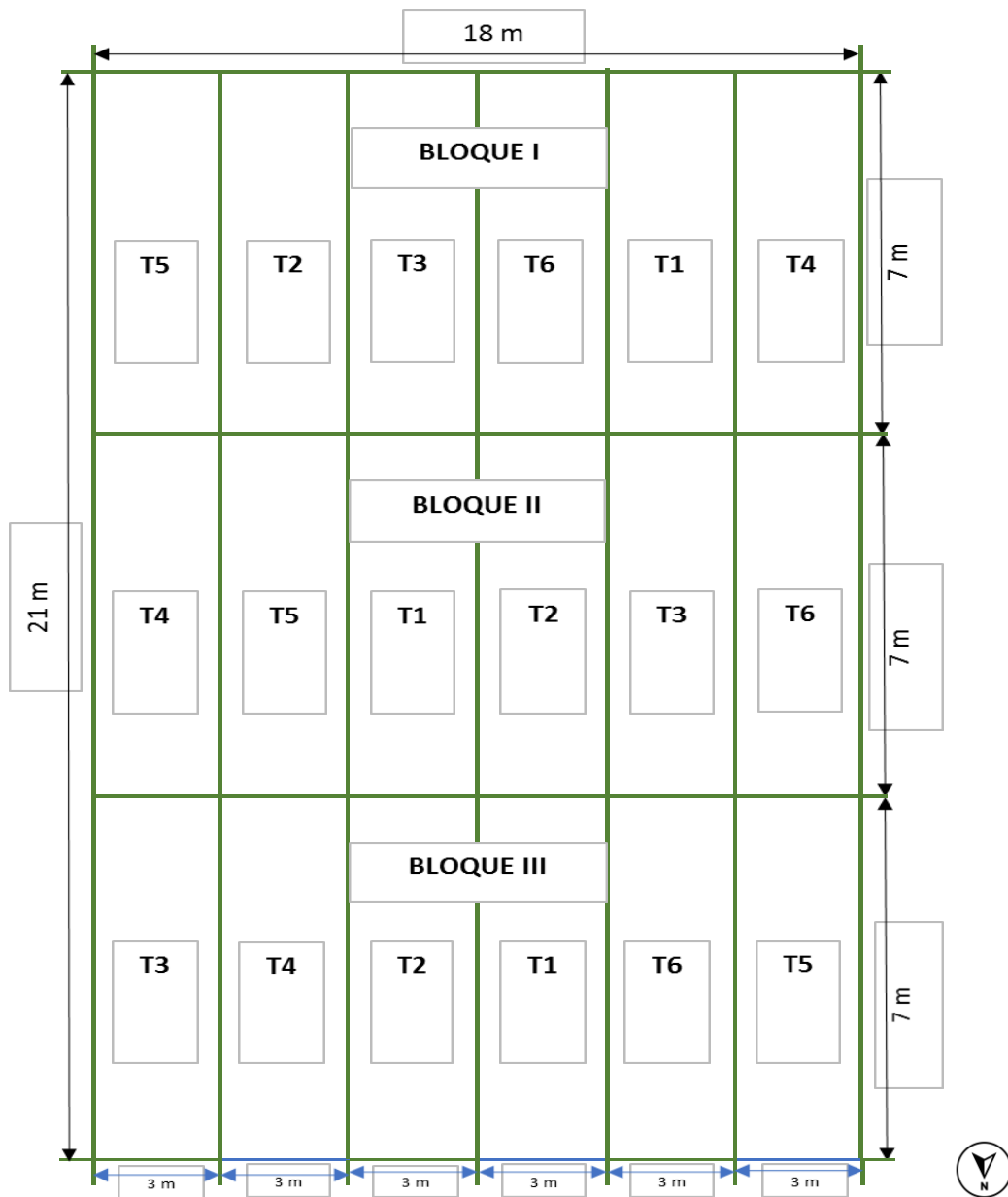
**Tabla 5**

*Aleatorización y distribución de tratamientos.*

Muro de concreto								
Cultivo de cebolla	BI	T <sub>5</sub> GA	T <sub>2</sub> FQ + EM	T <sub>3</sub> CO	T <sub>6</sub> GA + EM	T <sub>1</sub> FQ	T <sub>4</sub> CO + EM	Zapallito italiano
	BII	T <sub>4</sub> CO + EM	T <sub>5</sub> GA	T <sub>1</sub> FQ	T <sub>2</sub> FQ + EM	T <sub>3</sub> CO	T <sub>6</sub> GA + EM	
	BIII	T <sub>3</sub> CO	T <sub>4</sub> CO + EM	T <sub>2</sub> FQ + EM	T <sub>1</sub> FQ	T <sub>6</sub> GA + EM	T <sub>5</sub> GA	
Camino								

**Nota:** T<sub>1</sub> (FQ) = Fuente Química, T<sub>2</sub> (FQ+EM) = Fuente Química + Microorganismos Eficaces, T<sub>3</sub> (CO) = Compost, T<sub>4</sub> (CO+EM) = Compost + Microorganismos Eficaces, T<sub>5</sub> (GA) = Gallinaza y T<sub>6</sub> Gallinaza (GA) + Microorganismos Eficaces.

#### 4.9 Croquis del experimento



**Figura 1**

*Delimitación del área experimental*

## **4.10 Conducción del experimento**

### ***4.10.1 Preparación del terreno***

La preparación del terreno se llevó a cabo durante los primeros diez días de marzo de 2025. Inicialmente, se realizó una limpieza general de la parcela experimental, seguida de la instalación de cintas de riego por goteo. A continuación, se aplicó un riego de machaco para desplazar la presencia de sales y facilitar la trabajabilidad del suelo. Posteriormente, se removió el terreno manualmente para mejorar la aireación y eliminar mecánicamente huevos, larvas y pupas de insectos presentes en la superficie. También se retiraron las malezas y el material vegetal no deseado. Finalmente, se abrieron los surcos y se incorporaron; el abono de fondo (estiércol de ovino) y los insumos nutricionales para cada tratamiento, según el diseño experimental.

### ***4.10.2 Aporte de nutrientes al suelo***

El aporte de nutrientes para el cultivo, provino tanto de fuentes inherentes al suelo como de fuentes orgánicas (estiércol de ovino, compost y gallinaza) y químicas (urea y fosfato diamónico). Para evaluar las cantidades aportadas, se consideraron los análisis físico-químicos del suelo y de los abonos orgánicos utilizados. Los resultados de esta evaluación se presentan en la Tabla 6.

**Tabla 6***Resultado de la evaluación de aportes de NPK al suelo*

Fuente de nutrientes	Unidades	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Capa arable (3000 t/ha)	kg/ha	21,00	22,85	253,45
Abono de fondo (5 t/ha)	kg/ha	40,56	7,06	33,23
Compost (15 t/ha)	kg/ha	23,99	9,73	65,48
Gallinaza (15 t/ha)	kg/ha	80,33	126,37	53,8
Fuente Química	kg/ha	220	220	0

**a) Tratamientos con Fuente Química (FQ: T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>):**

En los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> se utilizaron fertilizantes químicos (FQ) de acuerdo a los resultados del análisis de suelo (Tabla 1), que reveló un pH de 5,75 (moderadamente ácido), materia orgánica de 0,76% y nitrógeno mineral de 0,10% (deficientes), fósforo disponible de 11,09 ppm (normal) y potasio disponible de 199,87 ppm (excesivo).

Para determinar la presencia de nutrientes disponibles en el suelo, primero se calculó el peso de la capa arable. Con una densidad aparente de  $1,5 \text{ g/cm}^3$  y una profundidad de  $0,20 \text{ m}$ , se obtuvo un resultando de  $3\,000 \text{ t/ha}$ . Luego, se calcularon los nutrientes elementales por hectárea a un porcentaje de disponibilidad anual de  $35\%$  para N y K, y  $30\%$  para P. Posteriormente, se convirtieron el fósforo y el potasio a unidades de fertilizantes ( $\text{P}_2\text{O}_5$  y  $\text{K}_2\text{O}$ ), obteniéndose  $21,00 \text{ kg/ha}$  de N,  $22,85 \text{ kg/ha}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  y  $253,45 \text{ kg/ha}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

La fertilidad inicial del suelo, determinada por la suma del aporte de la capa arable y el abono de fondo (estiércol de ovino), fue de  $61,56 \text{ kg/ha}$  de N,  $29,91 \text{ kg/ha}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  y  $286,68 \text{ kg/ha}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . Al aplicar la capacidad extractiva del cultivo de papa según Pinedo & Olivas (2023) ( $3,31 \text{ kg/ha}$  de N,  $0,58 \text{ kg/ha}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  y  $5,22 \text{ kg/ha}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  por tonelada de producción) para un rendimiento esperado de  $45 \text{ t/ha}$ , y con una eficiencia de  $50\%$  para N,  $25\%$  para P y  $70\%$  para K, se determinó una deficiencia de  $174,79 \text{ kg/ha}$  de N y un exceso de  $\text{K}_2\text{O}$  de  $-79,66 \text{ kg/ha}$ . Para la fórmula de fertilización, además de los análisis de suelo, se consideraron las recomendaciones de diversos autores como las de Lucas & De la Rosa (2024) ( $180-180-160 \text{ kg/ha}$  de N- $\text{P}_2\text{O}_5$ - $\text{K}_2\text{O}$ ) y Rubio et al. (2024) ( $280-280-280 \text{ kg/ha}$  de N- $\text{P}_2\text{O}_5$ - $\text{K}_2\text{O}$ ), lo que llevó a la aplicación de  $220 \text{ kg/ha}$  de N y  $220 \text{ kg/ha}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , sin agregar  $\text{K}_2\text{O}$ .

El fósforo se aportó mediante fosfato diamónico (DAP, 18–46–0) y el nitrógeno se completó con urea (46% N). Para alcanzarlos 220 kg/ha de  $P_2O_5$ , se aplicaron 478,26 kg/ha de DAP, que aportaron 86,09 kg/ha de N; el nitrógeno restante se cubrió con 291,12 kg/ha de urea. El nitrógeno total se fraccionó en dos aplicaciones: la primera al momento de la siembra (145,60 kg/ha de urea y 478,30 kg/ha de DAP, y la segunda mitad de urea (145,60 kg/ha, durante el primer aporque.

Al momento de la siembra, en cada unidad experimental (10,8 m<sup>2</sup>) se aplicaron 157,20 g de urea más 516,52 g de DAP, y la otra mitad de urea se aplicó durante el primer aporque. En total, para las seis unidades experimentales (64,8 m<sup>2</sup>) se utilizaron 1,89 kg de urea y 3,10 kg de fosfato diamónico (DAP).

**b) Tratamientos con Compost (CO: T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>).**

En estos tratamientos, se añadió compost (CO) como fuente nutricional a una dosis de 15 t/ha (16,2 kg por unidad experimental). Considerando eficiencias de asimilación al 40% para nitrógeno y potasio, y 20% para el fósforo. El aporte resultante fue de 72,00 kg/ha de N, 30,22 kg/ha de  $P_2O_5$  y 21,74 kg/ha de  $K_2O$ .

**c) Tratamientos con Gallinaza (GA: T<sub>5</sub> y T<sub>6</sub>).**

Para estos tratamientos, se aplicó gallinaza (GA) como fuente nutricional a la misma dosis de 15 t/ha (16,2 kg por unidad experimental). Con una eficiencia de nutrientes del 45% para el nitrógeno y potasio, y 20% para el fósforo, los aportes resultantes fueron de 80,33 kg/ha de N, 126,37 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 53,8 kg/ha de K<sub>2</sub>O.

**d) Abono de Fondo.**

Se incorporó estiércol de ovino de manera uniforme en toda la parcela experimental a una dosis de 5 t/ha para mejorar la fertilidad inicial. Considerando la humedad (10,67%) y una eficiencia de nutrientes del 40% para el nitrógeno y potasio y 20% para el fósforo. El aporte resultante fue de 40,56 kg/ha de N, 7,06 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 33,23 kg/ha de K<sub>2</sub>O.

***4.10.3 Delimitación de la parcela experimental***

Tras preparar el terreno, se delimitó la parcela según el croquis del diseño experimental. Se midió el área total, definiendo bloques y unidades experimentales. Para el trazado, se utilizaron una wincha de 50 metros, estacas y cordel, estableciendo así la ubicación y separación precisa de cada unidad experimental conforme al diseño.

#### **4.10.4 Obtención de la semilla-tubérculo**

El material de siembra consistió en tubérculos-semilla del cultivar Única, provenientes del distrito de Huasahuasi, provincia de Tarma, departamento de Junín. La adquisición se realizó a través de la empresa comercial “ARANDA Hnos.”, identificada con RUC: 10428446785, garantizando así el origen y la calidad del material vegetativo empleado.

#### **4.10.5 Siembra y resiembra**

La siembra se realizó el 11 de marzo de 2025, colocando un tubérculo por golpe, a 30 cm entre plantas y con una profundidad aproximada de 10 cm. Posteriormente, se hizo una resiembra en los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>6</sub> (tratamientos con EM) debido a la pudrición fungosa detectada en algunos tubérculos, buscando restablecer la uniformidad en cada unidad experimental.

#### **4.10.6 Riego**

El cultivo se condujo mediante riego por goteo, considerando las condiciones climáticas, el estado fenológico de las plantas y la capacidad de retención de humedad del suelo. Durante el primer mes, se regó una vez por semana. Desde el segundo mes hasta 2 semanas antes de la cosecha, se incrementó la frecuencia a dos veces por semana, asegurando así, una adecuada disponibilidad de agua durante etapas clave del desarrollo.

#### **4.10.7 Control de malezas**

El control de malezas se realizó manualmente utilizando herramientas agrícolas menores, en tres momentos: a los 20, 40 y 60 días después de la siembra. Esta labor tuvo como finalidad evitar la competencia directa por espacio, luz, agua y nutrientes. Las especies adventicias identificadas con mayor frecuencia en el campo fueron: *Cynodon dactylon* (grama dulce), *Leptochloa uninervia* (pajilla o pasto gigante), *Heliotropium curassavicum* (jaboncillo), *Portulaca oleracea* L. (verdolaga), *Amaranthus hybridus* L. (yuyo o bleado) y *Malva parviflora* L. (malva común).

#### **4.10.8 Aporque**

Se realizaron dos aporques manuales que consistieron en remover los surcos y cubrir con la tierra alrededor del tallo de las plantas, formando camellones de 15 a 20 cm de altura. El primer aporque se realizó a los 40 días después de la siembra, cuando las plantas alcanzaron una altura aproximada de 30 cm, mientras que el segundo se efectuó a los 50 días. Esta labor se orientó a cubrir los tubérculos en formación, mejorar la estabilidad de las plantas y eliminar las malezas remanentes.

#### **4.10.9 Control de plagas**

El monitoreo fitosanitario se realizó semanalmente. Se identificaron tres plagas principales. *Agrotis ipsilon* (gusano cortador) tuvo presencia hasta el segundo mes; su control se ejecutó mediante cuatro aplicaciones semanales alternando los productos Agromil (Chlorpyrifos), Troya (Chlorpyrifos) a razón de 40 mL/20 L y Selectron (Profenofos) a 15 mL/20 L. *Liriomyza huidobrensis* (mosca minadora) apareció a partir del día 50, durante la etapa de floración, y fue controlada con seis aplicaciones semanales de Abtin y Dktina (Abamectina) a razón de 20 mL/20 L. Finalmente, *Phthorimaea operculella* (polilla de papa) tuvo baja incidencia a partir del día 80, realizándose una única aplicación de Certero (Chlorfenapyr) a 15 mL/20 L el día 84.

#### **4.10.10 Prevención de enfermedades**

Antes de realizar la siembra, para prevenir enfermedades y reducir la incidencia de patógenos, los tubérculos-semilla de los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>5</sub> se desinfectaron antes de la siembra con una solución de 20 ml de Acronis® (compuesto por Pyraclostrobin y Tiofanato-metilo) en 20 litros de agua. En los tratamientos con EM (T<sub>2</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>6</sub>) los tubérculos se inocularon con EM activado a 10% de solución.

#### **4.10.11 Adquisición de Microorganismos Eficaces**

Los productos EM-Compost y EM-1 fueron adquiridos de la empresa “Corporación Agroplant N & A S.A.C.”, identificado con RUC N.º 20613725246, con sede en la provincia y región de Tacna. La compra se realizó con fines experimentales, asegurando su procedencia técnica y calidad microbiológica

#### **4.10.12 Activación de Microorganismos Eficaces**

La activación de los productos EM-Compost y EM-1 siguió el protocolo de OISCA (2009). La preparación consistió en diluir 1 litro de EM (5%), 1 litro de melaza (5%) y 18 litros de agua (90%), en un recipiente de 20 litros. La mezcla se selló herméticamente y fermentó durante siete días. La activación del EM-Compost se realizó siete días antes de la siembra, mientras que la del EM-1 se efectuó a los 15 días posteriores a la siembra.

#### **4.10.13 Aplicación de Microorganismos Eficaces (EM)**

Las aplicaciones a T<sub>1</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>6</sub> se realizaron en forma de EM activado al 10% con una mochila pulverizadora de 20 L. La dosis y frecuencia siguieron las recomendaciones de Vega (2019), Pimentel (2016) y otros autores. El EM-Compost activado se usó en la siembra (inoculado en tubérculos-semilla y abono de fondo) y tres veces más como drench en el primer mes. El EM-1 activado se aplicó semanalmente durante diez veces después del primer mes.

#### **4.10.14 Cosecha**

La cosecha se realizó a los 110 días después de la siembra, cuando el cultivo alcanzó su madurez fisiológica evidenciada por el amarillamiento del follaje y la formación completa de la cáscara en los tubérculos. Se utilizaron herramientas manuales (azadas) para extraer cuidadosamente los tubérculos de cada unidad experimental depositándolos en cajas y sacos pequeños de 50 kg para facilitar su traslado al área designada para la clasificación y evaluación poscosecha.

#### **4.10.15 Clasificación de los tubérculos**

Al día siguiente de la cosecha, se pesaron los tubérculos de cada unidad experimental con una balanza de precisión para obtener la producción por área efectiva y calcular el rendimiento. Para determinar el número y peso de tubérculos por planta, se tomaron datos de 10 plantas por cada unidad experimental. Posteriormente, los tubérculos se clasificaron en categorías comerciales (primera, segunda y tercera) y en dos grupos complementarios fuera del umbral comercial: Extra (mayor tamaño) y Cuarta (menor tamaño), según los criterios de Pérez (1978) en la Tabla 7, que clasifica según el peso de los tubérculos.

**Tabla 7**

*Escala de clasificación de tubérculos por peso (g)*

Tamaño	Categoría	Clasificación por peso (g)
Muy grande	Extra	> 150
Grande	Primera	80 - 150
Mediano	Segunda	40 - 80
Pequeño	Tercera	20 - 40
Muy pequeño	Cuarta	< 20

#### **4.11 Análisis estadístico**

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANVA) bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA), considerando un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0,05$ ). La comparación de medias entre los tratamientos se efectuó mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan, utilizando el mismo nivel de significancia. El procesamiento estadístico se llevó a cabo con el software InfoStat en su versión estudiantil.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1 Resultados

##### 5.1.1 Altura de planta (cm)

**Tabla 8**

*Análisis de varianza para altura de planta (cm) de papa, cultivar Única.*

F.V.	Gl	SC	CM	F	p-valor
Bloques	2	8,40	4,20	1,30	0,31 <sup>ns</sup>
Tratamientos	5	547,46	109,49	33,98	0,00 <sup>**</sup>
Error	10	32,22	3,22		
Total	17	588,08			

Cv.: 3,17%      (\*\*): Altamente significativo      ns: No significativo

En la tabla 8, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $F=33,98$ ;  $p<0,01$ ), evidenciando un efecto real sobre la altura de planta. Los bloques no influyeron significativamente ( $p=0,31$ ).

El coeficiente de variación (3,17%) indicó alta precisión experimental.

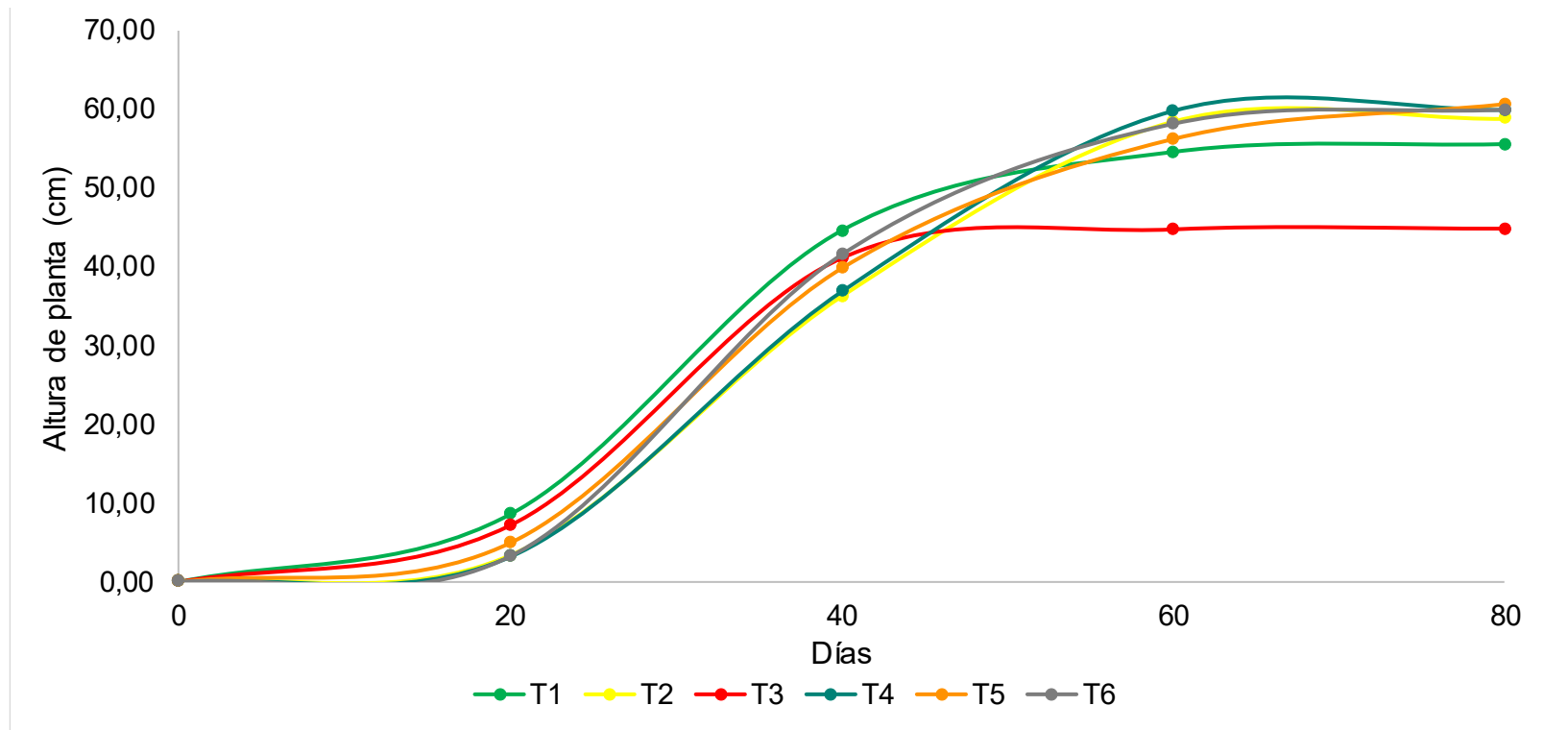
**Tabla 9**

*Prueba de significación Duncan para altura de planta (cm) de papa, cultivar Única*

Tratamientos	Media (cm)	Significación $\alpha$ 0,05	
T <sub>5</sub>	60,67	A	
T <sub>6</sub>	59,97	A	
T <sub>4</sub>	59,93	A	
T <sub>2</sub>	58,80	A	B
T <sub>1</sub>	55,60		B
T <sub>3</sub>	44,87		C

**Nota:** T<sub>1</sub> (FQ) = Fuente Química, T<sub>2</sub> (FQ+EM) = Fuente Química + Microorganismos Eficaces, T<sub>3</sub> (CO) = Compost, T<sub>4</sub> (CO+EM) = Compost + Microorganismos Eficaces, T<sub>5</sub> (GA) = Gallinaza y T<sub>6</sub> (GA + EM) = Gallinaza + Microorganismos Eficaces.

En la tabla 9, La prueba de Duncan muestra que T<sub>5</sub> (Gallinaza) alcanzó la mayor altura promedio (60,67 cm), seguido de T<sub>6</sub> (59,97 cm), T<sub>4</sub> (59,93 cm) y T<sub>2</sub> (58,80 cm), todos en el grupo estadísticamente superior. T<sub>1</sub> (Fuente Química) registró 55,60 cm, con un valor intermedio compartiendo significancia en el grupo B con T<sub>2</sub>. T<sub>3</sub> (Compost) obtuvo la menor altura promedio (44,87 cm), ubicándose en un grupo estadístico independiente, evidenciando la superioridad de la gallinaza y compost enriquecido frente al compost sin EM.



**Figura 2.**

*Gráfico lineal de altura de planta (cm) a los 20, 40, 60, y 80 días de siembra de papa, cultivar Única*

La figura 2, ilustra que T5 registró la mayor altura, seguido de T6, T4 y T2. T1 presentó valor intermedio y T3 evidenció la menor altura a comparación con los demás tratamientos.

### 5.1.2 Número de brotes (unidad)

**Tabla 10**

*Análisis de varianza de número de brotes (unidad) por planta de papa, cultivar Única*

F.V.	GI	SC	CM	F <sub>c</sub>	p-valor
Bloques	2	0,37	0,19	1,29	0,31 <sup>ns</sup>
Tratamientos	5	3,30	0,66	4,55	0,02*
Error	10	1,45	0,15		
Total	17	5,13			

Cv: 12,68%

(\*): Significativo

ns: No significativo

En la tabla 10, el análisis de varianza mostró diferencias significativas entre tratamientos ( $F=4,55$ ;  $p<0,05$ ), confirmando un efecto real sobre el número de brotes. Los bloques no ejercieron influencia estadística ( $p=0,31$ ).

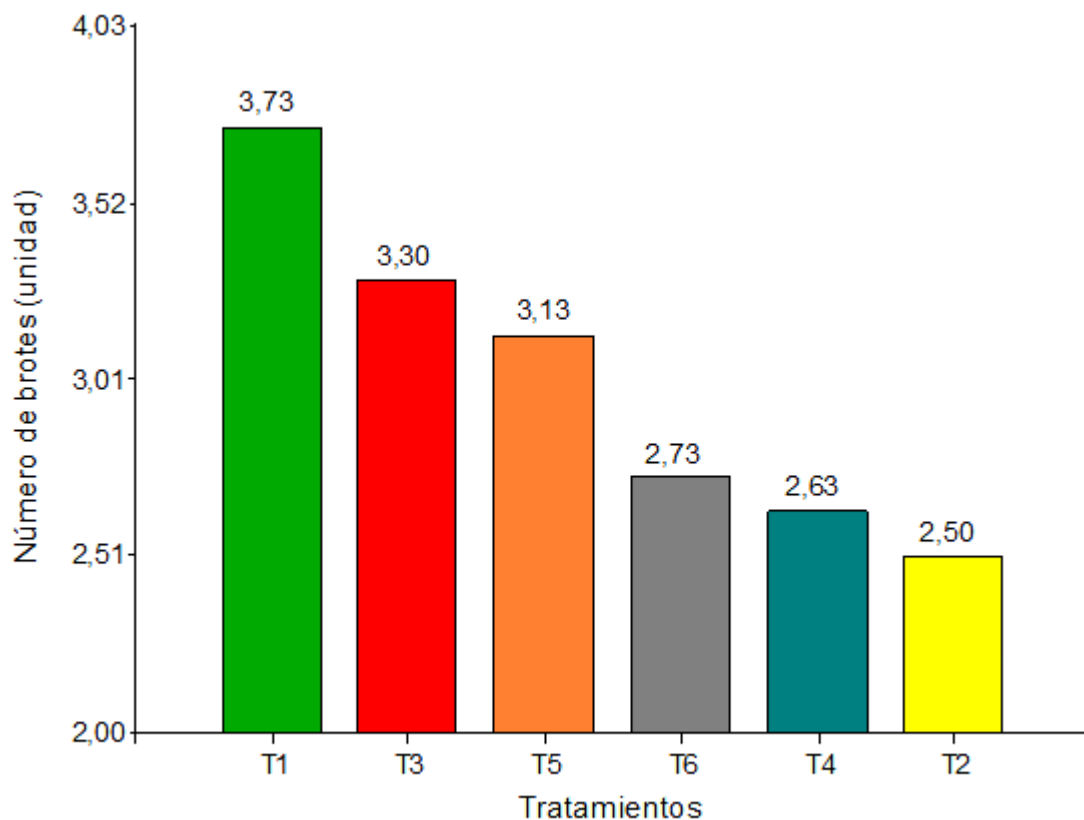
El coeficiente de variación (12,68%) evidenció una precisión experimental aceptable para la variable evaluada.

**Tabla 11**

*Prueba de significación Duncan de número de brotes (unidad) por planta de papa, cultivar Única*

Tratamientos	Media (unidad)	Significación $\alpha$ 0,05		
T <sub>1</sub>	3,73	A		
T <sub>3</sub>	3,30	A	B	
T <sub>5</sub>	3,13	A	B	C
T <sub>6</sub>	2,73		B	C
T <sub>4</sub>	2,63		B	C
T <sub>2</sub>	2,50			C

En la tabla 11, la prueba de Duncan evidenció que T<sub>1</sub> (Fuente química) presentó la media más alta (3,73), agrupándose en el nivel superior. T<sub>3</sub> (Compost) y T<sub>5</sub> (Gallinaza) mostraron medias de 3,30 y 3,13 respectivamente en los niveles "A B" y "A B C". T<sub>6</sub> (Gallinaza + EM) y T<sub>4</sub> (Compost + EM) obtuvieron 2,73 y 2,63 respectivamente, y se agruparon en "BC". Por último, el T<sub>2</sub> (Fuente Química + EM) presentó la media más baja (2,50), agrupándose en el nivel "C". Esto sugiere que los tratamientos con EM no resultaron en un incremento significativo del número de brotes, incluso, podría haber tenido un efecto neutro o contrario en comparación con las fuentes solas.



**Figura 3**

*Gráfico de barras para número de brotes (unidad) por planta de papa, cultivar Única*

La figura 3, demuestra que T1 registró el mayor número de brotes (3,73), seguido de T3 (3,30) y T5 (3,13). T6 y T4 presentaron valores intermedios, mientras que T2 obtuvo el menor promedio de brotes con 2,50 unidades.

### 5.1.2 Número de tubérculos por planta (unidad)

**Tabla 12**

*Análisis de varianza de número de tubérculos por planta (unidad) de papa, cultivar Única*

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor
Bloques	2	6,37	3,19	1,87	0,20 <sup>ns</sup>
Tratamientos	5	44,85	8,97	5,27	0,01 <sup>**</sup>
Error	10	17,03	1,70		
Total	17	68,25			

Cv.: 13,52%      (\*\*): Altamente significativo      ns: No significativo

En la tabla 12, el análisis de varianza indicó diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $F=5,27$ ;  $p<0,01$ ), demostrando un efecto real sobre el número de tubérculos por planta. Los bloques no mostraron influencia estadística ( $p=0,20$ ).

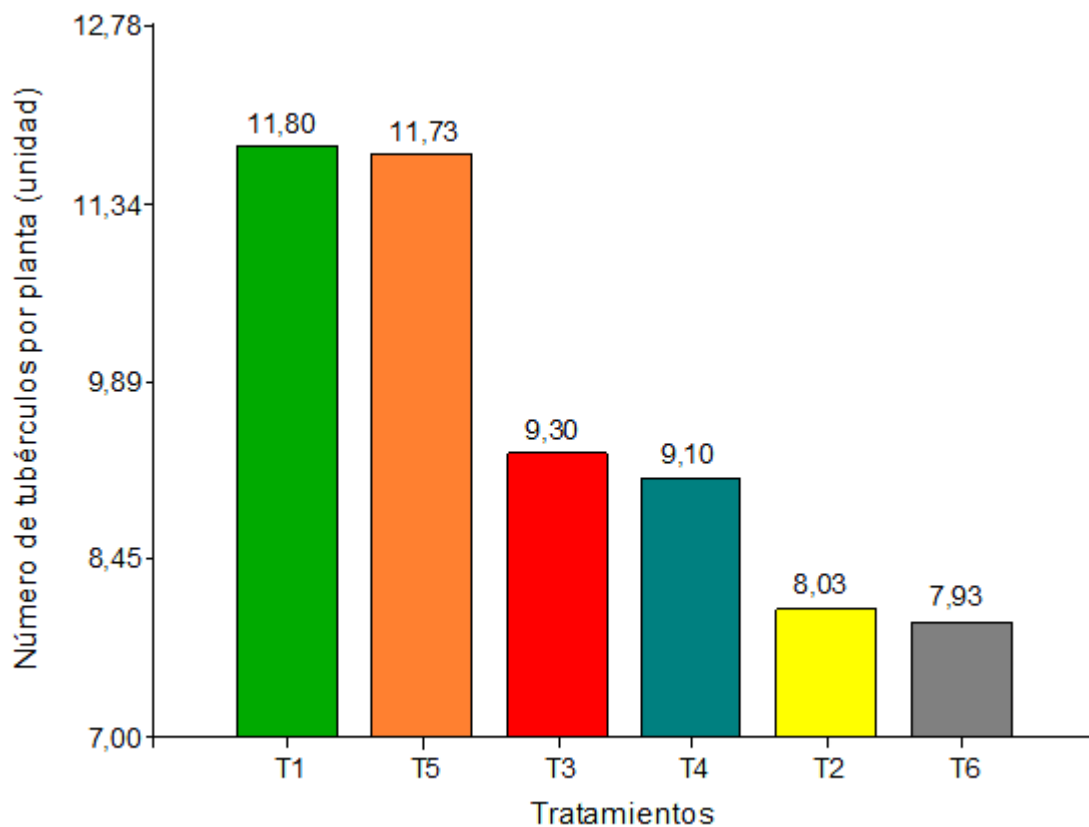
El coeficiente de variación (13,52%) evidenció una precisión experimental aceptable para la variable evaluada.

**Tabla 13**

*Prueba de significación Duncan de número de tubérculos por planta (unidad) de papa, cultivar Única*

Tratamientos	Media (unidad)	Significación $\alpha$ 0,05
T <sub>1</sub>	11,80	A
T <sub>5</sub>	11,73	A
T <sub>3</sub>	9,30	B
T <sub>4</sub>	9,10	B
T <sub>2</sub>	8,03	B
T <sub>6</sub>	7,93	B

En la tabla 13, La prueba de Duncan reveló que T<sub>1</sub> (Fuente Química) y T<sub>5</sub> (Gallinaza) registraron los mayores promedios de tubérculos por planta, con 11,80 y 11,73 unidades respectivamente, conformando el grupo superior. T<sub>3</sub> (Compost) con 9,30 unidades, T<sub>4</sub> (Compost + EM) con 9,10; T<sub>2</sub> (Fuente Química + EM) con 8,03 y T<sub>6</sub> (Gallinaza + EM) con 7,93 unidades integraron un segundo grupo, con menores valores y sin diferencias significativas entre sí, confirmando la ventaja de la fuente química y gallinaza sobre los demás tratamientos.



**Figura 4**

*Gráfico de barras para número de tubérculos por planta (unidad) de papa, cultivar Única*

La figura 4, demuestra que T<sub>1</sub> y T<sub>5</sub> alcanzaron el mayor número de tubérculos por planta, seguidos por T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>6</sub>, que registraron valores inferiores sin diferencias estadísticas entre ellos.

### 5.1.3 Peso de tubérculos por planta (kg)

**Tabla 14**

*Análisis de varianza de peso de tubérculos por planta (kg) de papa, cultivar Única*

F.V.	Gl	SC	CM	F	p-valor
Bloques	2	0,06	0,03	1,11	0,37 <sup>ns</sup>
Tratamientos	5	0,68	0,14	5,20	0,01 <sup>**</sup>
Error	10	0,26	0,03		
Total	17	1,00			

Cv.: 16,18%      (\*\*): Significativo      ns: No significativo

En la tabla 14, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $F=5,20$ ;  $p<0,05$ ), confirmando efecto real sobre el peso de tubérculos por planta. Los bloques no presentaron influencia estadística ( $p=0,37$ ).

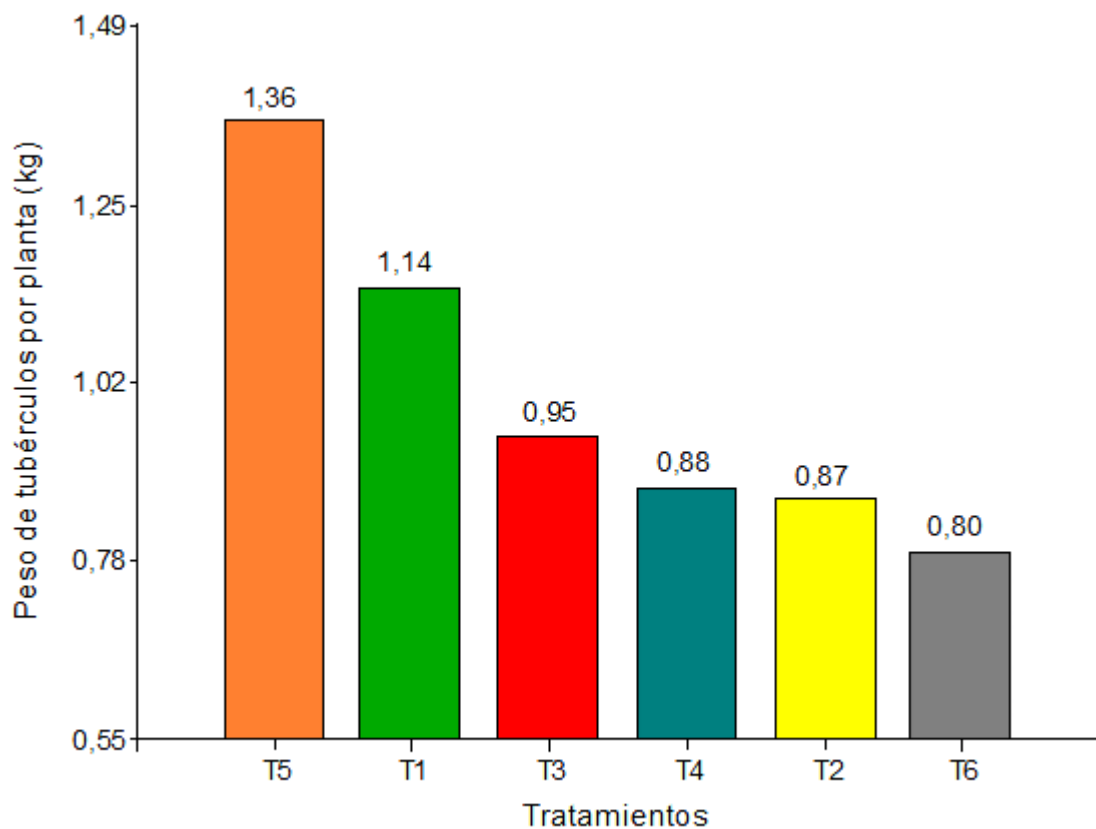
El coeficiente de variación (16,18%) reflejó una precisión experimental aceptable, permitiendo interpretar de manera confiable la variabilidad observada.

**Tabla 15**

*Prueba de significación Duncan de peso de tubérculos por planta (kg) de papa, cultivar Única*

Tratamientos	Media (kg)	Significación $\alpha$ 0,05		
T <sub>5</sub>	1,36	A		
T <sub>1</sub>	1,14	A	B	
T <sub>3</sub>	0,95		B	C
T <sub>4</sub>	0,88		B	C
T <sub>2</sub>	0,87		B	C
T <sub>6</sub>	0,80			C

En la tabla 15, la prueba de Duncan evidenció que T<sub>5</sub> (Gallinaza) obtuvo el mayor peso promedio de tubérculos por planta (1,36 kg), conformando el grupo estadísticamente superior. T<sub>1</sub> (Fuente Química) registró 1,14 kg, ubicándose en el grupo A, compartiendo significancia con el grupo B. T<sub>3</sub> (0,95 kg), T<sub>4</sub> (0,88 kg) y T<sub>2</sub> (0,87 kg) integraron el tercer grupo (BC) con valores menores. T<sub>6</sub> (Gallinaza + EM) presentó el peso más bajo (0,80 kg), diferenciándose significativamente de T<sub>5</sub>.



**Figura 5**

*Gráfico de barras para peso de tubérculos por planta (kg) de papa, cultivar Única*

La figura 5, muestra que T<sub>5</sub> presentó el mayor peso promedio (1,36 kg), seguido de T<sub>1</sub> (1,14 kg). T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>2</sub> registraron valores intermedios, mientras que T<sub>6</sub> obtuvo el menor peso (0,80 kg).

#### 5.1.4 Rendimiento total (t/ha)

**Tabla 16**

*Análisis de varianza de rendimiento total (t/ha) de papa, cultivar Única*

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor
Bloques	2	2,92	1,46	0,43	0,66 <sup>ns</sup>
Tratamientos	5	600,77	120,15	35,05	0,00 <sup>**</sup>
Error	10	34,28	3,43		
Total	17	637,97			

Cv.: 4,91%      (\*\*): Altamente significativo      ns: No significativo

En la tabla 16, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $F=35,05$ ;  $p<0,01$ ), confirmando efecto real sobre el rendimiento total. Los bloques no ejercieron influencia estadística ( $p=0,66$ ).

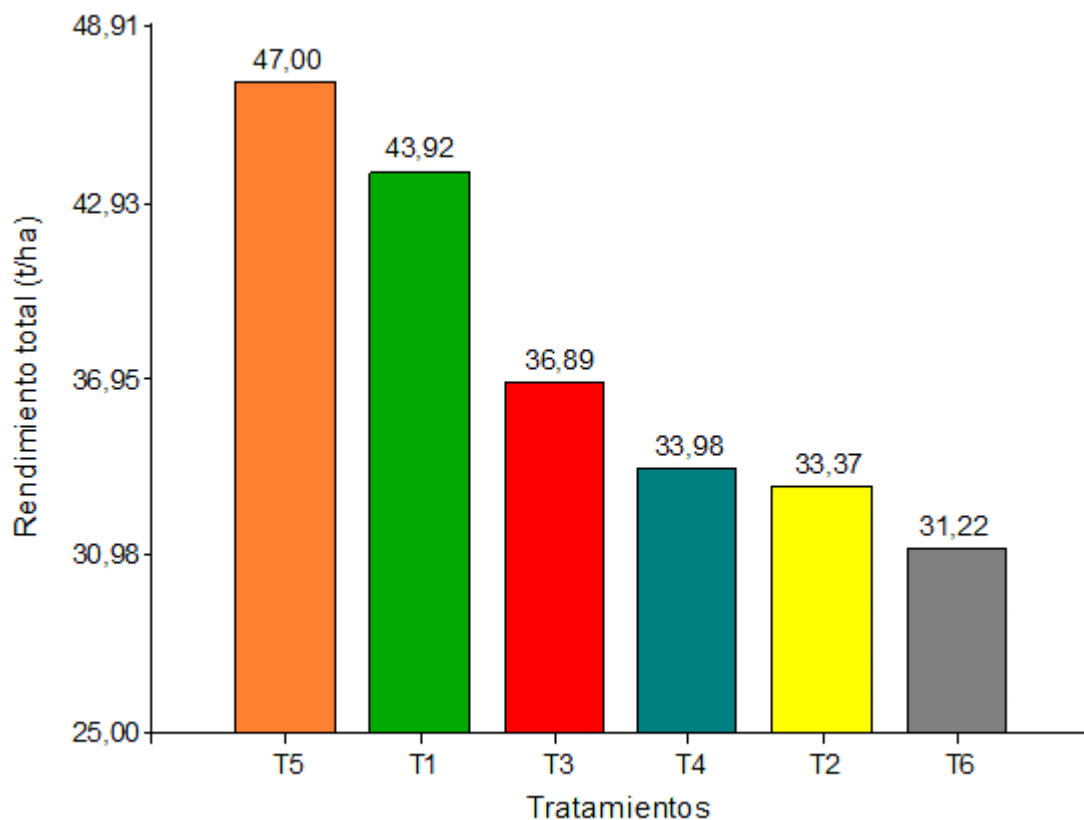
El coeficiente de variación (4,91%) evidenció alta precisión experimental en la evaluación de esta variable.

**Tabla 17**

*Prueba de significación Duncan de rendimiento total (t/ha) de papa, cultivar Única*

Tratamientos	Media (t/ha)	Significación $\alpha$ 0,05	
T <sub>5</sub>	47,00	A	
T <sub>1</sub>	43,92	A	
T <sub>3</sub>	36,89	B	
T <sub>4</sub>	33,98	B	C
T <sub>2</sub>	33,37	B	C
T <sub>6</sub>	31,22		C

En la tabla 17, la prueba de Duncan indicó que T<sub>5</sub> (Gallinaza) y T<sub>1</sub> (Fuente Química) con rendimientos de 47,00 t/ha y 43,92 t/ha respectivamente, conformaron el grupo estadísticamente superior. Posteriormente el T<sub>3</sub> (Compost) con 36,89 t/ha se ubicó en el grupo B, compartiendo este nivel con T<sub>4</sub> (Compost + EM) con 33,98 t/ha y T<sub>2</sub> (Fuente Química + EM) con 33,37 t/ha. Estos últimos, a su vez, formaron parte del grupo C junto con T<sub>6</sub> (Gallinaza + EM) con 31,22 t/ha, obteniendo un rendimiento significativamente inferior respecto al grupo superior.



**Figura 6**

*Gráfico de barras para el rendimiento total (t/ha) de papa, cultivar Única*

La figura 6, ilustra que T<sub>5</sub> obtuvo el mayor rendimiento promedio (47,00 t/ha), seguido de T<sub>1</sub> (43,92 t/ha). T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>2</sub> registraron valores intermedios, mientras que T<sub>6</sub> presentó el menor rendimiento (31,22 t/ha).

### 5.1.5 Rendimiento comercial (t/ha)

**Tabla 18**

*Análisis de varianza de rendimiento comercial (t/ha) de papa, cultivar Única*

F.V.	Gl	SC	CM	F <sub>c</sub>	p-valor
Bloques	2	3,05	1,53	0,52	0,61 <sup>ns</sup>
Tratamientos	5	433,4	86,68	29,58	0,00 <sup>**</sup>
Error	10	29,3	2,93		
Total	17	465,76			

Cv.: 5,33%      (\*\*): Altamente significativo      ns: No significativo

En la tabla 18, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $F=29,58$ ;  $p<0,01$ ), confirmando un efecto real sobre el rendimiento comercial. Los bloques no ejercieron influencia estadística ( $p=0,61$ ).

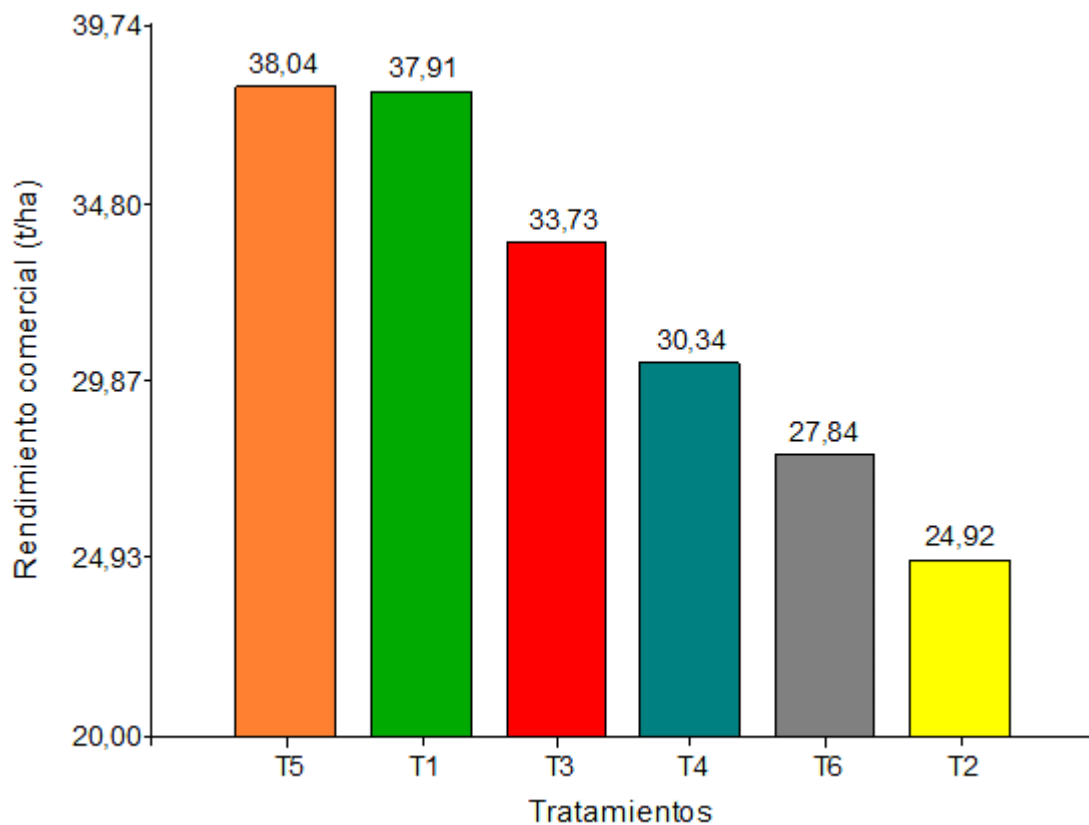
El coeficiente de variación (5,33%) evidenció alta precisión experimental en la medición de esta variable.

**Tabla 19**

*Prueba de significación Duncan de rendimiento comercial (t/ha) de papa, cultivar Única*

Tratamientos	Media (t/ha)	Significación $\alpha$ 0,05			
T <sub>5</sub>	38,04	A			
T <sub>1</sub>	37,91	A			
T <sub>3</sub>	33,73		B		
T <sub>4</sub>	30,34			C	
T <sub>6</sub>	27,84			C	D
T <sub>2</sub>	24,92				D

En la tabla 19, la prueba de Duncan evidenció que T<sub>5</sub> (Gallinaza) y T<sub>1</sub> (Fuente Química) y T<sub>1</sub> (Fuente Química) alcanzaron el mayor rendimiento comercial promedio, con 38,04 t/ha y 37,91 t/ha respectivamente, ambos en el grupo superior (A). Seguido por T<sub>3</sub> (Compost) con 33,73 t/ha en el grupo B. T<sub>4</sub> (Compost + EM) presentó 30,34 t/ha ubicándose en el grupo C junto con T<sub>6</sub> (Gallinaza + EM) con 27,84 t/ha. Este último, comparte el grupo D con T<sub>2</sub> (Fuente Química + EM) que tuvo un rendimiento de (24,92 t/ha), diferenciándose significativamente de todos los tratamientos anteriores.



**Figura 7**

*Gráfico de barras para el rendimiento comercial (t/ha) de papa, cultivar Única*

La figura 7, demuestra que T<sub>5</sub> registró el mayor rendimiento comercial promedio (38,04 t/ha), seguido de T<sub>1</sub> (37,91 t/ha). T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>6</sub> presentaron valores intermedios, mientras que T<sub>2</sub> obtuvo el menor rendimiento (24,92 t/ha).

**Tabla 20**

*Análisis de varianza de rendimiento por categorías de tubérculos (t/ha) de papa, cultivar Única*

Pérez, (1978)	Extra > 150 g (1)		Primera 80 - 150 g (2)		Segunda 40 - 80 g (3)		Tercera 20 - 40 g (4)		Cuarta < 20 g (5)		
	gl	Fc	p-valor	Fc	p-valor	Fc	p-valor	Fc	p-valor	Fc	p-valor
Bloques	2	0,08	0,92 <sup>ns</sup>	0,53	0,60 <sup>ns</sup>	4,60	0,99 <sup>ns</sup>	0,06	0,94 <sup>ns</sup>	1,12	0,36 <sup>ns</sup>
Tratamientos	5	90,93	0,00 <sup>**</sup>	13,49	0,00 <sup>**</sup>	17,29	0,00 <sup>**</sup>	20,77	0,00 <sup>**</sup>	49,31	0,00 <sup>**</sup>
Error	10										
Total	17										

Cv.: (1): 8,83%; (2): 8,35%; (3): 13,69%; (4): 12,20% y (5): 14,37%; (\*\*): Altamente significativo; (\*): Significativo; (ns): No significativo

En la tabla 20, en el análisis de varianza del rendimiento por categorías de tubérculos según los tratamientos, se detectaron diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) en todas las categorías de peso evaluadas: Extra (>150 g), Primera (80–150 g), Segunda (40–80 g), Tercera (20–40 g) y Cuarta (<20 g). Este comportamiento estadístico evidenció que la variable tratamientos presentó variación consistente en cada categoría, con valores de F elevados y significancia máxima en todos los casos.

Respecto a los bloques, en todas las categorías, Extra (>150 g), Primera (80–150 g), Segunda (40–80 g), Tercera (20–40 g) y Cuarta (<20 g), se observó que las diferencias estadísticas no fueron significativas, reflejando uniformidad en todas las categorías respecto a la disposición espacial en el campo experimental.

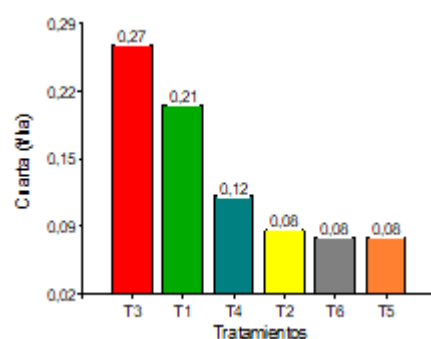
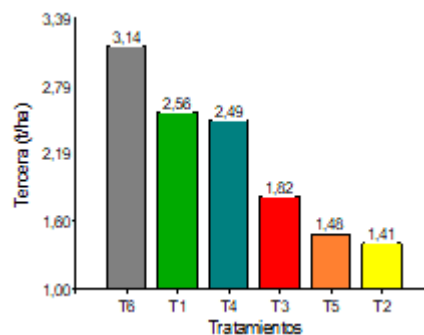
En el análisis del Coeficiente de variación, los valores obtenidos reflejaron distintos niveles de precisión experimental según las categorías evaluadas. Se registró alta precisión en Extra (8,83%) y Primera (8,35%). Las categorías, Segunda (13,69%), Tercera (12,20%) y Cuarta (14,37%), mostraron una variabilidad considerablemente mayor, indicando una precisión moderada. Estos valores permiten evaluar de manera diferenciada la confiabilidad de las mediciones en cada rango de peso.

**Tabla 21**

*Prueba de significación Duncan de rendimiento por categoría de tubérculos (t/ha) de papa, cultivar Única*

Tratamientos		Medias (t/ha)	Significación $\alpha$ 0,05		
Extra > 150 g	T <sub>5</sub>	8,88	A		
	T <sub>2</sub>	8,37	A		
	T <sub>1</sub>	5,81	B		
	T <sub>4</sub>	3,52	C		
	T <sub>6</sub>	3,30	C		
	T <sub>3</sub>	2,89	C		
Tratamientos		Medias (t/ha)	Significación $\alpha$ 0,05		
Primera 80 - 150 g	T <sub>5</sub>	28,54	A		
	T <sub>1</sub>	22,73	B		
	T <sub>3</sub>	22,22	B C		
	T <sub>4</sub>	19,09	C D		
	T <sub>6</sub>	19,03	C D		
	T <sub>2</sub>	18,32	D		
Tratamientos		Medias (t/ha)	Significación $\alpha$ 0,05		
Segunda 40 - 80 g	T <sub>1</sub>	12,62	A		
	T <sub>3</sub>	9,69	B		
	T <sub>4</sub>	8,77	B		
	T <sub>5</sub>	8,02	B		
	T <sub>6</sub>	5,66	C		
	T <sub>2</sub>	5,20	C		

Tratamientos		Medias (t/ha)	Significación $\alpha$ 0,05	
Tercera 20 - 40 g	T <sub>6</sub>	3,14	A	
	T <sub>1</sub>	2,56	B	
	T <sub>4</sub>	2,49	B	
	T <sub>3</sub>	1,82	C	
	T <sub>5</sub>	1,48	C	
	T <sub>2</sub>	1,41	C	
Tratamientos		Medias (t/ha)	Significación $\alpha$ 0,05	
Cuarta < 20 g	T <sub>3</sub>	0,27	A	
	T <sub>1</sub>	0,21	B	
	T <sub>4</sub>	0,12	C	
	T <sub>2</sub>	0,08	C D	
	T <sub>6</sub>	0,08	D	
	T <sub>5</sub>	0,08	D	



En la tabla 21, para la categoría Extra (>150 g), los tratamientos T<sub>5</sub> (Gallinaza) y T<sub>2</sub> (Fuente Química + EM) obtuvieron 8,88 t/ha y 8,37 t/ha, respectivamente, agrupándose en el nivel estadísticamente superior. Seguidamente, el T<sub>1</sub> (Fuente Química) registró 5,81 t/ha, en el grupo B. Finalmente, los tratamientos T<sub>4</sub> (Compost + EM), T<sub>6</sub> (Gallinaza + EM) y T<sub>3</sub> (Compost) presentaron valores de 3,52 t/ha, 3,30 t/ha y 2,89 t/ha respectivamente, compartiendo el grupo C, con rendimientos significativamente inferiores al grupo superior.

En tubérculos de Primera (80–150 g), T<sub>5</sub> alcanzó el valor más alto con 28,54 t/ha, perteneciendo al grupo A. T<sub>1</sub> (22,73 t/ha) y T<sub>3</sub> (22,22 t/ha) se ubicaron en el grupo B. A su vez, T<sub>3</sub> comparte el grupo C junto con T<sub>4</sub> (19,09 t/ha) y T<sub>6</sub> (19,03 t/ha). Estos últimos forman parte del grupo D, junto con T<sub>2</sub> (18,32 t/ha), sin diferencias significativas entre ellos.

En la categoría Segunda (40–80 g), T<sub>1</sub> fue el tratamiento con mayor rendimiento (12,62 t/ha), ocupando el grupo A. Seguido de T<sub>3</sub> (9,69 t/ha), T<sub>4</sub> (8,77 t/ha) y T<sub>5</sub> (8,02 t/ha), los cuales integraron el grupo B. Los valores más bajos correspondieron a T<sub>6</sub> (5,66 t/ha) y T<sub>2</sub> (5,20 t/ha), ambos situados en el grupo C.

En la categoría Tercera (20–40 g), el mayor valor fue para T<sub>6</sub> (3,14 t/ha), en el grupo A. Seguido de T<sub>1</sub> (2,56 t/ha) y T<sub>4</sub> (2,49 t/ha), los cuales integraron el grupo B. Finalmente los tratamientos T<sub>3</sub> (1,82 t/ha), T<sub>5</sub> (1,48 t/ha) y T<sub>2</sub> (1,41 t/ha) conformaron el grupo C, sin diferencias estadísticas entre ellos.

En la categoría Cuarta (<20 g), T<sub>3</sub> alcanzó el mayor rendimiento promedio con 0,27 t/ha, en el grupo A. T<sub>1</sub> (0,21 t/ha) se ubicó en el grupo B. T<sub>4</sub> (0,12 t/ha) integró el grupo C, mientras que T<sub>2</sub> (0,08 t/ha) compartió los grupos C y D. Los valores más bajos se registraron en T<sub>6</sub> (0,08 t/ha) y T<sub>5</sub> (0,08 t/ha), ambos pertenecientes al grupo D.

## **5.2 Discusión**

### **5.2.1 *Altura de planta (cm)***

En el presente experimento, la altura de las plantas mostró diferencias significativas entre tratamientos, lo que evidencia que las fuentes nutricionales y Microorganismos Eficaces (EM) influyeron directamente en su desarrollo vegetativo. Los tratamientos con gallinaza (T<sub>5</sub>, 60,67 cm), gallinaza + EM (T<sub>6</sub>, 59,97 cm) y compost + EM (T<sub>4</sub>, 59,93 cm) destacaron, superando ampliamente al compost sin EM (T<sub>3</sub>, 44,87 cm). Estos resultados reflejan una respuesta positiva al aporte de insumos de liberación progresiva, que favorece la actividad microbiana del suelo y mejora la absorción de nutrientes.

Este patrón coincide con estudios previos: Pimentel (2016) reportó hasta 70,17 cm en papa con EM-1 activado al 10% + bioinsumos, debido al efecto de nutrientes y metabolitos microbianos (auxinas, giberelinas y citoquininas). Peñaloza et al. (2019) observaron aumentos en la altura de planta en cultivares Rosita y Ágata con 4 t/ha de gallinaza, resultado que vincularon a la mejora de la estructura del suelo y al suministro del nitrógeno y fósforo. Vilca (2024) alcanzó más de 73 cm de altura en variedades nativas con 3-6 t/ha de gallinaza, evidenciando que el aporte de abonos orgánicos mejora la disponibilidad nutricional y la exploración radicular.

### **5.2.2 Número de brotes (unidad)**

Esta variable evidenció diferencias significativas entre los tratamientos. Los tratamientos T<sub>1</sub> (3,73), T<sub>3</sub> (3,30) y T<sub>5</sub> (3,13) sobresalieron al obtener los mayores números de brotes, situándose por encima de los tratamientos con Microorganismos Eficaces (EM). Esto sugiere que T<sub>2</sub> (Fuente Química + EM), T<sub>4</sub> (Compost + EM) y T<sub>6</sub> (Gallinaza + EM), al estar provistos únicamente de EM como fuente de supresores antifúngicos, enfrentaron limitaciones en la etapa inicial del crecimiento vegetativo frente a la acción de organismos fitopatógenos existentes en el suelo, lo cual permite observar con mayor claridad los resultados obtenidos en las demás variables.

Sánchez (2023), sostiene que la productividad se ve influenciada por el número de brotes, observándose en sus hallazgos que los tratamientos con cuatro y tres brotes lograron mayores rendimientos y número de tubérculos por golpe (14,15 y 12,55, respectivamente). Esta tendencia guarda relación con los resultados obtenidos en la presente investigación, donde un mayor número de brotes por planta se asoció con una mayor capacidad productiva, evidenciando que el manejo adecuado del número de brotes constituye un factor determinante en el rendimiento final del cultivo.

### **5.2.3 Número de tubérculos por planta (unidad)**

Los tratamientos mostraron una variación significativa en la evaluación de este parámetro. T<sub>1</sub> (Fuente Química) y T<sub>5</sub> (Gallinaza) destacaron con promedios de 11,80 y 11,73 unidades, respectivamente, mientras que T<sub>6</sub> (Gallinaza + EM) fue el más bajo con 7,93 unidades. Esto sugiere que tanto la fertilización química (de suministro rápido de nutrientes) como el aporte progresivo de gallinaza, optimizan el desarrollo de estolones y la formación de tubérculos al existir una sincronía nutricional adecuada.

Valverde (2016) observó incrementos al combinar 2 L de EM-1 A con 3 t de compost enriquecido, resultando en mayor número de tubérculos comerciales. Por otro lado, en concordancia con los resultados del presente trabajo, Peñaloza et al. (2019) documentaron que 4 t/ha de gallinaza aumentaron el número de tubérculos, favoreciendo el desarrollo de los estolones y su llenado. Asimismo, Quimbita (2024) encontró que el fertirriego con la mayor dosis aplicada de gallinaza (3 t/ha) generó mejores resultados, subrayando la importancia del manejo hídrico-nutricional balanceado para maximizar el desarrollo de tubérculos. Adicionalmente, Mamani (2019) obtuvo un promedio de 10,10 tubérculos por planta al sembrar tubérculos-semilla de entre 80 a 100 g en el cultivar Única, lo cual resalta su potencial productivo.

#### **5.2.4 Peso de tubérculos por planta (kg)**

El peso promedio de los tubérculos por planta mostró diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento T<sub>5</sub> (Gallinaza) registró el valor más alto (1,36 kg), seguido por T<sub>1</sub> (Fuente Química: 1,14 kg), mientras que el valor más bajo se observó en T<sub>6</sub> (Gallinaza + EM: 0,80 kg). El resultado positivo obtenido con la gallinaza sola sugiere que su rica composición en nitrógeno orgánico, fósforo, potasio y micronutrientes, junto con su capacidad para mejorar la actividad microbiana del suelo, contribuye a un llenado continuo y sostenido de los tubérculos a lo largo del ciclo de cultivo.

Este hallazgo concuerda con Romero et al. (2000), quienes demostraron que la gallinaza incrementa el peso de los tubérculos debido a su aporte combinado de nutrientes orgánicos y minerales, así como al estímulo que ejerce sobre la biomasa microbiana del suelo, mejorando la disponibilidad de nitrógeno mineralizado. En la misma línea, Valverde et al. (2011) confirmaron que la aplicación de 15 t/ha de gallinaza elevó el rendimiento y el peso unitario de los tubérculos, alcanzando valores comparables a los obtenidos con fertilización química. De manera similar, Janampa (2022) reportó un peso de 1,31 kg por planta al incorporar 20 t/ha de estiércol de vacuno más 180-50-0 de fertilizantes, alcanzando hasta 1,92 kg empleado bioestimulantes foliares.

### **5.2.5 Rendimiento total y comercial (t/ha)**

Los resultados indicaron incrementos significativos en el rendimiento total con T<sub>5</sub> (Gallinaza: 47,00 t/ha) y T<sub>1</sub> (Fuente Química: 43,92 t/ha). Asimismo, el rendimiento comercial fue superior en T<sub>5</sub> (38,04 t/ha) y T<sub>1</sub> (37,91 t/ha). Este comportamiento confirma que la gallinaza, utilizada como fuente única, proporciona una liberación controlada y constante de nutrientes, favoreciendo la uniformidad de los tubérculos y optimizando su valor comercial.

Estos hallazgos son coherentes con lo reportado por Briceño (2024), quien alcanzó 28,50 t/ha en sistemas orgánicos con 4 t/ha de gallinaza, y por Romero et al. (2000), quienes, al integrar gallinaza a la fertilización mineral, lograron más de 43 t/ha. Estos últimos concluyeron que por cada tonelada de gallinaza se incrementa el rendimiento total de tubérculos en 1,47 toneladas. Peñaloza et al. (2019) también reportaron que 4 t/ha de gallinaza generaron el mayor rendimiento por hectárea frente a otras fuentes orgánicas, mientras que Vilca (2024) mostró que 6 y 3 t/ha produjeron 22,18 y 20,55 t/ha, respectivamente. De manera adicional, Quimbita (2024) evidenció que la combinación de fertirriego aumentado y 3 t/ha de gallinaza alcanzó 11 t/ha, con la mejor relación beneficio–costo (1,16), lo que demuestra que un manejo

integrado puede ser no solo productivo sino también económicamente eficiente.

En cuanto al uso de EM, Tito (2023) reportó que 15 t/ha de abono orgánico inoculado con microorganismos eficaces (EM) incrementaron significativamente el rendimiento, incluso en condiciones adversas de suelo infestado por nematodos. Vega (2019) y Pimentel (2016) señalaron incrementos hasta de 34,47 y 47,18 t/ha, aunque Pimentel advirtió sobre la necesidad de evaluar la rentabilidad.

En cuanto al cultivar Única, Gutiérrez et al. (2007) afirman que esta variedad puede producir más de 40 t/ha, e incluso alcanzar hasta 50 t/ha en invierno. Investigaciones recientes registran rendimientos similares a los hallazgos de esta investigación. Janampa (2022) reportó un rendimiento de 46,29 t/ha en el distrito de Calana, al incorporar 20 t/ha de estiércol de vacuno más 180-50-0 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, alcanzando hasta 58,96 t/ha empleado bioestimulantes foliares. Por otro lado, Mamani (2019) obtuvo un rendimiento de 46,69 t/ha en CEA III Los Pichones utilizando una fórmula de fertilización de 150-80-0 y 20 t/ha de materia orgánica. En conjunto Estos hallazgos sugieren la viabilidad de obtener rendimientos superiores a los promedios registrados a nivel regional y nacional.

### **5.2.6 Distribución por categorías (t/ha)**

El análisis por categorías indicó que T<sub>5</sub> (Gallinaza) logró los mayores valores en Extra (8,88 t/ha) y Primera (28,54 t/ha), mientras que en clases menores (Segunda, Tercera y Cuarta) predominaron en T<sub>1</sub>, T<sub>6</sub> y T<sub>3</sub>, respectivamente. Esto evidencia que la gallinaza favorece la producción de tubérculos de mayor tamaño y calidad comercial.

Romero et al. (2000) explicaron que este efecto se debe a la liberación sostenida de nutrientes y al incremento de biomasa microbiana que mejora la absorción de potasio y calcio, elementos clave en el engrosamiento de tubérculos. Valverde (2016) y Valverde et al. (2011) confirmaron que el uso de EM con compost y la gallinaza incrementan la proporción de categorías grandes, mejorando el valor comercial. Orrego et al. (2023) demostraron que dosis de 10 t/ha de gallinaza en suelos franco arenosos y 8 t/ha en franco arcillosos optimizan rendimiento y tamaño de tubérculos como factor de calidad. Finalmente, Quimbita (2024) complementó este análisis al indicar que la combinación de fertirriego incrementado con gallinaza mejora la uniformidad y peso en los tamaños comerciales, favoreciendo su aceptación en mercados de alto valor.

### **5.3 Discusión general sobre el efecto de los EM**

A diferencia de algunos autores que reportan respuestas positivas al uso de EM en papa (Pimentel, 2016; Valverde, 2016), los resultados de esta investigación indican que la aplicación de Microorganismos Eficaces (EM) no incrementó el número de tubérculos ni el peso promedio por planta. En algunos casos, incluso redujo significativamente estos indicadores, como se observó en T<sub>6</sub> (Gallinaza + EM). Esta discrepancia se alinea con estudios que documentan que la efectividad de los inoculantes microbianos depende en gran medida del contexto edáfico, fitosanitario y microbiológico del suelo, lo que puede impedir que manifiesten beneficios o incluso limitar la productividad.

En primer lugar, las condiciones edáficas juegan un papel crucial. Rahman et al. (2018) demostraron que, en suelos con un pH inferior a 5, el aluminio intercambiable inhibe el crecimiento radicular y restringe la absorción de nutrientes y agua, anulando el efecto de insumos biológicos que dependen de raíces activas. En ese sentido, Watkin et al. (2000), en una investigación de tres años, documentaron fallas en el establecimiento de inoculantes fijadores en suelos ácidos debido a la sensibilidad de las cepas al pH, un fenómeno extrapolable a otros consorcios microbianos. Bajo este escenario,

la limitada colonización de la rizosfera podría explicar por qué los EM no lograron integrarse funcionalmente al sistema radicular en este ensayo.

Además de lo anterior, se suma la presión fitosanitaria. Al respecto, Tanya & Leiva afirman que los EM pueden actuar como antagonistas, suprimiendo diversos agentes fitopatógenos causantes de enfermedades en numerosos cultivos. En las condiciones de este trabajo, se observó que los tratamientos inoculados con EM (sin fungicidas de síntesis), están más expuestos y vulnerables a agentes que causan la pudrición de tubérculos y disminuyen el vigor de las plantas. Põldmets et al. (2025) evidenciaron que agentes biológicos como *Bacillus*, *Pythium oligandrum* y *Trichoderma spp.* logran reducciones parciales del tizón, pero sin alcanzar la eficacia de los fungicidas sintéticos, destacando además la importancia crítica del momento de aplicación. Esto coincide con los resultados de Darbon et al. (2024), quienes, al evaluar durante tres años diferentes cepas benéficas en papa bajo condiciones de riego y seco, no encontraron incrementos en el rendimiento, confirmando que el establecimiento y la supervivencia de consorcios microbianos en la zona radicular es un factor determinante en los resultados agronómicos.

Otro aspecto relevante es la compatibilidad con los microorganismos nativos. Kaminsky et al. (2019) sostienen que la comunidad microbiana residente ejerce un efecto de exclusión por solapamiento de nicho y competencia, lo cual puede impedir que los inoculantes introducidos logren establecerse, además afirma que esta situación podría mejorarse mediante la adición de un nicho de nutrientes selectivo para el inóculo. Este mecanismo es consistente con los resultados que se observan en los tratamientos T<sub>6</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>2</sub>, donde la interacción de gallinaza, compost y fertilizante con EM no generó sinergias, sino que posiblemente exacerbó la competencia microbiana.

Finalmente, es importante señalar que la literatura especializada reconoce la variabilidad intrínseca de los resultados con inoculantes. Azarbad & Junker (2024), en un metaanálisis, concluyeron que los efectos de bioinoculantes varían ampliamente según diversos factores como las condiciones físicas y biológicas de suelo. Mayer et al. (2010) refuerzan este argumento al reportar, tras cuatro campañas consecutivas, que los EM no mejoraron ni los rendimientos ni la calidad del suelo en sistemas agrícolas. Todo ello permite sustentar que, en las condiciones específicas del presente experimento, los EM no lograron integrarse al enfrentar restricciones impuestas por las condiciones del suelo, pese a ser versátiles en adaptabilidad.

## CONCLUSIONES

La aplicación de las tres fuentes nutricionales evaluadas y los Microorganismos Eficaces (EM) influyó positivamente en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) cultivar Única en el CEA III Los Pichones, Tacna.

En lo referente al crecimiento vegetativo. Los tratamientos con gallinaza (T5: 60,67 cm) y gallinaza + EM (T6: 59,97 cm) presentaron el mayor promedio de altura por planta. Estos resultados demuestran la superioridad de la gallinaza y la fuente química, así como la influencia favorable de la combinación gallinaza + EM en el desarrollo vegetativo.

Respecto a los componentes del rendimiento. El número de tubérculos por planta fue superior en la fuente química (11,80 unidades) y gallinaza (11,73 unidades). En peso de tubérculos por planta, la gallinaza registró el valor más alto (1,36 kg), seguido de la fuente química (1,14 kg). Además, la gallinaza sobresalió en el rendimiento total (47,00 t/ha), rendimiento comercial (38,04 t/ha), categorías Extra (8,88 t/ha) y Primera (28,54 t/ha), posicionándose como la fuente nutricional más eficiente para incrementar la producción de tubérculos.

## **RECOMENDACIONES**

En zonas con condiciones similares al CEA III Los Pichones, se recomienda utilizar gallinaza compostada como abono de fondo para optimizar el rendimiento en la producción de papa.

Se sugiere replicar este estudio en diversas condiciones edafoclimáticas y con otros cultivares de papa, variando los momentos de la aplicación de EM, para confirmar la consistencia de los resultados y ajustar las dosis óptimas en diferentes entornos.

Se recomienda evaluar a largo plazo el uso de gallinaza y otras fuentes nutricionales con diferentes métodos de inoculación de Microorganismos Eficaces para confirmar el efecto de la actividad microbiana.

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Abeytilakarathna PD (2022). Factores que afectan la formación de estolones y la tuberización en la papa: una revisión. *Agricultural Reviews*. 43(1): 91-97. Obtenido de: DOI: [10.18805/ag.R-187](https://doi.org/10.18805/ag.R-187).

Anchivilca, G. (2018). “Abonamiento orgánico y fertilización NPK en arveja verde (*Pisum sativum* L.) cv. Rondo, bajo riego por goteo en Tupicocha, Huarochiri”. Universidad Nacional Agraria la Molina. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3559>

Arango, M. (2017). Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos. Trabajo de grado para optar por el título de Especialista en Gerencia Agropecuaria – Antioquia. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10567/2036>

Arcos, J., Mamani, H., Barrera, W. & Holguin, V. (2020). Manual técnico: Manejo integrado del cultivo de papa. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Obtenido de: ISBN: [978-9972-44-065-6](https://doi.org/10.18805/ag.R-187)

- Azarbad, H., & Junker, R. R. (2024). Biological and experimental factors that define the effectiveness of microbial inoculation on plant traits: a meta-analysis. *ISME communications*, 4(1), ycae122. Obtenido de: <https://doi.org/10.1093/ismeco/ycae122>
- Balcan, N. (2021). Control biológico de plagas: pesticidas microbianos. Universidad de Alcalá, 2021. Consultado 01 de octubre de 2024. Disponible en: <https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/49832>
- Barea, J., Azcón, R. & Azcón, C. (2005). Interacciones entre Hongos y bacterias micorrízicos para mejorar el ciclo de nutrientes de las plantas y estructura del suelo Pag. 195-212. DOI:10.1007/3-540-26609-7\_10.
- Bastos, C. (2006). Siembra de papa nativa. INIA, Lima - Perú. Disponible en: [https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/764/1/Bastos-Siembra\\_papa-nativa.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/764/1/Bastos-Siembra_papa-nativa.pdf)
- Bonadeo, E., Moreno, I., Bongiovanni, M., Marzari, R. & Ganum, M. (2017). Sistema suelo-planta Primera edición UniRío Editora, 2017 - ISBN 978-987-688-204-0. Universidad Nacional de Río. Consultado el 25 de junio de 2025. Disponible en: <http://www.unirioeditora.com.ar/producto/sistema-suelo-planta/>

Briceño, P. (2024). Agricultura Regenerativa en el cultivo de papa: efecto en el rendimiento, rentabilidad y huella de carbono en la variedad inia 325-poderosa. Universidad Nacional de Cajamarca. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.14074/6570>

Burgos, G. & Hann, S. (2019). Potencial nutricional de la papa. Centro Internacional de la Papa. Disponible en: <https://cipotato.org/wp-content/uploads/2019/08/CIP-Panamericanos-Lima-2019.pdf>

Carillanca, M. (2017). Botánica y morfología de la papa. Innovación Agraria, 12-34. Obtenido de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR36476.pdf>

Cerisola, C. (2015). Fertilidad Química. fertilización mineral: N – P – K nutrientes: principales, secundarios y microelementos fertilizantes: tipos y aplicación. Disponible en: <https://share.google/2RAmJ63phir5FcXvz>

Céspedes, C. (2022). Elaboración de compost como alternativa a la quema de rastrojos. Boletín INIA 463 - Chile. Consultado el 08 de noviembre de 2024. Disponible en: <https://expochileagricola.cl/wp-content/uploads/2022/08/Practicas-alternativas-al-uso-del-fuego-F.Sepulveda.pdf>

Cherlinka, V. (2024). Cultivo de papa: Requisitos y mejores técnicas. EOSDA, Blog. Disponible en: <https://eos.com/es/blog/cultivo-de-papa/>

Condori, W. (2023). Determinación del rendimiento a la aplicación de cuatro tipos de compost en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) Var. Holbrook F1 en el CEA III Los Pichones, Tacna. Pp. 40, 83. Consultado en: <https://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/20.500.12510/3600>

Coro, A. (2018). Evaluación de seis tecnologías de fertilización química, en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). Chimborazo: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de: <https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4343>

Cortbaoui, R. (1988). Siembra de papa. Boletín de Información Técnica 11. Edición revisada. Lima, Centro Internacional de la Papa. 17 pp. Disponible en: [https://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNABD601.pdf](https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABD601.pdf)

Darbon, G., Declerck, S., Riot, G., Doubell, M., & Dupuis, B. (2024). Inoculation and tracking of beneficial microbes reveal they can establish in field-grown potato roots and decrease blemish diseases. *Biology and Fertility of Soils*, 60(5), 699-712. <https://doi.org/10.1007/s00374-024-01822-z>

- DRAT. (2024). Tacna: Anuario Estadístico Agrícola 2023 – Dirección Regional de Agricultura – Tacna. Consultado el 30 de octubre de 2024. Disponible en: <https://agritacna.gob.pe/estadisticas?page=5>
- EARTH CARE. (2024). Proceso de Compostaje de Residuos Orgánicos. Última actualización el 17 de julio de 2024. Ecuador. Consultado en: <https://www.ecepl.com/organic-waste-composting-process/>
- EEAITAJ. (2013). Microorganismos Eficaces™ (EM™), Estación Experimental Agropecuaria para la Introducción de Tecnologías Apropriadas de Japón. Consultado el 31 de octubre de 2024. Disponible en: [https://www.emuruguay.org/PDF/Microorganismos\\_Eficaces\\_EM\\_Presentacion\\_breve.pdf](https://www.emuruguay.org/PDF/Microorganismos_Eficaces_EM_Presentacion_breve.pdf)
- Egusquiza, R. & Catalan, W. (2011). Guía Técnica. Curso taller de Manejo Integrado de papa. Lima, Perú. Consultado el 22 de setiembre de 2024. Disponible en: [https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitaciones\\_productores/papa/manejo\\_integrado\\_de\\_papa.pdf](https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitaciones_productores/papa/manejo_integrado_de_papa.pdf)
- Egúsqiza, R. (2013). Manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de papa, Cuzco Perú. Consultado el 03 de octubre de 2024.

Disponible en: <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/032-d-papa.pdf>

FAO. (2022). Duplicar la producción mundial de papa en 10 años es posible.

XI Congreso Mundial de la Papa. Consultado el 07 de octubre de 2024.

Disponible en: <https://www.fao.org/newsroom/detail/doubling-global-potato-production-in-10-years-is-possible/es>

Finck, A. (1988). Fertilizantes y fertilización. España, 441pp. Consultado el 31

de octubre de 2024. Obtenido de: [ISBN: 84-291-1010-0](#)

García C. & Félix, J. (2014). Manual para la producción de abonos orgánicos

y biorracionales. Primera edición, Mexico. [ISBN 978-607-8347-33-9](#).

Garro, J. (2016). El suelo y los abonos orgánicos. Instituto Nacional de

Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria INTA.

Consultado el 01 de noviembre de 2024. Disponible en:

<https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f04-10872.pdf>

Gliessman, S. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura

sostenible. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

(CATIE). Consultado el 10 de octubre de 2024. Disponible en:

<https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/9149>

González, P. (2019). Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Consultado el 02 de octubre de 2024. Disponible en: [https://www.bcn.cl/asesorias-parlamentarias/detalle\\_documento.html?id=74396](https://www.bcn.cl/asesorias-parlamentarias/detalle_documento.html?id=74396)

Grandón M. (1985). Uso de papa: semilla prebrotada. Estacion Experimental Remehue, INIA. Castilla 1110, Osorno. Inv.:03-F01050 S.T.: F-635.21/8 ej.1.

Guerrero, F. & Cuello, J. (2000). Módulo de agricultura orgánica y sostenible. CORPOICA, Colombia. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/20048>

Gutierrez, L. (2022). “Estiércol de gallina y su relación con el mejoramiento de suelos del sector Santa Maria alta, Trujillo” Perú. Universidad Privada del Norte.. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/32012>

Gutiérrez, R., Espinoza, J. & Bonierbale, M. (2007). UNICA: variedad peruana para mercado fresco y papa frita con tolerancia y resistencia para condiciones climáticas adversas. Revista Latinoamericana de la Papa. Disponible en: <http://ojs.papaslatinas.org/index.php/rev-alap/article/view/143>

INIA. (2000). Papa, Compendio de información técnica. Editado por INIA, Lima Perú. Consultado 02 de octubre de 2024. Disponible en: <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/862>

Inostroza, J., Méndez, P. & Sotomayor, L. (2009). Botánica y morfología de la papa. Boletín INIA, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 193. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7281>

INTAGRI. (2017). Las Funciones del Potasio en la nutrición vegetal. Serie nutrición vegetal Núm. 100. Artículos Técnicos de Intagri. México. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-funciones-del-potasio-en-la-nutricion-vegetal>

Janampa, A. (2022). “Influencia de cuatro bioestimulantes foliares en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad UNICA en condiciones del distrito de Calana – Tacna”. Consultado en: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/4967>

Kaminsky, L. M., Trexler, R. V., Malik, R. J., Hockett, K. L., & Bell, T. H. (2019). The inherent conflicts in developing soil microbial inoculants. *Trends in biotechnology*, 37(2), 140-151. DOI: [10.1016/j.tibtech.2018.11.011](https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2018.11.011).

- Lazarte, H. (2023). Urbanización agrícola. Desequilibrio espacial urbano/rural y afectación en la economía agrícola. Artículo, núm. 38 (30): Enero - diciembre 2023. Universidad Ricardo Palma. Disponible en: [https://doi.org/10.31381/arqui\\_textos30.6199](https://doi.org/10.31381/arqui_textos30.6199)
- Lucas, R. & De La Rosa, K. (2024). Efecto de dosis de fertilización en cinco variedades de papas mejoradas (*Solanum tuberosum*) en el distrito de Vilcabamba. URI: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/4710>
- Mamani, A. (2019). Efecto de diferentes pesos de tubérculo-semilla en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única en el CEA III los Pichones – Tacna. Disponible en: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3697>
- Marcelo, A. (2016). ¿Por qué son importantes los microorganismos del suelo para la agricultura? Cátedra de Microbiología Agrícola. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Argentina -Revista Química Viva - Número 1, agosto de 2016. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86347590002.pdf>

- Martinez, R. (2005). Crisis del modelo convencional global: Caso Agrario - Instituto Tecnológico de Costa Rica Cartago, Costa Rica pp. 60-69. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/166/16614108.pdf>
- Mayer, J., Scheid, S., Widmer, F., Fließbach, A., & Oberholzer, H. R. (2010). How effective are 'Effective Microorganisms®(EM)'? Results from a field study in temperate climate. *Applied soil ecology*, 46(2), 230-239. DOI: [10.1016/j.apsoil.2010.08.007](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.08.007)
- Méndez L., P. (2009) Plantación de papa y efecto de tallos en la producción. Temuco: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias, no. 193. Consultado el 18 de noviembre de 2025. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7286>
- Méndez, P. & Gaete, N. (2009). Principales enfermedades que afectan al cultivo de papa. Boletín INIA Nro. 194. Consultado el 08 de octubre de 2024. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7311>
- MIDAGRI. (2022). En el Día Nacional, el Perú lidera la producción de papa en América Latina. Consultado el 07 de octubre de 2024. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/612374-midagri-en-el-dia-nacional-el-peru-lidera-la-produccion-de-papa-en-america-latina>

MIDAGRI. (2025). Boletín Mensual “el agro en cifras” correspondiente a diciembre 2024. Consultado el 10 de septiembre de 2025, disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/7716402/5380407-boletin-mensual-el-agro-en-cifras-diciembre-2024.pdf?v=1741037956>

MINAGRI, INIA & CIP (2017). Catálogo de Variedades de papa nativa del sureste del departamento de Junín, Perú. ISBN 978-92-9060-208-8.

MINAGRI. (2009). Día Nacional de la papa - cadena agroproductiva, Boletín 1. Ministerio de Agricultura y Riego, Lima, Perú. Disponible en: <https://repositorio.midagri.gob.pe/handle/20.500.13036/360?mode=full>

MINAGRI. (2019). Requerimientos Agroclimáticos del cultivo de papa. Ministerio de Agricultura y Riego. Ficha Técnica Nro. 01. Disponible en: <https://repositorio.midagri.gob.pe/handle/20.500.13036/228>

MINAGRI. (2020). Manual Técnico: Manejo Integrado del cultivo de papa. Instituto Nacional de Innovación Agraria. ISBN: 978-9972-44-065-6

MINAM. (2019). Línea de base de la diversidad genética de la papa peruana con fines de bioseguridad. Ministerio del Ambiente y Centro Internacional de la papa. Obtenido de: <https://repositoriodigital.mimp.gob.pe/handle/123456789/1117>

- Mosquera, B. (2010). Abonos orgánicos, protegen el suelo y garantizan alimentación sana. Fondo para la Protección del Agua FONAG. Obtenido de: <https://share.google/xn24nlkrkPhXP6u92>
- Navarro, G. & Navarro, S. (2014). Fertilizantes: química y acción. España, pp. 227. ISBN: 978-84-8476-678-0
- OISCA. (2009). Manual práctico de uso de EM. The Organization for Industrial, Spiritual and Cultural Advancement (OISCA). Consultado el 02 de diciembre de 2024. Disponible en: [https://www.emuruguay.org/images/Manual\\_Practico\\_Uso\\_EM\\_OISCA\\_BID.pdf](https://www.emuruguay.org/images/Manual_Practico_Uso_EM_OISCA_BID.pdf)
- Orrego, M. I. P., Fuentes, H. E. F., García, C. F. C., Inay, G. C., & Lazo, J. E. M. (2023). Evaluación de gallinaza a granel en dos diferentes texturas de suelo sobre el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 6424-6454. Disponible en: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i2.5797](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5797)
- Pacaya, H. (2021). "Dosis de gallinaza y sus efectos sobre las características agronómicas y rendimiento de *Lactuca sativa* L., var. great lakes "lechuga", Zungarococha - Loreto. 2019", p. 63. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12737/7453>

- Pedraza, R., Teixeira, K. Fernández, A., García, I., Baca, B., Azcón, R., Baldani, V. & Bonilla, R. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. Revisión. *Ciencia Y Tecnología Agropecuaria*, 11(2), 155–164. Disponible en: [https://doi.org/10.21930/rcta.vol11\\_num2\\_art:206](https://doi.org/10.21930/rcta.vol11_num2_art:206)
- Peñaloza Monroy, J., Reyes Ramírez, A. K., González Huerta, A., Pérez López, D. D. J., & Sangerman-Jarquín, D. M. (2019). Fertilización orgánica con tres niveles de gallinaza en cuatro cultivares de papa. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(5), 1139-1149. Disponible en: <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i5.1759>
- Perez, E. (1978). Cosecha y clasificación de la papa. Instituto Colombiano Agropecuario. Obtenido de: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/23092>
- Pimentel, A. (2016). Efecto de los Microorganismos Eficaces (EM) en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) variedad Yungay en condiciones de Huacrachuco - Huánuco – 2014.” Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.13080/1607>
- Pinedo, R. & Olivas, T. (2023). Niveles de absorción de NPK y rendimiento del cultivo de papa en función a la dosis y método de fertilización

fraccionada. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía, Lima, Perú. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292023000400021>

Pöldmets, M., Koppel, M., Puidet, B., Abuley, I. K., Belle, N., Lynott, J., I. Kwesi Abule, Nicole Belle, James Lynott, J. Grønbech Hansen, H. Hausladen, M. Hokka, R. Lukkala, J. Mäenpää, L. Meno L. Grenville-Briggs, B.y Robert Dotson, S. Ravnskov & Lees, A. (2025). Use of Biological Control Agents and Plant Resistance Inducers for the Control of Potato Late Blight (*Phytophthora infestans*). *Potato Research*, 1-21. <https://rdcu.be/eMpFv>

Pomares, F. (2008). La fertilización y la fertiirrigación, programas de nutrición, influencia sobre la programación. *Actas de Horticultura*, 50, 133-143. España. Obtenido de: <http://hdl.handle.net/20.500.11939/7182>

Quimbita, J. W. (2024). Evaluación de tres dosis de fertirriego y dos dosis de gallinaza en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Superchola en CER Tunshi. Disponible en: <https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/21916>

- Rahman, M. A., Lee, S. H., Ji, H. C., Kabir, A. H., Jones, C. S., & Lee, K. W. (2018). Importance of mineral nutrition for mitigating aluminum toxicity in plants on acidic soils: current status and opportunities. *International journal of molecular sciences*, 19(10), 3073. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijms19103073>
- Romero, M., Trinidad, A., García, R. & Ferrera, R. (2000). Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. Agrociencia, Mexico. Consultado el 11 de noviembre de 2024. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/302/30234302.pdf>
- Rubio, O., Flores, R., Sotelo, E. & López, H. (2024) Densidades de población y dosis de fertilización N-P-K en papa variedad Citlali en el Valle de Toluca, México. DOI: <https://doi.org/10.35196/rfm.2024.3.269>
- Salinas, D. & Ramos, K. (2018). Aplicación de rocas, enmiendas orgánicas y microorganismos nativos de desierto, con tecnologías apropiadas, para la regeneración de suelos salinos del desierto de Atacama, región Tacna-Perú. – Sociedad Geologica del Perú. Obtenido de: <https://app.ingemmet.gob.pe /biblioteca/pdf/CPG19-344.pdf>

Sanabria, S., Mendoza, K., Sangay, S. & Cosme, R. (2021). Uso de coberturas vegetales en el manejo sostenible del suelo asociado al cultivo de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) Consultado el 08 de diciembre de 2024. Disponible en: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.036>

Sánchez, L. (2023). “Efecto del número de brotes por golpe de plantas en el rendimiento de tubérculos de papa del cultivar Única, Concepción – Junín 2022”. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/9545>

SENAMHI. (2025). Reporte Meteorológico diario DZ 7 Tacna y Moquegua. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. <https://www.gob.pe/institucion/senamhi/colecciones/47245-reporte-meteorol-gico-diario-dz-7-tacna-y-moquegua>

Serrano, P., Lucena, J., Ruano, S., Nogales, M., López, L., Betrán, J., Ramos, A., López, H., López, P., Bermejo, J., Urbano, P., Piñeiro, J., Castro, J., Blázquez, R., Ramos, C., Pomares, F., Quiñones, A., Martínez, B., Primo, E., Legaz, F., Espada, J., Escudero, E., García, C. & Pérez, J. (2010). Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. ISBN: 978-84-491-0997-3.

- Sherwood, D. (2018). El cultivo de la papa en Ecuador. Quito: Editorial Tecnolibros. URI: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2802>
- Spooner, D., McLean, K., Ramsay, G., Waugh, R. & Bryan, G. (2005). A single domestication for potato based on multilocus amplified fragment length polymorphism genotyping. Consultado 29 de setiembre de 2024. Disponible en: <https://doi.org/10.1073/pnas.0507400102>
- Tanya, M. & Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. Artículo, Centro Agrícola vol.46 no.2, Santa Clara. Consultado el 01 de octubre de 2024. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852019000200093](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093)
- Tapia, M. & Fries, A. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. Lima: Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú. Disponible en: <https://www.fao.org /4/ai185s/ai185s.pdf>
- Tito, R. (2023). "Rendimiento de cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) con la aplicación de Abono Orgánico inoculado con Microorganismos Eficaces (ME) en suelo infestado con nematodos, en Lliupapuquio -

San Jeronimo - Andahuaylas”. Consultado el 11 de noviembre de 2024. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12918/7418>

Valverde, F., Alvarado, S., Torres, C., Quishpe, J. & Parra, R. (2011). Los abonos orgánicos en la productividad de papa. INAIA. Quito, Ecuador. URI: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2498>

Valverde, S. (2016). “Efecto de los Microorganismos Eficaces y Bioabonos en el rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad canchan, en condiciones edafoclimáticas de Huacrachuco – Marañón - 2015”. Disponible en: <https://repositorio.unheval.edu.pe/item/4392d4d3-0208-4fc7-ac66-27e574821028>

Vega, M. (2019). Efectividad de Microorganismos Eficaces en la ecoeficiencia del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en condiciones edafoclimaticos del distrito de Panao, Huánuco – Perú. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.13080/4964>

Vilca Bellido, H. (2024). Niveles de gallinaza en el rendimiento de cuatro variedades de papa nativa (*Solanum spp*). Ayacucho. Obtenido de: <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/20.500.14612/7458>

Watkin, E. L., O'Hara, G. W., Howieson, J. G., & Glenn, A. R. (2000). Identification of tolerance to soil acidity in inoculant strains of *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii*. *Soil Biology and Biochemistry*, 32(10), 1393-1403. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00057-2](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00057-2)

Wiersema, S. (2002). Papa: Compendio de información técnica. INIA, Lima. Consultado el 02 de octubre de 2024. Disponible en: <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/862>

Yara. (2020). El cultivo de la papa en Ecuador. Obtenido de <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/papa/principios-agronicos-enel-cultivo-de-la-papa/>

## **ANEXOS**

Anexo 1. Altura promedio de planta (cm)

Bloques	Tratamientos					
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
BI	54,20	58,20	45,00	58,90	58,50	59,50
BII	56,10	56,80	46,20	60,10	64,30	60,60
BIII	56,50	61,40	43,40	60,80	59,20	59,80
<b>Promedio</b>	<b>55,60</b>	<b>58,80</b>	<b>44,87</b>	<b>59,93</b>	<b>60,67</b>	<b>59,97</b>

Anexo 2. Número promedio de brotes por planta (unidad)

Bloques	Tratamientos					
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
BI	3,90	2,50	2,90	2,50	2,50	2,60
BII	3,20	2,20	3,30	2,90	3,70	2,90
BIII	4,10	2,80	3,70	2,50	3,20	2,70
<b>Promedio</b>	<b>3,73</b>	<b>2,50</b>	<b>3,30</b>	<b>2,63</b>	<b>3,13</b>	<b>2,73</b>

Anexo 3. Número promedio de tubérculos por planta (unidad)

Bloques	Tratamientos					
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
BI	11,00	8,30	8,20	8,20	9,50	7,70
BII	11,70	8,00	8,30	9,60	13,90	9,50
BIII	12,70	7,80	11,40	9,50	11,80	6,60
<b>Promedio</b>	<b>11,80</b>	<b>8,03</b>	<b>9,30</b>	<b>9,10</b>	<b>11,73</b>	<b>7,93</b>

**Anexo 4.** Peso promedio de tubérculos por planta (kg)

Bloques	Tratamientos					
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
BI	1,05	0,98	0,84	0,91	1,06	0,82
BII	1,35	0,74	0,94	0,89	1,66	0,88
BIII	1,03	0,88	1,06	0,84	1,36	0,69
<b>Promedio</b>	<b>1,14</b>	<b>0,87</b>	<b>0,95</b>	<b>0,88</b>	<b>1,36</b>	<b>0,79</b>

**Anexo 5.** Datos del rendimiento total (t/ha)

Bloques	Tratamientos					
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
BI	43,13	34,04	33,99	31,58	48,77	31,45
BII	44,04	31,92	38,95	35,55	47,50	30,10
BIII	44,58	34,16	37,72	34,82	44,72	32,11
<b>Promedio</b>	<b>43,91</b>	<b>33,37</b>	<b>36,89</b>	<b>33,98</b>	<b>47,00</b>	<b>31,22</b>

**Anexo 6.** Datos del rendimiento comercial (t/ha)

Bloques	Tratamientos					
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
BI	37,78	25,80	31,11	27,78	39,44	27,40
BII	37,87	23,33	35,63	31,51	38,58	27,23
BIII	38,07	25,63	34,44	31,74	36,11	28,89
<b>Promedio</b>	<b>37,91</b>	<b>24,92</b>	<b>33,73</b>	<b>30,34</b>	<b>38,05</b>	<b>27,84</b>

**Anexo 7. Datos del rendimiento comercial por categorías (t/ha)**

02/07/2025	(Pérez,	Categoría	Tratamientos					
(Día 111)	1978)		(t/ha)					
BLOQUES	(g)		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
I	> 150	Extra	8,15	2,59	3,70	9,26	3,98	8,15
II			8,52	3,07	3,89	8,85	2,78	8,52
III			8,43	3,02	2,96	8,52	3,15	8,43
<b>Promedio</b>			<b>8,37</b>	<b>2,89</b>	<b>3,52</b>	<b>8,88</b>	<b>3,30</b>	<b>8,37</b>
I	80-150	Primera	24,07	18,65	20,93	15,56	28,89	18,15
II			21,48	17,41	23,52	20,22	30,07	18,57
III			22,63	18,89	22,22	21,48	26,67	20,37
<b>Promedio</b>			<b>22,73</b>	<b>18,31</b>	<b>22,22</b>	<b>19,09</b>	<b>28,54</b>	<b>19,03</b>
I	40-80	Segunda	11,11	5,74	8,15	9,63	8,89	6,48
II			13,70	4,44	10,37	8,89	7,03	5,69
III			13,04	5,41	10,56	7,78	8,15	4,81
<b>Promedio</b>			<b>12,62</b>	<b>5,20</b>	<b>9,69</b>	<b>8,77</b>	<b>8,02</b>	<b>5,66</b>
I	20-40	Tercera	2,59	1,41	2,04	2,59	1,67	2,77
II			2,69	1,48	1,74	2,41	1,48	2,96
III			2,41	1,33	1,67	2,48	1,30	3,70
<b>Promedio</b>			<b>2,56</b>	<b>1,41</b>	<b>1,81</b>	<b>2,49</b>	<b>1,48</b>	<b>3,15</b>
I	< 20	Cuarta	0,17	0,09	0,28	0,09	0,07	0,07
II			0,24	0,07	0,26	0,14	0,07	0,09
III			0,21	0,09	0,26	0,12	0,09	0,07
<b>Promedio</b>			<b>0,20</b>	<b>0,09</b>	<b>0,27</b>	<b>0,12</b>	<b>0,08</b>	<b>0,08</b>

## Anexo 8. Informe del analisis de caracterización del suelo

### I. INFORMACION PRELIMINAR

SOLICITANTE : Joel Roman Aro Aro  
 DIRECCION : Pueblo joven San Martin Mz. H Lt. 01  
 TIPO DE MUESTRA : Suelo N° M – 01  
 SERVICIO SOLICITADO : Análisis Caracterización de Suelo  
 FECHA DE MUESTREO : 03 de Diciembre del 2024  
 ZONA DE MUESTREO : Fundo: CEA III Los Pichones - Tacna  
 CULTIVO ANTERIOR : Vainita  
 CULTIVO A INTALAR : papa  
 PRESENTACION : Bolsa de polietileno  
 FECHA DE RECEPCION : 03 de Diciembre del 2024  
 FECHA DE ANALISIS : 30 de Diciembre del 2024

### II. RESULTADO ANALISIS DE CARACTERIZACION EN SUELOS

COD. LAB.	ANALISIS MECANICO				ANALISIS QUIMICO					ELEMENTOS DISPONIBLES	
	Arena %	Arcilla %	Limo %	Clase Textural	CO <sub>3</sub> Ca %	pH	C.E. mS/cm	M.O. %	N %	P ppm	K ppm
105.024	69.84	4.16	26.00	Fr. A.	0.00	5.75	9.14	0.76	0.10	11.09	199.87

Abreviaturas: Fr. A. = Franco Arenoso C.E.= Conductividad Eléctrica mS/m = milisiemens por cm = mmho Por cm  
 %=Porcentaje ppm = partes por millón pH Y C.E. = Pasta Saturada CO<sub>3</sub>Ca =Carbonato de Calcio

COD. LAB.	CIC	CATIONES CAMBIABLES					Suma de cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases	% Sat. De Acidez	% PSI
		Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>					
meq/100g											
105.024	17.68	11.60	2.31	0.28	0.74	2.75	17.68	14.93	84.45	15.55	4.19

Abreviaturas: CIC=capacidad de Intercambio Catiónico meq/100gs = miliequivalentes x 100gs de suelo  
 PSI= Porcentaje de sodio Intercambiable

### III. INTERPRETACION DE LOS ANALISIS DE CARACTERIZACION

COD. LAB	CO <sub>3</sub> Ca	pH	C.E.	MAT. ORG.	NITROG.	FOSFORO	POTASIO
105.024	Deficiente	Moderadamente Acido	Muy Salino	Deficiente	Deficiente	Normal	Excesivo
COD. LAB	CATIONES CAMBIABLES				CIC	PSI	
	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>			
105.024	Alto	Medio	Medio	Alto	Medio	Bajo	

Tacna, 30 de Diciembre del 2024

Realizado por:

Dr. Juan Carlos Tejada Vizcarra  
 Responsable Lab. Central de análisis

Av. Cusco s/n "Fundo los Pichones" UNJBG  
 Telf: 583000 Anexo 2254  
 e-mail: esag@unjbg.edu.pe

## Anexo 9. Informe del análisis de gallinaza



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA  
LABORATORIO CENTRAL DE ANALISIS



### INFORME DE ANALISIS N°163-025 LCA-ESAG

#### I. INFORMACION PRELIMINAR

SOLICITANTE : Joel Roman Aro Aro  
DIRECCION : -  
TIPO DE MUESTRA : Gallinaza N° M – 01  
SERVICIO SOLICITADO : **Análisis de materia orgánica**  
RECIBO : **293262**  
FECHA DE MUESTREO : 17 de noviembre del 2025  
PRESENTACION : Bolsa de polietileno  
FECHA DE RECEPCION : 17 de Noviembre del 2025  
FECHA DE ANALISIS : 03 de Diciembre del 2025

#### II. RESULTADO ANALISIS DE MATERIA ORGÁNICA

N°	Descripción de muestra	ANALISIS QUIMICO										
		pH Pasta Sat.	C.E. (1:5) mS/cm	M.O. %	C %	N %	P %	K %	Ca ppm	Mg ppm	Na ppm	Relación C/N
I	Gallinaza	7.10	5.63	23.7	13.75	1.19	1.84	0.66	2400	520	998.2	800.4

Abreviaturas: M.O. = Materia Orgánica C.E.= Conductividad Eléctrica mS/m = milisiemens por cm = mmho Por cm  
% = Porcentaje ppm = partes por millón pH = Pasta Saturada C.E. = 1:5



*Tejada Vizcarra*  
Juan Carlos Tejada Vizcarra  
Responsable Lab. Central de análisis

**Anexo 10. Panel fotográfico de conducción del cultivo**



**Figura 1. Activación de Microorganismos Eficaces**



**Figura 2.** Preparación y nivelación del área experimental



**Figura 3.** Estiramiento de cintas de riego del área experimental



**Figura 4.** Siembra de tubérculos en las unidades experimentales



**Figura 5.** Brotamiento de papa cultivar Única



**Figura 6.** Ficha de identificación del área experimental



**Figura 7.** Aporcado del área experimental



**Figura 8.** Toma de datos de altura según ficha de identificación de la muestra



**Figura 9.** Cosecha de papa del área experimental



**Figura 10.** Tubérculos cosechados por unidad experimental



**Figura 11.** Finalización del experimento en cultivo de papa, cultivar Única