

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA
ESUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA



TESIS

**APLICACIÓN DE TRES DOSIS DE MICROORGANISMOS EFICIENTES
Effectbio SC, EN EL CULTIVO DE PAPA, VARIEDAD CICA (*Solanum
tuberosum* L.), EN K'AYRA - SAN JERONIMO - CUSCO**

PRESENTADO POR:

Br. DEYSI HANCCO HUILLCA

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

ASESORA:

Dra. CATALINA JIMÉNEZ AGUILAR

CUSCO – PERÚ

2026



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor Dra. CATALINA JIMÉNEZ AGUILAR
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: "APLICACIÓN DE TRES DOSIS
DE MICROORGANISMOS EFICIENTES Efectbio SC,
EN EL CULTIVO DE PAPA, VARIEDAD CICA (Solanum
tuberosum L.), EN KAYBAY - SAN JERÓNIMO - CUSCO"

Presentado por: HANCCO HUILLCA DEYSI DNI N° 72037686
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO AGRÓNOMO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de**
Similitud en la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 2 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	<u>X</u>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 09 de junio de 2026

Catalina Jiménez Aguilar
Firma

Post firma Catalina Jiménez Aguilar

Nro. de DNI 23936715

ORCID del Asesor 0000-0002-1813-7756

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259:598757844

DEYSI HANCCO HUILLCA

APLICACIÓN DE TRES DOSIS DE MICROORGANISMOS EFICIENTES Effectbio SC, EN EL CULTIVO DE PAPA, VARIED...



Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:598757844

Fecha de entrega

9 jun 2026, 1:19 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

9 jun 2026, 1:22 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS DEYSI HANCCO HUILLCA.pdf

Tamaño del archivo

5.6 MB

115 páginas

23.082 palabras

126.282 caracteres

2% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)
- Trabajos entregados
- Fuentes de Internet

Fuentes principales

- 0%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
3 caracteres sospechosos en N.º de página
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A DIOS: quien me da fuerza y salud para no desistir de lograr este objetivo.

A MIS PADRES: Faustino Hancoco Quino y Asunta Huillca Huamán, por haberme ayudado a alcanzar este logro académico, que es un reflejo de cada sacrificio que han hecho por mí, su esfuerzo constante y su dedicación hacia mi persona.

A MI PAREJA: Enrique Álvarez Anaya, hoy termina un ciclo muy importante en mi vida y tú has sido parte fundamental de este proceso, con tu amor, tu apoyo incondicional y sobre todo la paciencia que me has tenido. Gracias por haberme acompañado en este largo camino. Este logro es también tuyo, porque tú me has inspirado, motivado y ayudado a crecer como persona y como profesional.

A MIS HERMANOS: Abraham, Yesenia y Joel, quienes siempre me han motivado a seguir adelante en todo momento. Vuestro apoyo ha sido fundamental para lograr culminar mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, a la Facultad de Agronomía y Zootecnia por brindarme la calidad de educación durante mi formación profesional y así poder concluir mi carrera universitaria.

A mis queridos docentes de la Escuela Profesional de Agronomía, por todos sus conocimientos impartidos y por cada experiencia compartida durante mi formación académica.

A mi asesora y co-asesor un eterno agradecimiento, Dra. Catalina Jiménez Aguilar y Mgt. Víctor Minauro Rojas, por el tiempo y apoyo constante durante la elaboración y ejecución del trabajo de investigación, como también haberme tenido toda la paciencia para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.

INDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	1
I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Identificación del problema objeto de investigación	2
1.2. Formulación del problema.....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos	3
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....	4
2.1. Objetivos y justificación.....	4
2.1.1. Objetivo general.....	4
2.1.2. Objetivos específicos	4
2.2. Justificación	4
III. HIPÓTESIS.....	6
3.1. Hipótesis general	6
3.2. Hipótesis específicas	6
IV. MARCO TEÓRICO	7
4.1. Antecedentes	7
4.1.1. Antecedente internacional.....	7
4.1.2. Antecedente nacional	7
4.1.3. Antecedente regional	9
4.2. Bases teóricas	10
4.2.1. Origen y distribución	10
4.2.2. Ficha técnica del cultivo de papa variedad CICA.....	11
4.2.3. Posición taxonómica	12
4.2.4. Características morfológicas.....	12
4.2.5. Requerimientos climáticos	15
4.2.6. Fenología del cultivo	16
4.2.7. Prácticas agronómicas.....	17

4.2.8.	Microorganismos eficientes.....	19
4.2.9.	Microorganismos eficientes utilizados en la investigación	25
4.3.	Definición de términos	28
4.3.1.	Microorganismos eficientes.....	28
4.3.2.	Efecto.....	28
4.3.3.	Rendimiento.....	28
4.3.4.	Características agronómicas.....	29
4.3.5.	Biona.....	29
4.3.6.	Producto orgánico.....	29
4.3.7.	Ambiente.....	29
4.3.8.	Tubérculo	29
V.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	30
5.1.	Tipo de investigación	30
5.2.	Ubicación	30
5.2.1.	Ubicación espacial	30
5.2.2.	Ubicación política.....	31
5.2.3.	Ubicación geográfica	31
5.2.4.	Ubicación hidrográfica	31
5.2.5.	Zona de vida	31
5.2.6.	Ubicación temporal	32
5.3.	Materiales y métodos.....	32
5.3.1.	Materiales de campo.....	32
5.3.2.	Herramientas	32
5.3.3.	Equipos.....	32
5.3.4.	Material biológico	33
5.4.	Análisis físico químico del suelo	33
5.4.1.	Toma de muestra.....	33
5.5.	Metodología	34
5.5.1.	Diseño experimental	35
5.5.2.	Características del campo experimental	36
5.5.3.	Microorganismos eficientes en estudio	40

5.5.4.	Factores de estudio	40
5.5.5.	Aplicación Tratamientos para el suelo	40
5.5.6.	Descripción del cálculo para cada tratamiento.....	41
5.5.7.	Aplicación de microorganismos eficientes para el tratamiento de semilla	44
5.6.	Conducción del experimento.....	45
5.6.1.	Preparación del terreno	45
5.6.2.	trazado de bloques y replanteo.....	45
5.6.3.	Trazado de surcos	46
5.6.4.	Inoculación de microorganismos eficientes al suelo (antes de la siembra).....	46
5.6.5.	Tratamiento de la semilla (tubérculos)	47
5.6.6.	Siembra.....	48
5.6.7.	Aporque	49
5.6.8.	Control de malezas	50
5.6.9.	Control de fitosanitario	50
5.6.10.	Cosecha.....	52
5.7.	Evaluación	52
5.7.1.	Rendimiento de tubérculos	53
5.7.2.	Características agronómicas.....	54
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	57
6.1.	Rendimiento.....	57
6.1.1.	Rendimiento en kg/ha	57
6.1.2.	Rendimiento peso de las 10 plantas kg/planta.....	59
6.1.3.	Rendimiento primera kg/ha	60
6.1.4.	Rendimiento segunda en kg/ha	62
6.1.5.	Rendimiento tercera en kg/ha	64
6.2.	Características agronómicas.....	65
6.2.1.	Altura de planta.....	65
6.2.2.	Diámetro ecuatorial en (mm).....	67
6.2.3.	Diámetro polar en (mm)	69
6.2.4.	Número de tubérculos por planta.....	70
VII.	CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS	73

7.1.	Conclusiones	73
7.2.	Sugerencias	74
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	75
ANEXOS		79

INDICE DE GRAFICO

Gráfico 1 Croquis del campo experimental	37
Gráfico 2 Marco de plantación	38
Gráfico 3 Unidad Experimental	39
Gráfico 4 Promedios de rendimiento en kg/ha	58
Gráfico 5 Promedio peso de las 10 plantas kg/planta	60
Gráfico 6 Promedio de rendimiento primera kg/ha	61
Gráfico 7 Promedio de rendimiento segunda en kg/ha	63
Gráfico 8 Promedio de rendimiento tercera en kg/ha	65
Gráfico 9 Promedio de altura de planta en (m)	67
Gráfico 10 Promedio de diámetro ecuatorial en (mm).....	68
Gráfico 11 Promedio de Diámetro polar en (mm).....	70
Gráfico 12 Promedio de Número de tubérculos por planta	71

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Recomendaciones del uso de effectbio sc	25
Tabla 2 Recomendaciones de uso Bactofort.....	26
Tabla 3 Recomendación de uso respecta 25%	27
Tabla 4 Recomendaciones de uso Nitrocereal.....	27
Tabla 5 ANVA - DBCA	35
Tabla 6 Dosis de microorganismos eficientes para la semilla	44
Tabla 7 Promedio de rendimiento en kg/ha.....	57
Tabla 8 ANVA rendimiento en kg/ha	57
Tabla 9 Comparación de medias rendimiento en kg/ha	58
Tabla 10 Promedio de peso de las 10 plantas kg/planta.....	59
Tabla 11 ANVA rendimiento peso de las 10 plantas kg/planta.....	59
Tabla 12 Promedio de rendimiento primera en kg/ha	60
Tabla 13 ANVA rendimiento primera kg/ha	61
Tabla 14 Promedio de rendimiento segunda en kg/ha	62
Tabla 15 ANVA rendimiento segunda en kg/ha	62
Tabla 16 Comparación de medias rendimiento segunda en kg/ha	63
Tabla 17 Promedio de rendimiento tercera en kg/ha	64

Tabla 18 ANVA rendimiento tercera en kg/ha	64
Tabla 19 Resultados de altura de planta.....	65
Tabla 20 ANVA altura de planta en (m).....	66
Tabla 21 Comparación de medias altura de planta en (m).....	66
Tabla 22 Promedio de diámetro ecuatorial en (mm)	67
Tabla 23 ANVA diámetro ecuatorial en (mm).....	68
Tabla 24 Promedio de diámetro polar en (mm).....	69
Tabla 25 ANVA diámetro polar en (mm)	69
Tabla 26 Promedio de número de tubérculos por planta.....	70
Tabla 27 ANVA número de tubérculos por planta	71
Tabla 28. Rendimientos en 10 plantas	80
Tabla 29. Rendimientos por área neta	80
Tabla 30. Rendimientos por hectárea	80
Tabla 31. Altura de planta	80
Tabla 32. Numero de tubérculos por planta	81
Tabla 33. Diámetro ecuatorial de tubérculo.....	81
Tabla 34. Diámetro polar de tubérculo	81
Tabla 35. Resultados en campo.....	82
Tabla 36. Convertidos en kg/ha	82

INDICE DE FOTOGRAFÍA

Fotografía 1 Planta y tallo de papa variedad CICA	12
Fotografía 2 Tubérculo	15
Fotografía 3 Preparación de terreno	45
Fotografía 4 Trazado de bloques y replanteo.....	46
Fotografía 5 Inoculación de microorganismos en el suelo	47
Fotografía 6 Tratamiento de semilla.....	48
Fotografía 7 Siembra.....	49
Fotografía 8 Aporque	49
Fotografía 9 Control de malezas	50
Fotografía 10 Control de plagas y enfermedades	51

Fotografía 11 Cosecha del área neta	52
Fotografía 12 Peso de tubérculo por hectárea	53
Fotografía 13 Peso de tubérculo por planta	54
Fotografía 14 Altura de planta	54
Fotografía 15 Numero de tubérculos por planta	55
Fotografía 16 Diámetro polar de los tubérculos	56
Fotografía 17 Diámetro ecuatorial de los tubérculos	56
Fotografía 18. Trazado de campo experimental.....	89
Fotografía 19. Distribución de tratamientos.....	89
Fotografía 20. Aplicación de microorganismos en la semilla.....	90
Fotografía 21. Aplicación de microorganismos eficientes en el suelo	90
Fotografía 22. Siembra.....	91
Fotografía 23. Aporque	91
Fotografía 24. Control fitosanitario	92
Fotografía 25. Cosecha.....	92
Fotografía 26. Evaluación de rendimiento.....	93
Fotografía 27. Evaluación de diámetro ecuatorial	93
Fotografía 28. Evaluación de diámetro polar.....	94
Fotografía 29. Effectbio Sc	94
Fotografía 30. Bactofort.....	95
Fotografía 31. Respecta 25%.....	95
Fotografía 32. Nitrocereal(Tubérculo).....	96

INDICE DE CUADRO

Cuadro 1 Análisis e interpretación del suelo	34
Cuadro 2 Momentos de aplicación de los microorganismos eficientes	40
Cuadro 3 Descripción de tratamientos	40
Cuadro 4. Peso de las 10 plantas (kg/planta)	84
Cuadro 5. Altura de planta (m)	85
Cuadro 6. Numero de tubérculos por planta	86
Cuadro 7. Diámetro ecuatorial(mm)	87

Cuadro 8. Diámetro polar (mm).....	88
------------------------------------	----

INDICE DE IMAGEN

Imagen 1 Fenología del cultivo de papa.....	17
Imagen 2 ubicación espacial de la investigacion.....	30
Imagen 3 Campo experimental	31

ANEXOS

Anexo 1. Resultados de rendimiento.....	80
Anexo 2. Resultados de características agronómicas.....	80
Anexo 3. Datos evaluados en campo.....	82
Anexo 4. Panel fotográfico	89
Anexo 5. Microorganismos eficientes utilizados en el trabajo de investigación.....	94
Anexo 6. Ficha técnica de microorganismos eficientes.....	97
Anexo 7. Ficha técnica del cultivo de papa variedad CICA.....	101
Anexo 8. Análisis físico químico del suelo.....	102

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, titulado “Aplicación de tres dosis de microorganismos eficientes Effectbio SC, en el cultivo de papa, variedad CICA (*Solanum tuberosum* L.), en K’ayra - San Jerónimo - Cusco”, tuvo como objetivos determinar el rendimiento del cultivo de papa variedad CICA mediante la aplicación de tres dosis de microorganismos eficientes Effectbio SC y evaluar cómo afecta la aplicación de tres dosis de microorganismos eficientes effectbio S, sobre características agronómicas como la altura de planta, número de tubérculos por planta, diámetro polar y diámetro ecuatorial de los tubérculos. La investigación se realizó durante la campaña agrícola 2024–2025, empleando un Diseño de Bloques Completamente al Azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones.

Los resultados mostraron que el tratamiento T3 obtuvo el mayor rendimiento total con 28,308.50 kg/ha, mientras que el testigo T4 registró el menor rendimiento con 19,984.50 kg/ha. En el rendimiento por categorías comerciales, T2 alcanzó mayores rendimientos de tubérculos en primera (13,433.25 kg/ha) y segunda (11,605.75 kg/ha), mientras que T1 destacó en la categoría de tercera con 2,937.75 kg/ha. Asimismo, T3 presentó el mayor peso de tubérculos por planta con 1.24 kg.

Respecto a las características agronómicas, T2 registró la mayor altura de planta (1.15 m), así como los mayores diámetros polar (38.15 mm) y ecuatorial (43.51 mm). Por su parte, T1 obtuvo el mayor número de tubérculos por planta con 20.33. En resumen, la aplicación de microorganismos eficientes Effectbio SC mejoró el rendimiento y las características agronómicas del cultivo de papa variedad CICA.

Palabras clave: Microorganismos eficientes, Rendimiento, Características Agronómicas, Biona.

INTRODUCCIÓN

A nivel global, la papa es el cuarto alimento más importante, después del arroz, trigo y maíz. En el Perú, su consumo es elevado y forma parte esencial de la dieta diaria. La alta demanda ha impulsado su cultivo, el cual se realiza principalmente mediante siembra directa usando semilla tubérculo. Para obtener un buen rendimiento y calidad, es fundamental un manejo adecuado del cultivo. Las prácticas agrícolas deben centrarse en optimizar todas las etapas del proceso productivo. Así, se garantiza una producción eficiente y sostenible.

En los últimos años, se han introducido productos agrícolas que contienen microorganismos beneficiosos llamados microorganismos eficientes. Estos forman parte de consorcios microbianos que interactúan con la flora de la rizosfera, generando efectos positivos en el desarrollo del cultivo. Su aplicación en campo ha demostrado beneficios como el fortalecimiento del sistema radicular y una mejor absorción de nutrientes. Estas tecnologías emergen como herramientas clave para una agricultura más saludable. Contribuyen además a reducir el uso de insumos químicos. Por ello, su uso está siendo promovido en diversos cultivos.

En el Perú, el uso de estos microorganismos aún es limitado y no se ha difundido lo suficiente. Esta falta de investigación impide que los agricultores accedan a sus beneficios de manera informada. Por ello, se hace necesaria una evaluación detallada de su efectividad en el cultivo de papa. Esta investigación busca comprobar si realmente ayudan a mejorar el rendimiento y la calidad del producto. Con resultados claros, se podrán brindar recomendaciones técnicas a los productores. Así, se impulsará una agricultura más ecoeficiente y sostenible en el país.

En este estudio se evaluó la aplicación de microorganismos eficientes en el cultivo de papa de la variedad CICA, en K'ayra, San Jerónimo, Cusco. Se analizó su efecto sobre el rendimiento y las características agronómicas mediante un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA). Los resultados buscan un buen rendimiento y calidad del cultivo.

La autora

I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del problema objeto de investigación

En las regiones de la sierra sur, uno de los principales cultivos es la papa, la cual ha enfrentado en los últimos años serias consecuencias debido al uso excesivo de fertilizantes sintéticos y pesticidas. Muchos agricultores se ven obligados a utilizar estos insumos para alcanzar los rendimientos necesarios que les permitan generar ingresos y garantizar el bienestar de sus familias; sin embargo, este manejo inadecuado ha provocado el empobrecimiento del suelo, así como la aparición de plagas y enfermedades cada vez más resistentes a los agroquímicos.

El bajo rendimiento y la calidad deficiente del cultivo de papa en la región del Cusco están asociados principalmente al manejo inadecuado del suelo y a la limitada adopción de tecnologías sostenibles, como el uso de microorganismos eficientes. Las prácticas agrícolas tradicionales, basadas en un uso intensivo del terreno y en la escasa reposición de nutrientes, han deteriorado la fertilidad y la estructura del suelo, reduciendo su capacidad productiva.

En la variedad CICA, cuyo potencial de rendimiento puede alcanzar aproximadamente 35 toneladas por hectárea bajo condiciones adecuadas de manejo, los productores frecuentemente obtienen rendimientos inferiores debido a las limitaciones en la fertilidad del suelo y al uso ineficiente de tecnologías sostenibles. Asimismo, la falta de acceso a información y a tecnologías innovadoras dificulta la transición hacia sistemas de producción más eficientes y sostenibles. Esta situación afecta directamente la economía de los agricultores y disminuye la competitividad del cultivo en el mercado. Por ello, resulta urgente implementar estrategias que promuevan un manejo adecuado del suelo y la incorporación de tecnologías biológicas que contribuyan a mejorar el rendimiento y la calidad del cultivo de papa.

En este contexto, los microorganismos eficientes (ME) representan una alternativa sostenible para mejorar la producción agrícola, ya que fortalecen la estructura del suelo, aceleran la formación de humus y aumentan la disponibilidad de nutrientes. Sin embargo, antes de recomendar su uso en el cultivo de papa variedad CICA, es necesario evaluar su efectividad y determinar si contribuyen a alcanzar rendimientos cercanos a las 35 toneladas por hectárea, además de promover una agricultura más orgánica y sostenible.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo será el efecto de la aplicación de tres dosis de Microorganismos Eficientes Effectbio SC, en el cultivo de papa, variedad CICA (*Solanum tuberosum* L.), en K'ayra - San Jerónimo - Cusco?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cuál es el efecto de la aplicación de tres dosis de Microorganismos Eficientes Effectbio SC, en el rendimiento del cultivo de papa variedad CICA?
2. ¿Cómo afecta la aplicación de tres dosis de Microorganismos Eficientes Effectbio SC, sobre las características agronómicas como altura de planta, numero de tubérculos por planta, diámetro polar y ecuatorial de tubérculos del cultivo de papa, variedad CICA?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivos y justificación

2.1.1. Objetivo general

Comparar el efecto de la aplicación de tres dosis de Microorganismos Eficientes Effectbio SC, en el cultivo de papa, variedad CICA (*Solanum tuberosum* L.), en K'ayra - San Jerónimo – Cusco.

2.1.2. Objetivos específicos

1. Determinar el rendimiento del cultivo de papa variedad CICA, por efecto de la aplicación de tres dosis de Microorganismos Eficientes Effectbio SC.
2. Evaluar el efecto de la aplicación de tres dosis de Microorganismos Eficientes Effectbio SC, sobre las características agronómicas como altura de planta, numero de tubérculos por planta, diámetro polar y ecuatorial de tubérculos del cultivo de papa, variedad CICA.

2.2. Justificación

El cultivo de papa es fundamental para la seguridad alimentaria en el Perú, especialmente en zonas altoandinas, donde representa una fuente clave de ingreso para muchas familias. Sin embargo, enfrenta problemas como el uso excesivo de plaguicidas y la degradación del suelo, lo que reduce su rentabilidad. En este contexto, los microorganismos eficientes surgen como una alternativa sostenible que mejora el desarrollo del cultivo al interactuar con la rizosfera. A pesar de sus beneficios, su aplicación aún es limitada y poco estudiada en el país. Por ello, esta investigación busca evaluar su efectividad y aportar soluciones prácticas para mejorar el rendimiento del cultivo de papa.

- **Económico**

La papa es un producto de gran demanda en el mercado mundial; cuanto mayor sea la producción obtenida por área cultivada, mayores serán los ingresos económicos para los agricultores, aprovechar esta demanda para la comercialización de papa es desde luego una excelente opción debido a que representa un buen potencial de oportunidades comerciales.

- **Social**

Esta investigación se justifica, ya que el cultivo de papa es un recurso fundamental en la alimentación de las comunidades andinas por ello es una necesidad encontrar en mejor rendimiento de la variedad CICA por lo consiguiente mejorar el rendimiento del cultivo de papa requiere realizar medidas de prevención y control con labores culturales con la aplicación eficiente de microorganismos eficientes; de esta manera contribuir con una alternativa para la solución del problema, lo cual a su vez les permitirá a los agricultores seguir cultivando, mejorando su calidad de vida e incrementando la producción nacional de papa.

- **Ambiental**

justificar la investigación depende directamente si su uso y aplicación de productos biológicos como los microorganismos eficientes afectan o no positivamente en el cultivo de papa, indicado a su vez que este tipo de productos minimiza el uso de pesticidas químicos que contaminan el medio ambiente, ya que permitirá conocer si efectivamente se obtendrá una producción más sostenible en el medio en el que vivimos y a su vez mejorara el rendimiento del cultivo de papa y que puede ser aprovechada exitosamente por los agricultores y productores locales, por lo tanto, esta investigación es de gran importancia, y se justifica plenamente.

- **Investigación**

Desde una perspectiva de investigación, existe desconocimiento por parte de los agricultores sobre el uso de los Microorganismos Eficaces (ME) para efectuar el manejo de suelo infestado con plagas. Es por eso que, se buscan alternativas para contrarrestar el ataque plagas y enfermedades sobre los cultivos de papa. En ese contexto, la investigación se desarrolla para brindar aportes en la búsqueda de alternativas que permitan generar mayor rendimiento en la producción del cultivo de papa a través de la incorporación de Microorganismos Eficientes (ME) en suelos infestados con nematodos. Por lo consiguiente, el uso de microorganismos eficientes ayuda a contrarrestar la contaminación del suelo por el uso irracional de plaguicidas que son empleados en el control de plagas y enfermedades en la producción del cultivo de papa, los cuales a su vez influyen negativamente en la degradación de los suelos.

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

El rendimiento y características agronómicas con la aplicación de tres dosis de Microorganismos Eficientes Effectbio SC son superiores al testigo en el cultivo de papa variedad CICA, en K'ayra, San Jerónimo, Cusco.

3.2. Hipótesis específicas

1. El rendimiento del cultivo de papa, variedad CICA, con la aplicación de microorganismos eficientes Effectbio SC es superior al testigo.
2. Las características agronómicas como altura de planta, numero de tubérculos por planta, diámetro polar y ecuatorial de tubérculos del cultivo de papa, variedad CICA, con la aplicación de Microorganismos Eficientes Effectbio SC son diferentes al testigo.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes

4.1.1. Antecedente internacional

Gutiérrez (2018), en el trabajo de investigación “Microorganismos promotores de crecimiento vegetal con yeso agrícola en papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo casa sombra” realizado en Sonora - Mexico. Con el objetivo de evaluar el potencial del yeso agrícola en combinación con *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* y *Trichoderma harzianum*, como promotor de crecimiento vegetal. Su aplicación al suelo permitió seleccionar la combinación más productiva, con calidad y rendimientos mayores. El diseño fue totalmente al azar, con tres tratamientos aplicados al cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en condiciones de casa sombra y riego por goteo. Los tratamientos fueron: testigo (T1), *Trichoderma harzianum* combinado con 40 kg ha⁻¹ calcio (T2), *B. cereus*, *B. subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* y *Trichoderma harzianum* combinados con 40 kg ha⁻¹ calcio (T3); la fuente de calcio en T2 y T3 fue yeso agrícola. Las variables evaluadas fueron altura de planta, contenido de clorofila, composición nutrimental de hoja y número, peso y peso volumétrico del tubérculo. La viabilidad de los microorganismos en la rizosfera, se determinó para cada tipo de microorganismo. En la clorofila no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos; el testigo superó significativamente en altura a las plantas de T2 a T4; el número de tubérculos (51.5 %) y rendimiento (49.4 %) de T3, fue significativamente mayor que T1. En el biocontrol en tubérculo contra *Streptomyces* T3, fue mejor (9%) que T1 (32.14 %). T3, tuvo un mayor rendimiento y mejor calidad estándar.

4.1.2. Antecedente nacional

Tarazona (2016), en su trabajo de investigación titulado “Efecto de los microorganismos eficientes en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.)”, realizado en las condiciones agroecológicas de Huampuran – Huacrachuco, Huanuco. se planteó como propósito evaluar el impacto de la aplicación de microorganismos eficientes sobre el rendimiento del cultivo de papa. La investigación fue de tipo aplicada y nivel experimental, trabajando con una población de 576 plantas por experimento, 36 por parcela experimental y evaluando 10 plantas por área neta. Se utilizó un diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 4 tratamientos, 4 repeticiones

y un total de 16 unidades experimentales. Las variables observadas fueron número, tamaño y peso de tubérculos por planta. Para el análisis se aplicó ANDEVA y la prueba de comparación múltiple de Duncan al 1 % y 5 % de significancia. Los resultados demostraron que la dosis alta (0,14 L de EM en 2,86 L de agua) generó el mejor rendimiento, alcanzando 14,2 kg por área neta y un total de 31 625,83 kg/ha (31 t/ha). Además, esta dosis obtuvo el mayor número de tubérculos por planta (14,50), con diferencias altamente significativas entre tratamientos. En cuanto al tamaño, aunque los tubérculos más grandes se lograron también con la dosis alta, no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas. Finalmente, el peso de tubérculos por planta fue mayor con esta dosis, alcanzando 1,42 kg, recomendándose así la aplicación foliar de microorganismos eficientes en el cultivo de papa.

Valverde (2016), en su trabajo de investigación titulado “Efecto de la fertilización con microorganismos eficientes (EM) y bioabonos en el cultivo de papa”, realizado en Lima - Peru, tuvo como objetivos evaluar el efecto de la aplicación de EM y compost sobre el peso, tamaño y número de tubérculos por planta. El estudio se desarrolló bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 16 tratamientos, y se aplicó un análisis de varianza (ANDEVA) para determinar la significancia estadística de los resultados. Se encontró que el tratamiento T15, correspondiente a una dosis de 2.0 litros de EM y 3.0 toneladas de compost, obtuvo los mejores resultados. Este tratamiento alcanzó el mayor número de tubérculos por planta con 6.00, 5.67 y 7.00 en la primera, segunda y tercera categoría, respectivamente. Asimismo, logró el mayor tamaño de tubérculos con 7.93, 6.57 y 4.50, y el mayor peso por hectárea con 11 955 kg, 8 085 kg y 9 348 kg en las tres categorías mencionadas.

Valverde (2015), en su estudio titulado “Efecto de los microorganismos eficientes y bioabonos en el rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en condiciones edafoclimáticas de Huacrachuco – Marañón” Huanuco, desarrollado en la localidad de Huacrachuco a 2 920 msnm, tuvo como objetivo general evaluar el efecto de los microorganismos eficientes y bioabonos en el rendimiento del cultivo de papa. Los objetivos específicos fueron determinar su influencia sobre el peso, tamaño y número de tubérculos. La investigación fue de tipo aplicada y nivel experimental, realizada en una zona de clima frío templado, perteneciente a la región quechua, con suelos franco

arenosos y buen contenido de materia orgánica. El diseño experimental y análisis no se detalla en el resumen, pero los resultados mostraron que el tratamiento T15, correspondiente a la dosis de 2.0 litros de EM-1A más 3 toneladas de compost con EM, obtuvo los mejores resultados en cuanto al número de tubérculos por categoría. Cuando se transformaron los datos a rendimiento por hectárea, se alcanzaron promedios de 3 384.58 kg/ha para tubérculos de primera, 3 041.45 kg/ha para los de segunda y 3 550.00 kg/ha para los de tercera, demostrando así la eficacia del tratamiento en mejorar el rendimiento del cultivo.

Mendoza (2013), en su trabajo de investigación titulado “Incremento de los niveles de guano de islas y microorganismos eficientes en la producción del cultivo de papa var. Mama Lucha” realizada en Ayacucho, desarrollado en el Centro Experimental de Canaán de la Facultad de Ciencias Agrarias - UNSCH, se planteó como objetivo general evaluar el efecto de niveles crecientes de guano de islas y distintas dosis de microorganismos eficientes (EM) sobre el rendimiento y calidad de los tubérculos. Se trabajó con un diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial, evaluando 10 tratamientos combinados en 30 unidades experimentales. Los resultados mostraron que la combinación de guano de islas y dosis altas de EM incrementó el rendimiento en 1 636 kg/ha, mientras que con dosis bajas se obtuvo un aumento de 1 612 kg/ha. Además, se observó una ligera mejora en la calidad del tubérculo: disminución de azúcares reductores, incremento del contenido proteico (de 2.2 a 2.5 %) y aumento de la materia seca (de 24.5 a 27.9 %). Se identificó una relación positiva entre peso y número de tubérculos ($R^2 = 0.899$), siendo más efectiva con 80 L/ha de EM. En cuanto a rentabilidad, todos los tratamientos fueron económicamente viables, destacando el mayor beneficio económico con 80 L/ha de EM sin guano, y la mayor utilidad con 3.43 t/ha de guano combinados con ambas dosis de EM.

4.1.3. Antecedente regional

Tito (2023), en su investigación titulada “Rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) con aplicación de abono orgánico inoculado con microorganismos eficientes (ME) en suelo infestado con nematodos, en Lliupapuquio, San Jerónimo, Andahuaylas” Apurímac, se planteó como objetivo general evaluar el rendimiento del cultivo de papa con tres dosis de abono orgánico inoculado con

microorganismos eficientes (ME) en suelos afectados por nematodos. Entre sus objetivos específicos se incluyeron determinar el número de tallos por planta, identificar la dosis óptima de aplicación y establecer el rendimiento en kilogramos del cultivo. El experimento se desarrolló en campo abierto, empleando un diseño de bloques completamente al azar con 4 tratamientos (T1, T2, T3 y T4), 3 repeticiones y un total de 12 unidades experimentales. Los tratamientos incluyeron dosis de 5, 10 y 15 t/ha de abono orgánico con ME, y un testigo con 10 t/ha sin inoculación. El tratamiento T3 (15 t/ha con ME) obtuvo los mejores resultados, con 12 tallos por planta a los 105 días y un rendimiento de 4 128 kg/ha. Le siguieron T2 con 3 510.42 kg/ha y T1 con 1 582.18 kg/ha, mientras que el testigo (T4) presentó el menor rendimiento con 1 396.99 kg/ha. Estos resultados demostraron que la dosis alta de abono orgánico con ME fue la más efectiva para mejorar el rendimiento del cultivo de papa en suelos infestados. Para promedio de altura de planta para los tratamientos se observa que el tratamiento T3 (15 tn/Ha de materia orgánica inoculado con ME) es el que presentó mayor altura de planta (41.67 cm.)

4.2. Bases teóricas

4.2.1. Origen y distribución

Montaldo (1984), sostienen que la papa (*Solanum tuberosum* L.) es una planta originaria del continente americano, lo que explica su amplia presencia en diversas regiones, especialmente en zonas rurales donde la mayoría de campesinos ha tenido algún nivel de interacción con su cultivo. Su historia se remonta al área del lago Titicaca, entre Bolivia y Perú, así como al norte del Perú, con registros que datan de hace más de mil años. Gracias a su notable capacidad de adaptación a distintas condiciones de temperatura, tipos de suelo y fotoperíodos, además de su ciclo corto de producción de entre 80 y 90 días, el cultivo de la papa ha despertado el interés de investigadores a nivel mundial. Actualmente, se posiciona junto al trigo y el maíz como uno de los cultivos más estudiados, con una vasta base bibliográfica que respalda su importancia agronómica y alimentaria.

Centro de Estudios Agropecuarios (2002), menciona que la papa ha logrado expandirse a nivel mundial, llegando incluso a las regiones más remotas del planeta. Aunque su cultivo no se realiza con la misma intensidad en todos los lugares, se ha convertido en un alimento aceptado y cultivado en continentes como Asia, África y

Oceanía. Esta amplia aceptación refleja su valor nutricional y su capacidad de adaptación a diversas condiciones agroclimáticas, lo que la consolida como un cultivo de relevancia global.

4.2.2. Ficha técnica del cultivo de papa variedad CICA

➤ Características de la planta

- Tamaño: Mediano a alto
- Tallos: 2 a 4 por planta, de color morado intenso
- Hojas: Tamaño mediano, de color verde oscuro
- Flores: Morado intenso, de abundante floración
- Tipo tuberización: Profundo y semidisperso
- Periodo vegetativo: 160 días
- Rendimiento: Hasta 35 t/ha

➤ Características del tubérculo

- Forma: Redondeada
- Tamaño: Medianos a grandes
- Ojos: Semiprofundos
- Color de piel: Morado intenso
- Color de carne: Crema
- Calidad culinaria: Buena
- Conservación: Buena
- Usos: Fritura, sancochado, horneado, puré, etc.

➤ Comportamiento a plagas y enfermedades

- Tolerante a epitrax y trips
- Tolerante a manchas foliares
- Tolerante a verruga, rizoctoniasis y corazón vacío

➤ Comportamiento a factores climáticos

- Tolerante a heladas, sequía y granizadas

➤ Requerimientos del cultivo

- Densidad de siembra: 1.0 m x 0.30 m

- Aporques: Dos aporques altos
- Zonas de cultivo: Cusco, Apurímac, Ayacucho, Puno y Arequipa

4.2.3. Posición taxonómica

La propuesta de clasificación filogenética de **Cronquist (1993)**, menciona la clasificación taxonómica de la papa de la siguiente manera:

Reino: Vegetal.

División: Magnoliophyta.

Clase: Magnoliopsida

Sub-clase: Asteridae.

Orden: Solanales.

Familia: Solanaceae.

Género: Solanum.

Especie: *Solanum tuberosum* L.

Sub especie: Andígena.

Nombre común: Papa.

4.2.4. Características morfológicas

Fotografía 1

Planta y tallo de papa variedad CICA



Fuente: Catalan (2012)

4.2.4.1. Raíz

Huamán (1994), Se ha señalado que las plantas de papa pueden desarrollarse tanto a partir de tubérculos como de semillas. Cuando se originan desde semilla, forman una raíz primaria delgada conocida como axonomorfa, que luego desarrolla ramificaciones laterales. En cambio, cuando el desarrollo proviene de un tubérculo, la planta genera raíces adventicias, que aparecen inicialmente en la base de cada brote y posteriormente se forman también sobre los nudos ubicados en la parte subterránea de los tallos. Esta diferencia en el sistema radicular influye en el tipo de crecimiento y adaptación de la planta.

4.2.4.2. El brote

Martínez (2010), afirma que los brotes de la papa son estructuras que se desarrollan a partir de los “ojos” presentes en el tubérculo. La forma y el tamaño de estos brotes dependen en gran medida de las condiciones de almacenamiento previas a la siembra. Una vez plantado el tubérculo, los brotes incrementan su ritmo de desarrollo hasta emerger del suelo, momento en el que se convierten en tallos. La cantidad de brotes que se forma varía según la variedad de papa, y su presencia es un aspecto positivo cuando el tubérculo se utiliza como semilla. En cuanto a su estructura, los brotes contienen lenticelas, vellosidades, yema principal, yemas secundarias, nudos y los primordios de las raíces.

4.2.4.3. Tallo

Huamán (2007), describe que el sistema del tallo en la planta de papa está compuesto por tres estructuras principales: el tallo propiamente dicho, los estolones y los tubérculos. Las plantas que se desarrollan a partir de semillas sexuales suelen presentar un único tallo principal, mientras que aquellas que se originan mediante tubérculos-semilla pueden desarrollar múltiples tallos. Los tallos secundarios surgen como ramas del tallo principal, y es en las zonas angulares y las costillas donde se forman comúnmente.

4.2.4.4. Hojas

Egúsquiza (2011), menciona que las hojas de la planta de papa se disponen de forma espiralada a lo largo del tallo y presentan una estructura compuesta e imparipinnada. Estas estructuras cumplen una función esencial en el proceso

fotosintético, ya que se encargan de captar la energía solar y transformarla en energía química útil para el desarrollo de la planta.

4.2.4.5. Inflorescencia

Salas (1993), Camadro (2011) y Maune (2010), señalan que la floración de esta variedad de papa es moderada. La flor presenta un pedicelo intensamente pigmentado hasta el punto de articulación, disminuyendo luego a una pigmentación intermedia combinada con tonos verdes. El cáliz muestra coloración en la base, tornándose verde hacia el extremo superior y mantiene una simetría uniforme. La corola, de forma rotácea, es de tonalidad morado claro con una estrella central de color crema claro. En el reverso, se distingue un acumen blanco. La flor cuenta con estambres y gineceo desarrollados normalmente, produciendo polen viable en gran cantidad y un estigma funcionalmente receptivo. No obstante, una característica clave de esta variedad es su autoincompatibilidad, lo que impide la formación de bayas, a pesar de ser una especie tetraploide con un sistema genético que impide la autofecundación.

4.2.4.6. Fruto

Tapia (2008), explica que la semilla de papa está compuesta internamente por diversos elementos, entre ellos la plúmula, que dará origen al tallo; el hilum; la radícula, que formará la raíz; la testa, que actúa como cubierta protectora; el embrión; y el endospermo, que nutre al embrión. Además, sostiene que la producción de papa mediante semillas sexuales representa una tecnología con alto potencial, la cual debería ser evaluada en diferentes zonas del país por sus posibles ventajas agronómicas.

4.2.4.7. Estolón

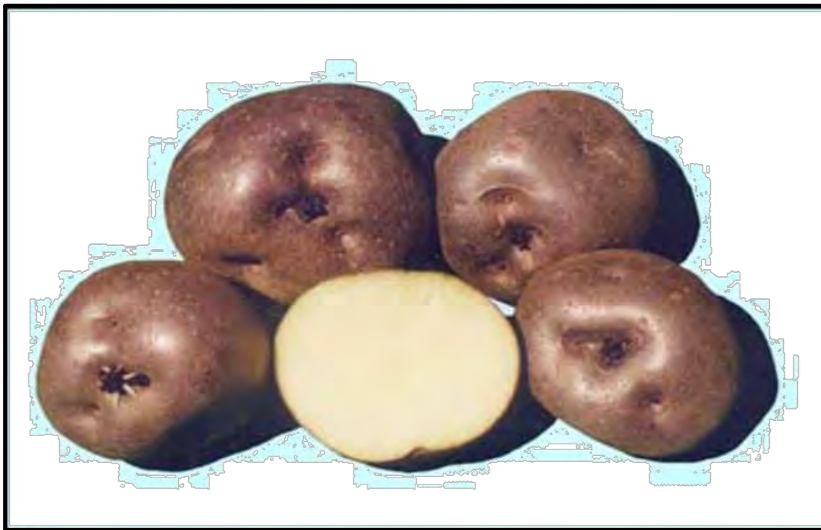
Egúsquiza (2000), señala que los estolones corresponden a tallos de tipo subterráneo que cumplen una función vegetativa. Estos presentan hojas poco desarrolladas o rudimentarias, y en su extremo terminal muestran una curvatura donde, en la parte subapical, da inicio el proceso de tuberización. Su desarrollo se orienta inicialmente hacia abajo, manifestando geotropismo positivo; sin embargo, bajo ciertas condiciones ambientales este comportamiento puede invertirse, adoptando un crecimiento de tipo geotropismo negativo.

4.2.4.8. Tubérculo

Catalán, Cosio y Yépez (2012), describen que el tubérculo presenta una tonalidad morado oscuro, sin presencia de colores secundarios. Su pulpa es de color amarillo, y su morfología corresponde a una forma ovalada y algo achatada. Los ojos son superficiales y la piel es de textura lisa. En cuanto a su desarrollo, posee una madurez intermedia, alcanzando su ciclo vegetativo completo en aproximadamente 135 días.

Fotografía 2

Tubérculo



Fuente: INIA (2002)

4.2.5. Requerimientos climáticos

Midagri (2019), indica que los requerimientos edafoclimáticos del cultivo de papa son las siguientes:

a) Clima

Midagri (2019), el cultivo de papa muestra una amplia adaptabilidad altitudinal, desarrollándose entre los 1 000 y 4 200 metros sobre el nivel del mar. Esta versatilidad le permite establecerse en diversas regiones ecológicas del Perú, tales como la yunga, quechua y suni, las cuales presentan condiciones apropiadas para su ciclo vegetativo.

b) Temperatura

Midagri (2019), señala que las temperaturas óptimas varían según la etapa del cultivo. Durante la emergencia, los valores ideales se sitúan entre 17 °C y 25 °C; en el periodo de crecimiento vegetativo, entre 15 °C y 25 °C; mientras que, en la etapa de tuberización, las temperaturas más adecuadas oscilan entre 14 °C y 20 °C, ya que esta

fase depende directamente del transporte y acumulación de productos fotosintéticos en los tubérculos.

c) Suelo

Midagri (2019), los suelos más favorables para el cultivo de papa son aquellos de textura franco arenosa a franco limosa, con buena capacidad de drenaje. El pH óptimo del suelo debe estar en un rango entre 5,5 y 6,5, y es fundamental que contenga un nivel elevado de materia orgánica, superior al 4 %, para asegurar un adecuado desarrollo radicular y nutricional.

d) Precipitación

Midagri (2019), indica que el cultivo de papa necesita una precipitación anual entre 400 mm y 1 200 mm. Esta cantidad de agua permite mantener una humedad constante en el suelo, condición necesaria para el desarrollo óptimo del cultivo en sus diferentes fases fenológicas.

4.2.6. Fenología del cultivo

Ladrón De Guevara (2005), indica la fenología vegetal comprende los cambios morfológicos cíclicos que experimentan las plantas, los cuales son determinados por factores ambientales. Estos cambios se manifiestan en la aparición, evolución o desaparición de órganos vegetativos y reproductivos. Las fases fenológicas, entendidas como procesos fisiológicos, varían según la especie y corresponden al desarrollo progresivo de estructuras vegetales específicas.

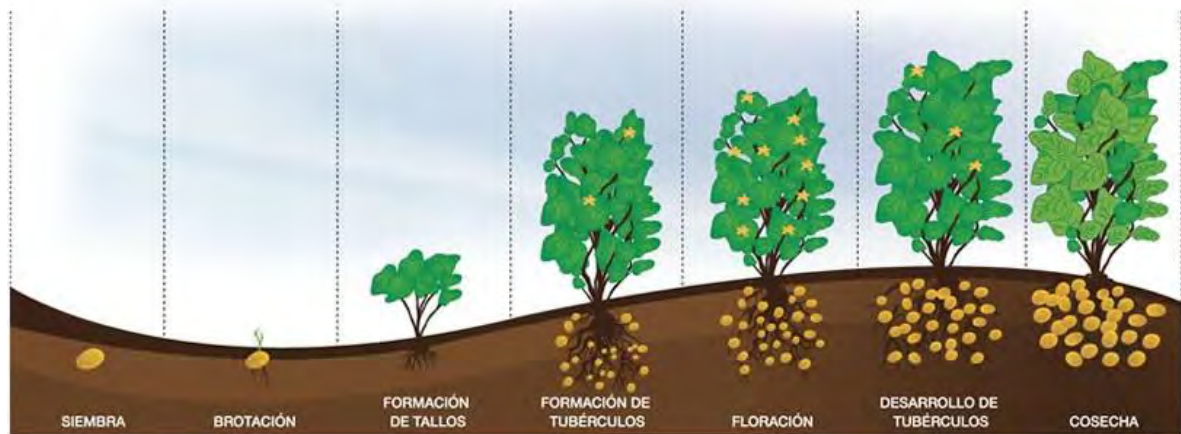
Las principales etapas fenológicas en el cultivo de papa incluyen:

- **Fase de emergencia:** esta etapa inicia cuando la planta rompe la superficie del suelo y comienzan a observarse las primeras hojas verdaderas.
- **Fase de formación de brotes:** en esta fase se desarrollan los brotes de la planta, tanto en la parte aérea como en la subterránea, marcando el inicio de la arquitectura vegetal.
- **Fase de botón floral:** aquí se forman los primeros botones florales visibles en la parte aérea de la planta, mientras que en el subsuelo empiezan a diferenciarse los tubérculos iniciales.
- **Fase de floración:** la planta entra en pleno proceso de floración, fase que comienza con la apertura total de los botones florales.

- **Fase de maduración:** esta es la etapa final del ciclo fenológico, caracterizada por el amarillamiento y la senescencia progresiva del follaje. Este cambio ocurre debido a un activo trasiego de nutrientes desde las hojas hacia los tubérculos, lo que permite su engrosamiento y maduración final.

Imagen 1

Fenología del cultivo de papa



Fuente: FAO (2002)

4.2.7. Prácticas agronómicas

4.2.7.1. Preparación de suelo

Ortiz y Hernanz (1989), señalan que, en la región andina, la labranza de tierras de secano se lleva a cabo durante los meses de abril y mayo, aprovechando la humedad residual del suelo generada por las lluvias ocurridas entre enero y marzo. En cambio, en terrenos bajo sistemas de rotación con riego, el arado se efectúa entre 10 y 12 días después de aplicar el riego, seguido por labores complementarias como el rastrado con discos y el surcado, dejando el terreno en condiciones óptimas para la siembra.

4.2.7.2. Siembra

Sánchez (2003), indica que, durante la fase de instalación del cultivo, en el caso específico de la papa, la siembra puede realizarse manualmente, colocando los tubérculos directamente en los surcos y enterrándolos a una profundidad aproximada de 10 a 15 centímetros, lo que permite un adecuado desarrollo inicial de la planta.

Villagómez y Rodríguez (2006), señalan que el término “plantación” se emplea debido a que se utiliza una parte vegetativa de la planta de papa, concretamente un tubérculo maduro con brotes, el cual representa un tallo modificado con yemas. Esta

labor cultural fundamental consiste en ubicar cuidadosamente el tubérculo-semilla en el fondo del surco o en un hoyo, procurando no dañarlo, para luego cubrirlo con suelo suelto a una profundidad adecuada que favorezca su desarrollo.

4.2.7.3. Riego

Mendoza (1997), afirma que no es posible establecer con exactitud la cantidad de riegos que necesita el cultivo de papa, ya que esta depende de diversos factores como las condiciones climáticas, la textura del suelo, la variedad cultivada, entre otros. Sin embargo, en contextos de alta exigencia, con la aplicación de cuatro riegos bien distribuidos se puede alcanzar una producción satisfactoria. Es fundamental realizar un primer riego durante la siembra, seguido por un segundo entre los 40 y 60 días, y un tercero hacia la etapa final del cultivo. Los métodos de riego más utilizados son por inundación, aspersión y goteo.

4.2.7.4. Control de malezas

INIA (2006), señala que el control de malezas debe realizarse de acuerdo con su presencia y nivel de incidencia, ya que estas compiten directamente con el cultivo, especialmente en sus primeras etapas de desarrollo. Es recomendable llevar a cabo un deshierbo manual cuando la planta de papa alcanza entre 30 y 40 cm de altura, momento que puede coincidir con la realización del aporque, optimizando así las labores culturales del cultivo.

4.2.7.5. Aporque

Livisi (2017), menciona que el aporque en el cultivo de papa se realiza en dos momentos clave: el primero, conocido como medio aporque o deshierbo, se efectúa entre los 60 y 80 días después de la siembra; el segundo, denominado aporque propiamente dicho, se lleva a cabo alrededor de los 90 días o al inicio de la floración. Esta labor agronómica cumple múltiples funciones:

- Permite cubrir adecuadamente los fertilizantes aplicados
- Eliminar malezas
- Evitar que los estolones en formación emerjan a la superficie
- Impedir que la luz alcance los tubérculos (evitando así su verdinamiento)
- Protegerlos del ingreso de insectos y microorganismos patógenos
- Mejorar la estructura y condiciones físicas del suelo

4.2.7.6. Cosecha

Larico (2007), sostiene que, en el cultivo de papa, al igual que en cualquier otro cultivo destinado a la alimentación, la cosecha representa la etapa final y una de las más cruciales del proceso productivo. En condiciones locales, esta actividad suele realizarse entre los cinco y seis meses posteriores a la siembra. El método empleado para la cosecha varía según los recursos económicos disponibles y la cantidad de mano de obra con la que cuenta el productor. En ese sentido, esta puede llevarse a cabo utilizando herramientas manuales, implementos como el arado de vertedera o, en casos más tecnificados, mediante el uso de maquinaria cosechadora especializada.

4.2.7.7. Abonamiento

Parson (1989), indica que el abonamiento en el cultivo de papa constituye una práctica fundamental para asegurar un adecuado desarrollo vegetativo y un rendimiento óptimo. La fertilización busca reponer los nutrientes que el suelo no puede ofrecer en cantidades suficientes, especialmente nitrógeno, fósforo y potasio, esenciales para el crecimiento del cultivo. En sistemas tradicionales, los agricultores aplican fertilizantes orgánicos como estiércol o compost, mientras que en sistemas más tecnificados se emplean fertilizantes químicos formulados según análisis de suelo. El momento y la dosis de aplicación son determinantes, realizándose generalmente durante la preparación del terreno y en fases tempranas del crecimiento para garantizar una adecuada disponibilidad de nutrientes.

4.2.8. Microorganismos eficientes

Rashed (2014), describe que desde hace algunos años se ha introducido una gama de productos que contienen un conjunto de microorganismos que generan grandes beneficios tras su aplicación en campo, a ellos se les conoce por el nombre de “Microorganismos eficientes”. Se define como microorganismos eficientes o eficaces a todos aquellos microorganismos que forman parte de un consorcio microbiano que interactúa benéficamente con la flora microbiana de la rizosfera (objetivo inicial del producto). Este producto comercial presenta una amplia gama de usos para diversos fines tales como el tratamiento de aguas residuales.

Feijoo (2016), menciona que los ME han mostrado efectos positivos en diferentes áreas, como el tratamiento de aguas residuales, la reducción de olores desagradables,

la producción de alimentos sin agroquímicos, y el manejo de residuos generados por la actividad agropecuaria, la industria alimentaria, fábricas de papel, mataderos y gobiernos municipales, entre otros.

Arias (2010), señala que los microorganismos eficientes (ME) son una mezcla de microorganismos nativos beneficiosos, que no han sido modificados genéticamente y que tienen una compatibilidad fisiológica entre ellos.

Rodríguez (2021), explica que los microorganismos eficientes fueron desarrollados en la década de los 70 por el profesor Teruo Higa de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón. Estos productos comerciales se componen principalmente de tres tipos de organismos: levaduras, bacterias ácido-lácticas y bacterias fotosintéticas, cuya interacción metabólica sinérgica facilita su aplicación en diversos campos de la ingeniería.

4.2.8.1. Componentes

Calai (2001), menciona que los microorganismos eficientes (EM) son una combinación de microorganismos naturales beneficiosos que tradicionalmente han sido utilizados en la alimentación o que están naturalmente presentes en ella. Estos microorganismos coexisten en un medio líquido y actúan de manera sinérgica, mejorando los procesos biológicos del entorno en el que se aplican. Los principales géneros EM son:

- **Bacterias fotosintéticas**

Son bacterias autótrofas que tienen la capacidad de desarrollarse tanto en presencia como en ausencia de oxígeno. Utilizan la luz solar como fuente de energía y degradan compuestos orgánicos e inorgánicos. Participan activamente en la mejora de la calidad del suelo al fijar nitrógeno, sintetizar sustancias bioactivas y contribuir al equilibrio microbiano en los ecosistemas agrícolas.

- **Bacterias ácido láctico**

Son bacterias anaerobias que fermentan carbohidratos y producen ácido láctico, lo que reduce el pH del entorno, inhibiendo el crecimiento de microorganismos patógenos. Muestran efectos antagónicos frente a enfermedades nocivas del suelo y son fundamentales en la aceleración de la descomposición de materia orgánica, mejorando así la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

- **Levaduras**

Son hongos unicelulares que intervienen en la descomposición y fermentación de compuestos orgánicos. Tienen un rol importante en la producción de sustancias bioactivas como enzimas, aminoácidos y vitaminas, que promueven el desarrollo y vigor de las plantas. Además, mejoran la estructura del suelo y favorecen el establecimiento de microorganismos benéficos.

- **Actinomicetos**

Son bacterias filamentosas que actúan como antagonistas naturales de bacterias y hongos patógenos. Tienen un papel clave en la descomposición de residuos orgánicos resistentes (como la celulosa y la quitina) y contribuyen al crecimiento y actividad de las micorrizas, mejorando la absorción de nutrientes por parte de las plantas.

4.2.8.2. Modo de acción

Arias (2010) señala que las raíces de las plantas liberan compuestos que son utilizados por los microorganismos eficientes como fuente de energía y nutrientes, lo que favorece su crecimiento, desarrollo y reproducción. Esta relación simbiótica permite que dichos microorganismos generen sustancias beneficiosas como azúcares, aminoácidos, fitohormonas, vitaminas y ácidos nucleicos. A medida que la población de microorganismos eficientes aumenta, también se potencia la actividad de los microorganismos naturales del suelo, se enriquece el microbiota, se restablece el equilibrio del ecosistema microbiano y se reduce la presencia de agentes patógenos.

4.2.8.3. Efectividad

Arias (2010) clasifica a los microorganismos en tres grupos: regeneradores, desintegradores y neutrales. Dentro de este ecosistema microbiano existe un equilibrio natural que, al verse alterado, puede favorecer la aparición de microorganismos patógenos, comúnmente asociados con procesos de descomposición. Aunque los microorganismos regeneradores no presentan una capacidad destacada para producir antioxidantes ni compuestos bioactivos, desempeñan un papel fundamental al promover una fermentación saludable.

4.2.8.4. Importancia

Higa (2013), resalta varios beneficios de los microorganismos eficientes, tales como:

- Aumento en la velocidad y el porcentaje de germinación de las semillas, debido a su impacto hormonal similar al ácido giberélico.
- Estimulación del crecimiento de tallos y raíces desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas.
- Consumo de los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, lo que ayuda a prevenir la propagación de patógenos y el desarrollo de enfermedades.
- Mejora de la capacidad fotosintética mediante el aumento del desarrollo foliar.
- Los efectos de estos microorganismos en el suelo incluyen la mejora de las características físicas, químicas y biológicas del suelo, así como la eliminación de enfermedades.

4.2.8.5. Aplicaciones agrícolas

Toalombo (2012), menciona que para que los microorganismos sean efectivos, es esencial conocer sus requerimientos ambientales, tales como la humedad, temperatura y pH. Se observa una mayor diversidad microbiana en ambientes con pH neutro, entre los valores de 6 a 8, y con temperaturas que oscilan entre 15 y 45 °C. La reproducción o inoculación de los microorganismos eficientes (ME) se lleva a cabo bajo condiciones de fermentación anaeróbica.

El uso de estos microorganismos en la agricultura depende de factores como la ubicación, la calidad del suelo, el clima, los métodos de cultivo y la irrigación, entre otros. La aplicación de microorganismos beneficiosos permite que el suelo retenga más agua, lo que mejora la resistencia de los cultivos al estrés hídrico durante períodos de sequía o en suelos más arenosos. Esta mejora se debe tanto al aumento de la materia orgánica en el suelo, que reduce su porosidad como resultado de la actividad microbiana, como al equilibrio iónico, que favorece la interacción entre las cargas superficiales de la estructura del suelo y las cargas iónicas del agua.

4.2.8.6. Efectos de los microorganismos eficientes (ME) en la planta

FAO (2002), menciona la aplicación de Microorganismos Eficientes (EM) en la agricultura presenta una serie de efectos beneficiosos que impactan positivamente en el desarrollo y sanidad de las plantas. Entre estos efectos se destacan:

- **Promoción de procesos fisiológicos clave.** - Los EM estimulan la germinación, floración, formación de frutos y reproducción, lo que se traduce en una mejora general del ciclo productivo de las plantas.
- **Fortalecimiento del sistema inmunológico vegetal.** - Contribuyen a que las plantas desarrollen una mayor resistencia natural frente a enfermedades y condiciones adversas, reduciendo así la necesidad de agroquímicos.
- **Estimulación del crecimiento radicular y foliar.** - Promueven un crecimiento vigoroso del sistema **radicular**, lo cual mejora la absorción de agua y nutrientes, favoreciendo el desarrollo general de las plantas.
- **Mejora de la capacidad fotosintética.** - Al optimizar la salud general de la planta, también incrementan su eficiencia fotosintética, lo que se refleja en un mayor rendimiento y mejor calidad de producción.
- **Aumento de la resistencia a plagas y enfermedades.** - La acción conjunta de los microorganismos benéficos reduce la incidencia de organismos patógenos y fortalece las defensas naturales del cultivo.

Luna y Mesa (2017), menciona los Microorganismos Eficientes (EM) restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejoran su condición fisicoquímica, incrementan la protección y producción de los cultivos, y contribuyen a la conservación de los recursos naturales, promoviendo una agricultura y un medio ambiente sostenibles. En complemento, la **FAO (2002)** señala que los EM promueven la germinación, floración, desarrollo de frutos y reproducción de las plantas; fortalecen su sistema inmunológico, estimulan el crecimiento de raíces, mejoran la capacidad fotosintética y ayudan a desarrollar resistencia frente a plagas y enfermedades.

4.2.8.7. Efecto de microorganismos eficientes en el suelo

Higa (2002), indica que los microorganismos eficientes (EM) contribuyen significativamente al mejoramiento del suelo, actuando sobre sus propiedades físicas, químicas y biológicas, además de ayudar en el control de enfermedades. Su aplicación

acelera la descomposición natural de los residuos orgánicos que quedan tras la cosecha. Entre sus efectos más importantes destacan:

- **Incremento de microorganismos beneficiosos:** Favorecen la presencia de microorganismos útiles en el suelo, reduciendo simultáneamente a los patógenos, lo que permite disminuir el uso de fungicidas y nematicidas.
- **Producción de humus y sustancias promotoras del crecimiento:** Estimulan la formación natural de humus y generan compuestos orgánicos que favorecen el desarrollo vegetal, facilitando la solubilización de nutrientes clave como el fósforo y el potasio.
- **Mejora de la disponibilidad de nutrientes:** Aumentan la viabilidad y acceso de los nutrientes en el suelo, potenciando su valor nutricional para las plantas.
- **Desarrollo del sistema radicular:** Estimulan el crecimiento de raíces más fuertes y saludables, optimizando la absorción de agua y nutrientes.
- **Fortalecimiento de la estructura del suelo:** Promueven la formación de agregados estables, mejorando la porosidad del suelo y su resistencia a la compactación.

ME Research Organization (2007), menciona que los microorganismos eficientes, al interactuar con la materia orgánica, liberan compuestos útiles como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales en forma quelatada y antioxidantes. Estos elementos modifican tanto la microflora como la macroflora del suelo, restableciendo el equilibrio ecológico y transformando un suelo propenso a enfermedades en uno capaz de suprimirlas.

Además, esta transformación permite que el suelo evolucione hacia una condición azimogénica, es decir, con mayor capacidad para sostener vida vegetal. Los efectos antioxidantes también aceleran la descomposición de la materia orgánica, incrementando el contenido de humus y favoreciendo así el crecimiento vegetal. Todo esto convierte a los microorganismos eficientes en una herramienta clave para una agricultura orgánica sostenible.

4.2.9. Microorganismos eficientes utilizados en la investigación

BIONA (2023).

4.2.9.1. Para el suelo

Effectio SC: Formulación biológica compuesta por esporas de *Bacillus subtilis*, *Trichoderma viride* y *Trichoderma lignorum*, junto con sus metabolitos, en una concentración de $2,0 \times 10^{10}$ UFC/ml, (equivalente a 20 mil millones de bacterias por mililitro). Este bioinsumo ha sido diseñado para acelerar la descomposición de residuos vegetales, reducir la presencia de patógenos en los cultivos, restablecer el equilibrio microbiano del suelo, estimular el crecimiento y desarrollo de las plantas, y contribuir al mejoramiento de la fertilidad del suelo. La dosis de aplicación recomendada fue de 500,750,1000 ml por hectárea.

Tabla 1

Recomendaciones del uso de effectbio sc

CULTIVO	DOSIS (ml/ha)	ÉPOCA DE APLICACIÓN	FORMA DE APLICACIÓN	DE	FUNCIÓN
papa	500 - 750 - 1000	Tratamiento de suelo antes de la siembra	Poner 1/3 de agua al pulverizador posteriormente colocar las dosis del producto, agitar constantemente por dos minutos y finalmente añadir agua restante.		Formulado para favorecer la rápida descomposición de restos vegetales y controlar la proliferación de patógenos en los cultivos, además de contribuir al equilibrio de la microflora del suelo, promover el crecimiento y desarrollo vegetal, y aumentar la fertilidad del terreno.

Fuente: **Biona (2023)**

4.2.9.2. Para la semilla

Bactofor: Una solución compuesta por *Bacillus subtilis* y *Bacillus amyloliquefaciens* con una concentración de $5,0 \times 10^9$ UFC/ml (equivalente a cinco millones de bacterias por mililitro), formulado para proteger las plantas contra enfermedades fúngicas en las plantas tanto en las etapas iniciales de desarrollo como durante el periodo de su crecimiento. La dosis recomendada es de 2L/tn.

Tabla 2

Recomendaciones de uso Bactofort

CULTIVO	DOSIS (L/tn)	ÉPOCA DE APLICACIÓN	FORMA DE APLICACIÓN	FUNCIÓN
papa	2 L/tn	Tratamiento de tubérculos de papa antes de la siembra	La aplicación se realiza utilizando una asperjadora. Primero, se llena el equipo con el 50 % del volumen total de agua requerido. Luego, se añade la dosis correspondiente del producto y se agita de forma continua durante dos minutos. Finalmente, se incorpora la dosis adicional del producto junto con el resto del agua hasta completar el volumen total.	Formulado para proteger a las plantas contra enfermedades fúngicas durante las etapas iniciales de desarrollo y a lo largo de su periodo de crecimiento.

Fuente: **Biona (2023)**

Respecta 25%: una solución compuesta por *pseudomonas aureofaciens* con una concentración de $2,0 \times 10^9$ UFC/ml (equivalente a 2 millones de bacterias por mililitro), formulado para diseñado para controlar infecciones fúngicas y bacterianas durante la temporada de crecimiento, así como para aliviar el estrés causado por el uso de pesticidas o condiciones ambientales adversas. La dosis recomendada es de 1.5L/tn.

Tabla 3

Recomendación de uso respecta 25%

CULTIVO	DOSIS (L/tn)	ÉPOCA DE APLICACIÓN	FORMA DE APLICACIÓN	DE	FUNCIÓN
Papa	1.5 L/tn	Tratamiento de tubérculos de papa antes de la siembra	Poner 1/3 de agua al pulverizador posteriormente colocar las dosis del producto, agitar constantemente por dos minutos y finalmente añadir agua restante.	para	controlar infecciones causadas por hongos y bacterias durante la temporada de crecimiento, además de mitigar el estrés generado por el uso de pesticidas o por condiciones ambientales desfavorables.

Fuente: **Biona (2023)**

Nitrocereal: El componente "A" contiene *Agrobacterium radiobacter*, y el componente "B" incluye *Bacillus megaterium* con una concentración de $2,0 \times 10^9$ UFC/ml (2 mil millones de unidades formadoras de colonias por mililitro). Se trata de un bioinsumo de dos componentes con funciones de fijador de nitrógeno y movilizador de fósforo, diseñado para el tratamiento de semillas (tubérculo) con el objetivo de optimizar la nutrición vegetal. La dosis recomendada es de 2L/tn.

Tabla 4

Recomendaciones de uso Nitrocereal

CULTIVO	DOSIS (L/tn)	ÉPOCA DE APLICACIÓN	FORMA DE APLICACIÓN	FUNCIÓN
papa	2 L/tn	Tratamiento de tubérculos de papa antes de la siembra	Llenar 1/3 de agua al pulverizador, luego agregar la dosis recomendada del producto. Agitar continuamente durante dos minutos y, finalmente, incorporar el producto biológico junto con el resto del agua hasta completar el volumen.	Bioinsumo de dos componentes con funciones de fijación de nitrógeno y movilización de fosfato, formulado para el tratamiento de semillas con el propósito de optimizar la nutrición vegetal.

Fuente: **Biona, formulación (2023)**

4.3. Definición de términos

4.3.1. Microorganismos eficientes

Calai (2001), indica que los microorganismos eficientes, al interactuar con la materia orgánica, liberan sustancias como ácidos orgánicos, vitaminas, minerales y antioxidantes que benefician al suelo. Estos microorganismos modifican la microflora y macroflora, mejorando el equilibrio ecológico del entorno. Como resultado, los suelos patógenos pueden transformarse en suelos supresores de enfermedades. Además, los efectos antioxidantes aceleran la descomposición de residuos orgánicos. Este proceso incrementa la formación de humus, mejorando la fertilidad y estructura del suelo.

BID (2009), define los Microorganismos Eficientes, conocidos por sus siglas en inglés “EM”, son una combinación de tres grupos de microorganismos completamente naturales que existen comúnmente en los suelos. Estos organismos no representan riesgos, ya que no son tóxicos, patógenos ni han sido modificados genéticamente. Al contrario, son microorganismos beneficiosos que destacan por su alta eficiencia biológica.

4.3.2. Efecto

Cohen y Franco (1992), definen el efecto como cualquier comportamiento o resultado que puede atribuirse razonablemente a la influencia de algún componente de un programa o proyecto. En otras palabras, se refiere a un cambio generado a partir de una causa determinada. El efecto puede entenderse también como el producto, resultado o consecuencia de una acción específica, siendo una manifestación observable del impacto generado por una intervención.

4.3.3. Rendimiento

Meza y Sánchez (2015), señalan que los factores fundamentales para alcanzar un buen rendimiento en el cultivo de papa incluyen la cantidad de tubérculos por área cultivada, así como su tamaño y peso. Explican que una mayor producción se consigue cuando se logra un número adecuado de tubérculos, se mantiene una masa foliar sana y verde durante el ciclo del cultivo, y se incrementa tanto el tamaño como el peso de los tubérculos.

Hidalgo (1997), establece que el rendimiento del cultivo de papa depende de tres factores principales: la duración del período de crecimiento del tubérculo, la tasa de

crecimiento diario de los mismos y la cantidad de tubérculos producidos por planta y por metro cuadrado. Estos elementos interactúan directamente para determinar la productividad total del cultivo.

4.3.4. Características agronómicas

FAO (2002), señala que las características agronómicas abarcan todas las variables cuantificables y medibles obtenidas directamente de las plantas, las cuales están determinadas en gran medida por el manejo agronómico aplicado al cultivo. Estas variables permiten evaluar el comportamiento y rendimiento de las plantas bajo ciertas prácticas agrícolas.

4.3.5. Biona

Biona (2023), es una empresa enfocada en la producción de fertilizantes y bioestimulantes para una agricultura ecológica y sostenible. Sus productos están elaborados a partir de materias primas naturales y mediante procesos respetuosos con el medio ambiente, lo que les permite contribuir activamente al desarrollo de una agricultura más responsable y clave para la sostenibilidad del planeta.

4.3.6. Producto orgánico

Minagri (2015), define un producto orgánico como aquel que proviene de un sistema de producción agrícola orgánico o de recolección sostenible, el cual emplea tecnologías compatibles con el medio ambiente y que respetan la integridad cultural. Este sistema busca optimizar el uso de los recursos naturales y socioeconómicos con el fin de asegurar una producción agrícola sostenible.

4.3.7. Ambiente

Márquez, Vega y Alvarez (2021), definen el ambiente como el conjunto total de influencias externas que inciden sobre el crecimiento y desarrollo de un organismo o grupo de organismos, abarcando tanto los factores físicos como biológicos que interactúan en su entorno.

4.3.8. Tubérculo

INIA (2002), define al tubérculo como un tallo subterráneo modificado que se forma en la parte apical del estolón, donde se acumulan carbohidratos y almidón, siendo este el principal producto comercial del cultivo de papa.

V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo descriptivo y experimental

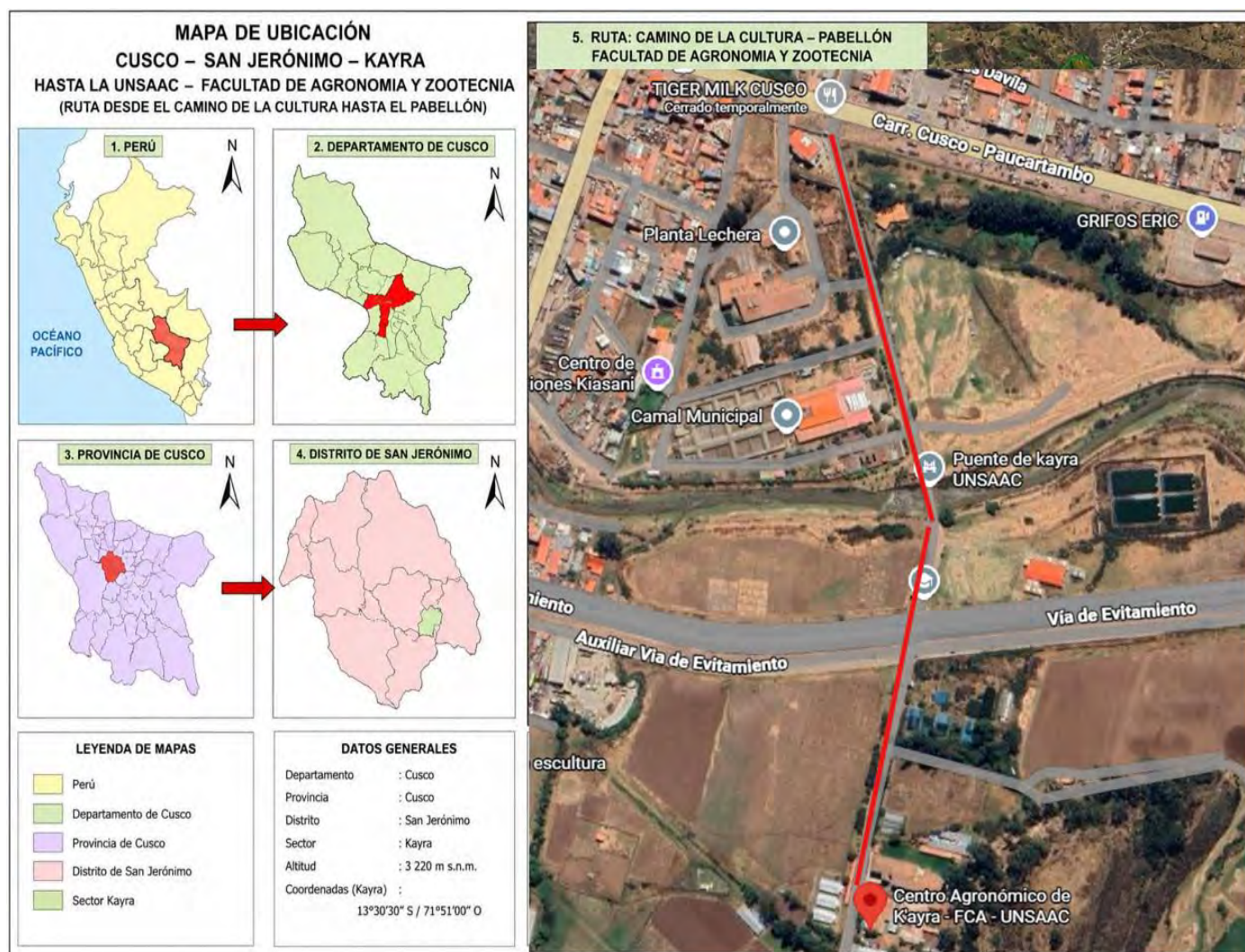
5.2. Ubicación

5.2.1. Ubicación espacial

El presente trabajo de investigación se realizó en el campo de Centro Regional de Investigación en Biodiversidad Andina (CRIBA) del Centro Agronómico K'ayra de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco del distrito de San Jerónimo, provincia y región Cusco.

Imagen 2

ubicación espacial de la investigación



5.2.2. Ubicación política

Región : Cusco

Departamento: Cusco

Provincia : Cusco

Distrito : San Jerónimo

Localidad : k'ayra

5.2.3. Ubicación geográfica

Altitud : 3219 m

Latitud : 13°33'19.44" Sur

Longitud : 71°52'18.43" Oeste

5.2.4. Ubicación hidrográfica

Cuenca : Vilcanota

Subcuenca : Huatanay

Micro cuenca : Huanacaure

5.2.5. Zona de vida

El Centro Agronómico K'ayra según el diagrama bioclimático de Holdridge pertenece a la zona de vida natural: Bosque seco -Montano Bajo Subtropical (bs-MBS).

Imagen 3

Campo experimental



5.2.6. Ubicación temporal

Este trabajo de investigación se realizó en la campaña 2024-2025 con una duración de 8 meses del mes de septiembre del 2024 al mes de abril del 2025, está ubicado en el campo de Centro Regional de Investigación en Biodiversidad Andina (CRIBA) de K'ayra-Cusco de la Facultad de Agronomía y Zootecnia.

5.3. Materiales y métodos

5.3.1. Materiales de campo

- Libreta de campo
- Yeso
- Estacas
- Cordel
- Carteles de identificación
- Etiquetas de identificación
- Balde
- Sacos
- Bolsas
- Mallitas de plástico
- Jarras con medida
- Jeringas

5.3.2. Herramientas

- Pala
- Rastrillo
- Wincha
- Lampa
- Pico
- Regla graduada con vernier
- Cinta métrica

5.3.3. Equipos

- Pulverizador manual de 15 L.
- Tractor agrícola
- Balanza tipo plataforma de 30 kg.

- Balanza gramera
- Cámara fotográfica

5.3.4. Material biológico

En el presente trabajo de investigación se utilizó:

- a) **Semilla:** La semilla de papa de la variedad CICA fue adquirida a productores de la comunidad de Añobamba, provincia de Paucartambo, ya que presentaba alta pureza, estaba libre de plagas y enfermedades, y contaba con una edad fisiológica adecuada. Se trabajó con una cantidad de 120 kg de semilla, con un peso promedio de entre 20 y 22 gramos por unidad.
- b) **Microorganismos eficientes:** Se utilizaron microorganismos eficientes adquiridos a través de la embajada de Rusia, gracias a un convenio con la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Estos microorganismos, pertenecientes a la empresa rusa “Biona”, el microorganismo eficiente Effectbio SC, el cual fue aplicado al suelo, junto con otros productos como parte del paquete para el manejo agronómico correspondiente.
- **Tratamiento para suelo**
 - Effectbio SC(*Bacillus* y *Trichoderma*)
 - **Tratamiento para semilla**
 - Bactofort (*Bacillus*)
 - Respecta 25%(*pseudomonas*)
 - Nitroceral (tubérculo) (*Agrobacterium* y *Bacillus*)

5.4. Análisis físico químico del suelo

5.4.1. Toma de muestra

El muestreo del suelo se realizó el 25 de septiembre del 2024, este análisis fue para conocer la textura y fertilidad del suelo, la muestra se recogió en el campo experimental siguiendo el método de “Zic Zac”, de una profundidad de 30 cm aproximadamente. En seguida se procedió a juntar y homogenizar con el fin de obtener una muestra representativa, luego se separó 1 kilo de muestra para el análisis respectivo al laboratorio de química de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Cuadro 1

Análisis e interpretación del suelo

Análisis	valor	Interpretación
pH	8.15	Alcalino
C.E. mmhos/cm	0,86	Baja
Materia orgánica %	3,80	Medio-bueno
Nitrógeno %	0,17	medio
Fosforo ppm P ₂ O ₅	9,62	Bajo
Potasio ppm K ₂ O	196,10	Medio-alto
C.I.C. meq/100	9,50	Media
C.C. %	20,97	Moderada
H.E. %	21,38	Normal para suelo franco arenosos
P.M.P. %	11,31	-----
Carbonatos %	1,35	Bajo a medio
d.a. g/cc	1,532	alta
d.r. g/cc	2,170	Normal
Arena %	66	Suelo suelto, aireado con buen drenaje, poca retención de agua.
Limo %	29	
Arcilla %	5	

5.5. Metodología

Durante el periodo de instalación del experimento (septiembre a noviembre de 2024), las condiciones climáticas registradas mostraron un ambiente transicional entre la época seca y el inicio de la temporada de lluvias en la Estación Experimental de K'ayra – Cusco. Los datos climáticos diarios incluidos en la planilla oficial permitieron describir con precisión el comportamiento atmosférico del periodo.

En septiembre de 2024, las temperaturas máximas diarias variaron entre 21.8 °C y 25.8 °C, con mínimas entre 2.4 °C y 4.8 °C, evidenciándose algunos eventos de frío moderado propios del final de la estación seca. La precipitación fue prácticamente nula, con valores entre 0 y 12.8 mm, predominando días secos. Las horas de sol variaron entre 0.9 y 10.4 horas/día, favoreciendo el secado superficial del suelo previo a la preparación del terreno.

En octubre de 2024, las temperaturas máximas oscilaron entre 20.0 °C y 27.0 °C, mientras que las mínimas se mantuvieron entre 0.5 °C y 9.5 °C, reflejando un incremento gradual del calor diurno. Se registró un aumento en las precipitaciones, alcanzando valores diarios de hasta 6.2 mm, lo cual comenzó a mejorar la humedad del suelo para

la siembra. Las horas de sol fluctuaron entre 0.3 y 10.2 horas, combinándose días parcialmente nublados y días de alta radiación. Ver anexo 7.

5.5.1. Diseño experimental

En el presente trabajo de investigación, se utilizó un diseño experimental de Bloques Completamente al Azar (DBCA). Para la distribución aleatoria de los tratamientos en cada bloque del campo experimental, se empleó el método del sombrero.

Se manejaron en bloques correspondiente a 04 tratamientos y 04 repeticiones que en total se tuvo 16 unidades experimentales se hizo al azar para la distribución aleatoria de los tratamientos.

Una vez obtenidos los resultados se procesaron datos utilizando el análisis de varianza y la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 5% y 1%. **Modelo Aditivo Lineal:**

$$Y_{ij} = \mu_{ij} + t_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, t$ = tratamientos.

$j = 1, 2, 3, \dots, r$ = repeticiones (Bloques).

μ_{ij} = Promedio General.

t_i = Efecto del enésimo tratamiento.

β_j = Efecto de la enésima repetición.

ε_{ij} = Representa el error asociado al tratamiento i-ésimo para la repetición j-ésima.

Tabla 5

ANVA - DBCA

F de V	G.L	Sc	Sig.
Bloques	$r - 1$		$\sum Y_{ij}^2 / t - Tc$
Tratamientos	$t - 1$		$\sum Y_{ij}^2 / r - Tc$
Error	$(t - 1)(r - 1)$	$Sc_T - Sc_{Bloq.} - Sc_{Tratamiento}$	
Total	$Tr - 1$		$\sum Y_{ij}^2 - Tc$

$t = 4 = T1, T2, T3$ y $T4$

$r = 4 = r1, r2, r3$ y $r4$

5.5.2. Características del campo experimental

- **Campo experimental**

✓ Largo:	29.00 m.
✓ Ancho incluido calles centrales:	18.00 m.
✓ Área total:	522.00 m ²

- **Bloques**

✓ N° de bloques:	4.00 Und.
✓ Ancho de bloque:	6.00 m.
✓ Largo de bloque:	16.00 m.
✓ Área por bloque:	96.00 m ²

- **Unidad experimental**

✓ N° de unidades experimentales total:	16.00 Und.
✓ N° de unidades experimentales por bloque:	4.00 Und.
✓ Largo:	4.00 m.
✓ Ancho:	6.00 m.
✓ Área:	24.00 m ² .
✓ Área neta	13.44 m ²

- **Calles**

✓ Número de calles entre bloques:	3.00 Und.
✓ Largo de calle:	16.00 m.
✓ Ancho de calle:	1.00 m
✓ Área total de calles:	48.00 m ²

- **Características de la unidad experimental**

✓ Número de surcos por unidad experimental	05 Unid
✓ Distancia entre surcos	0.80 m
✓ Largo de surcos	6 m
✓ Distancia entre golpes	0.40 m
✓ Número de golpes /surco	16 golpes
✓ Número de golpes / unidad experimental	80 golpes
✓ Número de semilla /golpe	02 Unid
✓ Número de semilla total del campo experimental	2560 Unid

- ✓ Peso de semilla 20-22 g
- ✓ Cantidad total usada por siembra 120 kg

Gráfico 1

Croquis del campo experimental

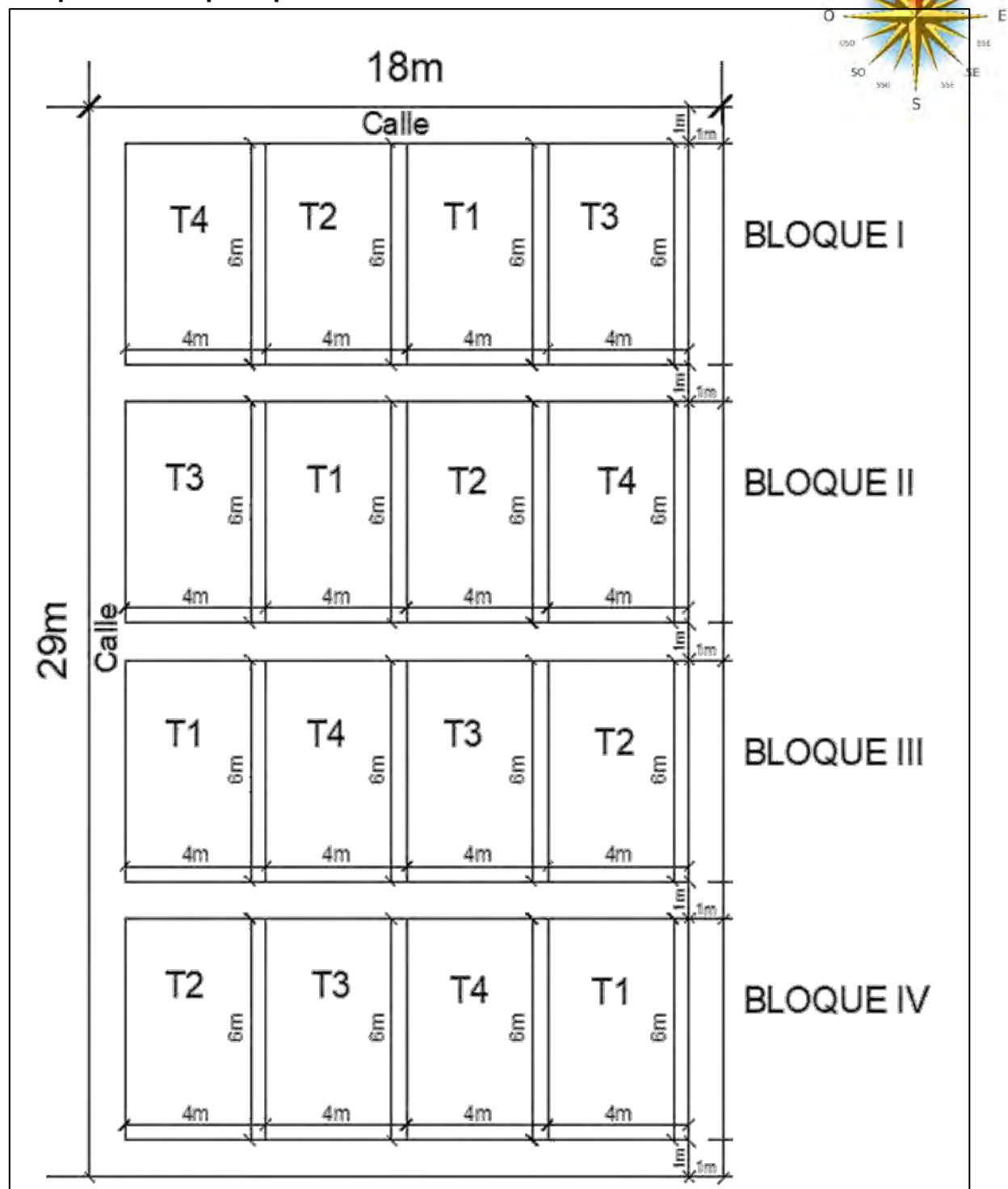


Gráfico 2

Marco de plantación

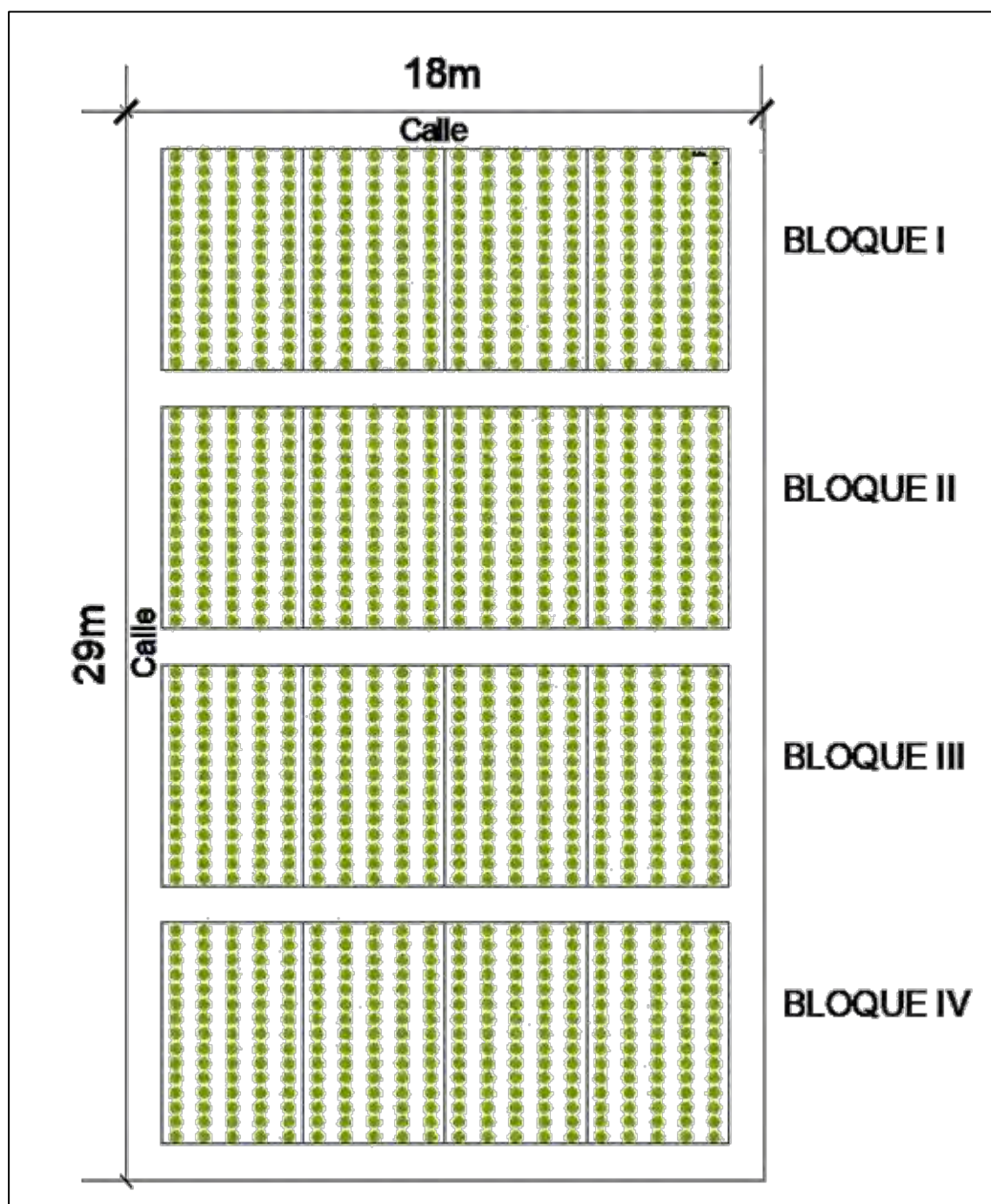
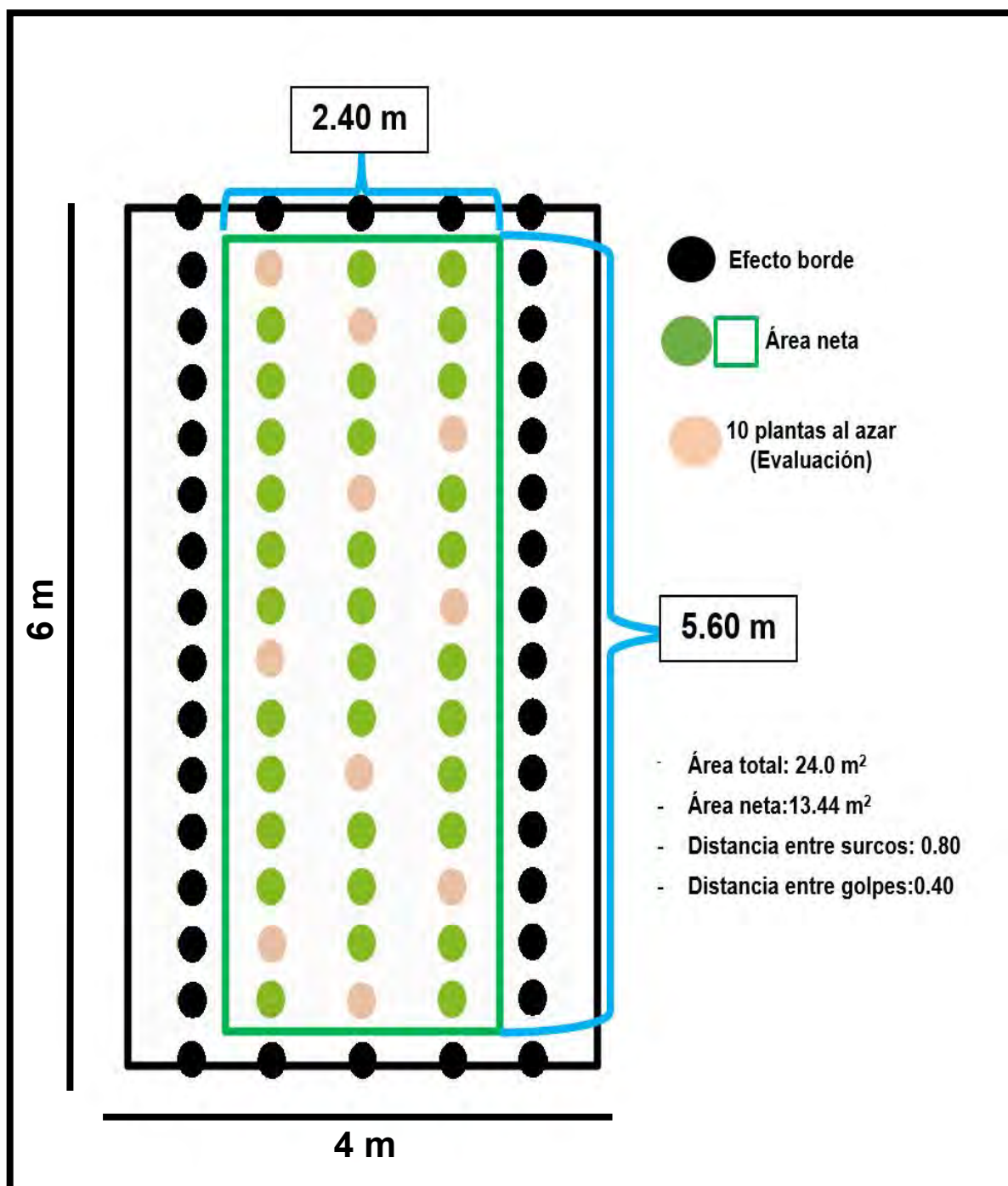


Gráfico 3

Unidad Experimental



5.5.3. Microorganismos eficientes en estudio

Cuadro 2

Momentos de aplicación de los microorganismos eficientes

Tratamiento al suelo	Momento de aplicación
Effectbio SC	10 a 12 días antes de la siembra
Tratamiento a las semillas	Momento de aplicación
Bactofort	24 horas antes de la siembra
Respecta 25%	24 horas antes de la siembra
Nitrocereal (tubérculo)	24 horas antes de la siembra

5.5.4. Factores de estudio

La dosificación se aplicó conforme a las recomendaciones de la empresa Biona, y se ajustó aumentando la cantidad del producto, según las indicaciones del asesor quien proporcionó la dosis específica para una superficie de 522 m².

T1 = 500 ml/ha Microorganismos eficientes

T2 = 750 ml/ha Microorganismos eficientes

T3 = 1000 ml/ha Microorganismos eficientes

T4 = Testigo (Sin aplicación)

5.5.5. Aplicación Tratamientos para el suelo

Los tratamientos evaluados son mostrados en la tabla siguiente:

Cuadro 3

Descripción de tratamientos

Clave	Effectbio SC			Agua (400L/ha)	
	Dosis hectárea	Dosis (ml) suelo	por 4 repeticiones	por unidad experimental	por 4 repeticiones
T1	500ml	1.2 ml microorganismos eficientes (Effectbio SC)	4.8ml microorganismos eficientes (Effectbio SC)	0.96 L	3.84 L
T2	750ml	1.8 ml microorganismos eficientes (Effectbio SC)	7.2 ml microorganismos eficientes (Effectbio SC)		
T3	1000ml	2.4 ml microorganismos eficientes (Effectbio SC)	9.6 ml microorganismos eficientes (Effectbio SC)		
T4		Testigo (sin aplicación)	Testigo (sin aplicación)	0	0

5.5.6. Descripción del cálculo para cada tratamiento

5.5.6.1. Tratamiento 1

- **Effectbio SC:** El cálculo de la cantidad de microorganismos eficientes por aplicación se obtuvo utilizando una regla de tres simple, considerando la cantidad de producto recomendada por hectárea entre el tamaño del terreno donde fue aplicado. En este caso, la cantidad de microorganismos eficientes fue de 500 ml por hectárea (10,000 m²), entre el área de 24 m², correspondiente al tamaño del terreno de cada unidad experimental. El cálculo fue el siguiente:

$$\begin{array}{r} 500 \text{ ml} \text{-----} 10,000 \text{ m}^2 \\ x \text{-----} 24 \text{ m}^2 \\ \hline x = 1.2 \text{ ml} \times 4 \text{ repeticiones} = 4.8 \text{ ml} \end{array}$$

Por lo tanto, se aplicaron **1.2 ml** de microorganismos eficientes por unidad experimental en 4 repeticiones es: **4.8ml** de Effectbio SC.

- **Agua:** El cálculo de la cantidad de agua se realizó en función de la proporción entre la cantidad de microorganismos eficientes recomendada (500 ml/ha) y el volumen de agua sugerido por el fabricante (400 L/ha). A partir de esta relación, se determinó la cantidad de agua correspondiente a la dosis aplicada en la unidad experimental (1.2 ml/ha) mediante una regla de tres simple:

$$\begin{array}{r} 500 \text{ ml} \text{-----} 400 \text{ L} \\ 1.2 \text{ ml} \text{-----} x \\ \hline X = 0.96 \text{ L} \times 4 \text{ repeticiones} = 3.84 \text{ litros} \end{array}$$

Esto quiere decir que, por cada 1.2 ml de microorganismos, se necesitó 0.96 L de agua para cada unidad experimental. Por lo tanto, la cantidad total de agua necesaria para las 4 repeticiones fue de **3.84 litros**.

- **Aplicación:** Se utilizaron en total 4.8 ml de microorganismos eficientes (Effectbio SC), disueltos en 3.84 L de agua. Esta solución fue aplicada en las 4 repeticiones, bajo la premisa de que dicha dosis mejoraría significativamente las características agronómicas y el rendimiento del cultivo de papa.

5.5.6.2. Tratamiento 2

- **Effectbio SC:** El cálculo de la cantidad de microorganismos eficientes por aplicación se obtuvo utilizando una regla de tres simple, considerando la cantidad de producto recomendada por hectárea entre el tamaño del terreno donde fue aplicado. En este caso, la cantidad de dosis recomendada de microorganismos eficientes fue de 750 ml por hectárea (10,000 m²), entre el área de 24 m², correspondiente al tamaño del terreno de cada unidad experimental.

El cálculo fue el siguiente:

A razón de 750 ml/ha

$$750 \text{ ml} \text{-----} 10,000 \text{ m}^2$$

$$x \text{-----} 24 \text{ m}^2$$

$$x = 1.8 \text{ ml} \times 4 \text{ repeticiones} = 7.2 \text{ ml}$$

Por lo tanto, se aplicaron 1.8 ml de microorganismos eficientes por unidad experimental en 4 repeticiones es: 7.2 ml de Effectbio SC.

- **Agua:** El cálculo de la cantidad de agua se realizó en función de la proporción entre la cantidad de microorganismos eficientes recomendada (750 ml/ha) y el volumen de agua sugerido por el fabricante (400 L/ha). A partir de esta relación, se determinó la cantidad de agua correspondiente a la dosis aplicada en la unidad experimental (1.8 ml/ha) mediante una regla de tres simple:

$$750 \text{ ml} \text{-----} 400 \text{ L}$$

$$1.8 \text{ ml} \text{-----} x$$

$$X = 0.96 \text{ L} \times 4 \text{ repeticiones} = 3.84 \text{ litros}$$

Esto quiere decir que, por cada 1.8 ml de microorganismos, se necesitó 0.96 L de agua para cada unidad experimental. Por lo tanto, la cantidad total de agua necesaria para las 4 repeticiones fue de **3.84 litros**.

- **Aplicación:** se utilizaron en total 7.2 ml de microorganismos eficientes (Effectbio SC), disueltos en 3.84 L de agua. Esta solución fue aplicada en las 4 repeticiones, bajo la premisa de que dicha dosis mejoraría significativamente las características agronómicas y el rendimiento del cultivo de papa.

5.5.6.3. Tratamiento 3

- **Effectbio SC:** El cálculo de la cantidad de microorganismos eficientes por aplicación se obtuvo utilizando una regla de tres simple, considerando la cantidad de producto recomendada por hectárea entre el tamaño del terreno donde fue aplicado. En este caso, la cantidad de dosis recomendada de microorganismos eficientes fue de 1000 ml por hectárea (10,000 m²), entre el área de 24 m², correspondiente al tamaño del terreno de cada unidad experimental.

El cálculo fue el siguiente:

A razón de 1000 ml/ha

$$1000 \text{ ml} \text{-----} 10,000 \text{ m}^2$$

$$x \text{-----} 24 \text{ m}^2$$

$$x = 2.4 \text{ ml} \times 4 \text{ repeticiones} = 9.6 \text{ ml}$$

Por lo tanto, se aplicaron **2.4 ml** de microorganismos eficientes por unidad experimental en 4 repeticiones es: **9.6 ml** de Effectbio SC.

- **Agua:** El cálculo de la cantidad de agua se realizó en función de la proporción entre la cantidad de microorganismos eficientes recomendada (1000 ml/ha) y el volumen de agua sugerido por el fabricante (400 L/ha). A partir de esta relación, se determinó la cantidad de agua correspondiente a la dosis aplicada en la unidad experimental (2.4 ml/ha) mediante una regla de tres simple:

$$1000 \text{ ml} \text{-----} 400 \text{ L}$$

$$2.4 \text{ ml} \text{-----} x$$

$$X = 0.96 \text{ L} \times 4 \text{ repeticiones} = 3.84 \text{ litros}$$

Esto quiere decir que, por cada 2.4 ml de microorganismos, se necesitó 0.96 L de agua para cada unidad experimental. Por lo tanto, la cantidad total de agua necesaria para las 4 repeticiones fue de **3.84 litros**.

- **Aplicación:** se utilizaron en total 9.6 ml de microorganismos eficientes (Effectbio SC), disueltos en 3.84 L de agua. Esta solución fue aplicada en las 4 repeticiones, bajo la premisa de que dicha dosis mejoraría significativamente las características agronómicas y el rendimiento del cultivo de papa.

5.5.6.4. Tratamiento 4

No se aplicó ningún tipo de microorganismo eficiente (Effectbio SC), ya que este tratamiento fue utilizado como testigo. Se evaluaron sus características agronómicas y el rendimiento en ausencia del microorganismo eficiente.

5.5.7. Aplicación de microorganismos eficientes para el tratamiento de semilla

Tabla 6

Dosis de microorganismos eficientes para la semilla

Producto	Dosis L/tn	Dosis ml/120 kg	Agua
Bactofort	2L/tn	240ml	14.77 L
Respecta 25%	1.5/tn	180ml	
Nitrocereal	2L/tn	240ml	

El tratamiento de semilla se realizó con microorganismos eficientes se utilizó los siguientes productos:

- **Bactofort:** formulado para proteger las plantas contra enfermedades fúngicas en las plantas tanto en las etapas iniciales de desarrollo como durante el periodo de su crecimiento. Dosis recomendada en la etiqueta del producto 2L/tn y en este caso se utilizó 240 ml/120 kg disueltos en 14.77 litros de agua.

$$2000 \text{ ml} \text{-----} 1000 \text{ kg}$$

$$X \text{-----} 120 \text{ kg}$$

$$X = 240 \text{ ml de Bactofort}$$

- **Respecta 25%:** formulado para diseñado para controlar infecciones fúngicas y bacterianas durante la temporada de crecimiento, así como para aliviar el estrés causado por el uso de pesticidas o condiciones ambientales adversas. Dosis recomendada en la etiqueta del producto 1.5 L/tn y en este caso se utilizó 180 ml/120 kg de semilla disueltos en 14.77 litros de agua.

$$1500 \text{ ml} \text{-----} 1000 \text{ kg}$$

$$X \text{-----} 120 \text{ kg}$$

$$X = 180 \text{ ml de Respecta 25\%}$$

- **Nitrocereal:** Se trata de un bioinsumo de dos componentes con funciones de fijador de nitrógeno y movilizador de fósforo, diseñado para el tratamiento de semillas (tubérculos) con el objetivo de optimizar la nutrición vegetal. dosis recomendada en la

etiqueta del producto 2 L/tn y en este caso se utilizó 240 ml/120kg de semilla disueltos en 14.77 litros de agua .

2000ml-----1000 kg

X -----120 kg

X=240 ml de nitrocereal

5.6. Conducción del experimento

5.6.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó de forma mecanizada con tractor agrícola; se inició con la labranza del terreno, empleando arado de disco a una profundidad promedio 0.30 m a 0.40 m aproximadamente después de la cosecha de la campaña 2024 – 2025; seguidamente se procedió con el mullido del terreno empleando la rastra y se efectuó de forma cruzada con el fin de mullir los terrones. Esta actividad se realizó el 27 de septiembre del 2024.

Fotografía 3

Preparación de terreno



5.6.2. trazado de bloques y replanteo

El marcado del terreno se efectuó de acuerdo a las dimensiones planteadas para el experimento, bloques de 4.00 m de ancho y 16.00 m de largo, apartados por calles que son de 1.00 m de ancho, esta preparación fue ejecutada con herramientas manuales como el cordel, winchas, estacas y yeso, trazando el borde de los bloques con sus respectivas calles.

Fotografía 4

Trazado de bloques y replanteo



5.6.3. Trazado de surcos

El surcado se realizó con el uso de la surcadora mecánica, el distanciamiento de surcos fue a 0.80 m entre surco y surco a una profundidad de 0.30 m aproximadamente, cuya actividad fue realizada el 27 de septiembre del 2024.

5.6.4. Inoculación de microorganismos eficientes al suelo (antes de la siembra)

Para la inoculación, se utilizó el microorganismo eficiente de la empresa Biona llamado Effectbio SC. Este microorganismo tiene como composición biológica los siguientes microorganismos: *Bacillus subtilis*, *Trichoderma viride* y *Trichoderma lignorum*. Está especialmente diseñado para acelerar la descomposición de residuos vegetales en el campo, así como para regular el número de patógenos en cultivos agrícolas y normalizar la microflora del suelo. Se aplicaron tres dosis, que fueron 500 ml/ha, 750 ml/ha y 1000 ml/ha. Este proceso se realizó con ayuda de una pulverizadora, utilizando las dosis requeridas para cada tratamiento en excepción al testigo, cuando el suelo estuvo en condiciones de capacidad de campo para el cultivo. Para ello, se calcularon las dosis por tratamiento en excepción al testigo y la cantidad de agua necesaria. Luego, se mezcló y se aplicó con la pulverizadora en los surcos donde se sembró la semilla. Esta actividad se realizó aproximadamente 10 días antes de la siembra.

Fotografía 5

Inoculación de microorganismos en el suelo



5.6.5. Tratamiento de la semilla (tubérculos)

Se utilizó semilla de papa de la variedad CICA, la cual fue adquirida de productores locales, con alta pureza varietal, libre de plagas y enfermedades, y con una edad fisiológica adecuada. Se trabajó con una cantidad de semilla de 120 kg, con un peso promedio de 20-22 gramos por semilla. Además, se utilizó el fungicida biológico Bactofort, cuya composición química contiene *Bacillus subtilis*, a razón de 2.00 L/tonelada. El tratamiento de semillas solo fue aplicado a las semillas correspondientes a cada tratamiento, con excepción del testigo. Dicha actividad fue realizada el 17 de octubre.

tratamiento de semillas (tubérculos)

- **Dosis utilizadas:** 240 ml de Bactofort, 180 ml de Respecta al 25 % y 240 ml de Nitrocereal.
- **Agua:** 14,77 litros de agua
- **Semilla:** 120 kg de semilla

Procedimiento: Las dosis utilizadas fueron: 240 ml de Bactofort, 180 ml de Respecta al 25 % y 240 ml de Nitrocereal. Estos productos se vertieron en un recipiente adecuado para mezclarlos homogéneamente. Por otro lado, los 120 kg de semilla empleados se colocaron en un tacho o lavador grande.

La mezcla de los productos biológicos se transfirió a una pulverizadora, donde se disolvieron los 240 ml de Bactofort, 180 ml de Respecta 25 % y 240 ml de Nitrocereal en 14,77 litros de agua. La solución se agitó durante dos minutos para asegurar una mezcla uniforme.

Una vez preparada la solución, se procedió al tratamiento de los 120 kg de semilla, aplicándola con la pulverizadora y asegurando una distribución uniforme del producto sobre todas las semillas. Posteriormente, se revolvieron bien para garantizar una cobertura completa y se dejaron reposar durante unas horas antes de la siembra.

Este tratamiento tiene como objetivo proteger las semillas contra enfermedades, mejorar la nutrición de las plantas especialmente en lo referente al nitrógeno y fósforo, estimular el crecimiento, fortalecer la inmunidad vegetal y proporcionar un complejo nutritivo que contribuya al aumento del rendimiento del cultivo y a la mejora en la calidad del producto final.

Fotografía 6

Tratamiento de semilla



5.6.6. Siembra

La siembra se realizó el 18 de octubre de 2024 de forma manual por surcos, utilizando distanciamiento de 0.80 m entre surcos y 0.40 m entre plantas. La cantidad de semilla utilizada fue de 120 kg para el campo experimental, con un peso promedio de 20 g a 22 g por semilla. Posteriormente, se realizó el tapado a una profundidad aproximada de 0.10 m.

Fotografía 7

Siembra



5.6.7. Aporque

El primer aporque se realizó a los 31 días después de la siembra, y el segundo aporque a los 14 días después del primero. Estas dos actividades se llevaron a cabo con el fin de cubrir los tubérculos y evitar que los estolones salgan a la superficie, lo que podría convertirlos en tallos aéreos y disminuir el rendimiento, además de prevenir el verdeo del tubérculo.

Fotografía 8

Aporque



5.6.8. Control de malezas

Las malezas han sido controladas de forma manual. Estas fueron eliminadas a tiempo, de manera oportuna y eficiente, con el fin de que las plantas no tengan competencia por agua, nutrientes y luz con el cultivo.

Fotografía 9

Control de malezas



5.6.9. Control de fitosanitario

La actividad se realizó el 4 de diciembre de 2024. Durante esta intervención se aplicó el fungicida biológico Bactofort, formulado a base de *Bacillus subtilis*, a una dosis de 5L/ha. Este producto actúa como un agente de biocontrol, formando una barrera microbiana protectora en la superficie de las plantas y en la rizosfera. Gracias a su capacidad para competir con microorganismos patógenos y producir compuestos inhibitorios, Bactofort contribuye a disminuir el daño y la incidencia de diversas enfermedades que pueden afectar al cultivo durante sus etapas de crecimiento y desarrollo. Su uso favorece una mayor sanidad del cultivo, promueve el vigor de las

plantas y representa una alternativa sostenible dentro del manejo integrado de enfermedades.

Bactofort biofungicida:

Biofungicida tiene la función de proteger a las plantas contra enfermedades fúngicas en las primeras etapas de desarrollo y temporada de crecimiento esto a razón de 5L/ha disueltos en 117 litros de agua por hectárea, entonces se calculó para el tamaño del área de investigación que es de 522m².

- **Cálculo de bactofort**

$$\begin{array}{rcl} 5000\text{ml} & \text{-----} & 10,000 \text{ m}^2 \\ x & \text{-----} & 522 \text{ m}^2 \end{array}$$

$$x = 261 \text{ ml de bactofort}$$

- **Cálculo de agua**

$$\begin{array}{rcl} 117 \text{ L} & \text{-----} & 10,000 \text{ m}^2 \\ x & \text{-----} & 522 \text{ m}^2 \end{array}$$

$$x = 6.11 \text{ litros de agua}$$

Aplicación: se aplicó este producto para prevenir enfermedades con la ayuda de una pulverizadora se colocó 6.11 litros de agua más la dosis del producto que fue 261 ml de bactofort y se asperjo a cada una de las plantas.

Fotografía 10

Control de plagas y enfermedades



5.6.10. Cosecha

La labor de cosecha se comenzó realizando el corte previo al follaje el 3 de marzo del 2025 con la finalidad de facilitar las labores posteriores. La cosecha de tubérculos se llevó a cabo de manera manual el 12 de marzo de 2025. A los 144 días después de la siembra, se realizó la cosecha utilizando herramientas manuales (pico). Primero las plantas que se escogieron al azar de cada unidad experimental, y cada planta fue colocada en una bolsita debidamente etiquetada, sin mezclar con otras. Una vez terminada esta etapa, se continuó cosechando con el área neta, utilizando un costal rojo con sus respectivas etiquetas para cada bloque y unidad experimental.

Fotografía 11

Cosecha del área neta



5.7. Evaluación

Para las evaluaciones, se seleccionó de manera aleatoria 10 plantas por cada unidad experimental, eliminando las plantas de efecto borde en cada una de las unidades experimentales. Las 10 plantas escogidas al azar fueron etiquetadas con etiquetas de diferentes colores para evitar confusiones, y estas fueron colocadas en la parte inferior del tallo, sujetadas con rafia. Se evaluaron los siguientes indicadores.

5.7.1. Rendimiento de tubérculos

5.7.1.1. Peso de tubérculos por hectárea

Para determinar el rendimiento del cultivo se cosecharon todos los tubérculos producidos en los surcos centrales incluyendo las 10 plantas escogidas al azar sin considerar las plantas de efecto borde en cada unidad experimental, esta información se transformó a rendimiento por hectárea.

Fotografía 12

Peso de tubérculo por hectárea



5.7.1.2. Peso de tubérculos por planta

Para determinar el peso de los tubérculos por planta, se cosecharon de 10 plantas seleccionadas al azar en cada unidad experimental. Los tubérculos de cada planta se colocaron en una bolsa, y luego se pesaron en una balanza individualmente cada bolsa con tubérculos de las 10 plantas señaladas al azar de cada unidad experimental.

Fotografía 13

Peso de tubérculo por planta



5.7.2. Características agronómicas

5.7.2.1. Altura de planta

Esta característica se evaluó durante la floración, etapa en la que la planta ha detenido su crecimiento. Para ello, se utilizó una cinta métrica para medir la distancia existente entre la base y el ápice del tallo principal. Esta evaluación se realizó en cada una de las 10 plantas señaladas al azar por unidad experimental.

Fotografía 14

Altura de planta



5.7.2.2. Número de tubérculos por planta

Esta característica se evaluó al día siguiente de la cosecha, contando manualmente el número de tubérculos en cada una de las 10 plantas señaladas al azar por unidad experimental.

Fotografía 15

Numero de tubérculos por planta



5.7.2.3. Diámetro polar de tubérculos

Para las mediciones físicas del diámetro polar de cada tubérculo en las 10 plantas indicada al azar por unidad experimental, se determinó utilizando una regla graduada con vernier, midiendo la distancia entre polo y polo de cada tubérculo. Posteriormente, se calculó el promedio del diámetro polar para cada planta señalada al azar, el cual se registró en cm.

Fotografía 16

Diámetro polar de los tubérculos



5.7.2.4. Diámetro ecuatorial de tubérculos

Para las mediciones físicas del diámetro ecuatorial de cada tubérculo en las 10 plantas indicadas al azar por unidad experimental, se determinó utilizando una regla graduada con vernier midiendo la distancia más ancha de cada tubérculo. Posteriormente, se calculó el promedio del diámetro ecuatorial para cada planta seleccionada al azar, el cual se registró en cm.

Fotografía 17

Diámetro ecuatorial de los tubérculos



VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Rendimiento

6.1.1. Rendimiento en kg/ha

Tabla 7

Promedio de rendimiento en kg/ha

TRAT.	BLOQUES				Σ	$\bar{x}$
	I	II	III	IV		
T1	31030.00	25595.00	25725.00	27127.00	109,477.00	27369.25
T2	34581.00	27976.00	31294.00	18068.00	111,919.00	27979.75
T3	32745.00	24739.00	33913.00	21837.00	113,234.00	28308.50
T4	21614.00	18511.00	19162.00	20651.00	79,938.00	19984.50
Σ	119,970.00	96,821.00	110,094.00	87,683.00	414,568.00	
$\bar{x}$	29,992.50	24,205.25	27,523.50	21,920.75		25,910.50

En la **Tabla 7** muestra los resultados de rendimiento en kg/ha, nos indica que en promedio fue de 25,910.50.

Tabla 8

ANVA rendimiento en kg/ha

F de V	GL	SC	CM	FC	FT		SIG	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	152361902.500	50787300.83	3.48	3.86	6.99	NS	NS
Tratamientos	3	189110508.500	63036836.17	4.32	3.86	6.99	*	NS
Error	9	131414747.00	14601638.56					
Total	15	472887158.00			CV=	14.75 %		

En la **Tabla 8** el análisis de varianza para rendimiento en kg/ha, nos indica que para bloques no existen diferencias estadísticas. Para los tratamientos existen diferencias al 95% de probabilidades a favor, por tanto, es necesario la comparación de medias. El coeficiente de variabilidad fue de 14.75% lo que nos indica la confiabilidad de los datos.

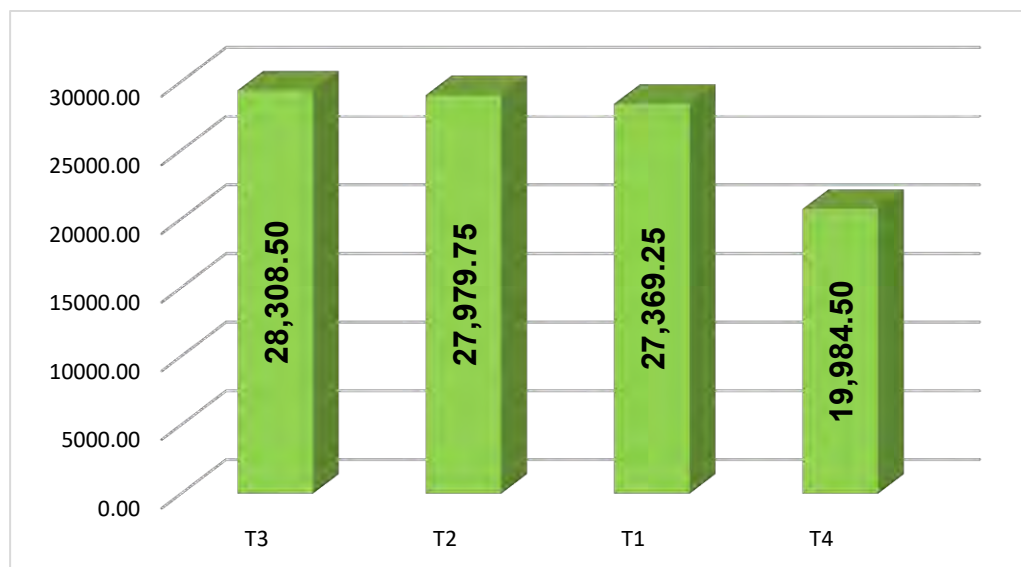
Tabla 9

Comparación de medias rendimiento en kg/ha

OM	RENDIMIENTO EN		TUKEY	
		(kg/ha)	0.05	0.01
I	T3	28308.50	a	a
II	T2	27979.75	ab	a
III	T1	27369.25	ab	a
IV	T4	19984.50	b	a
ALS _(T) (0.05)=		8062.751	ALS _(T) (0.01)=	11387.203

Gráfico 4

Promedios de rendimiento en kg/ha



El **Gráfico 4 y tabla 9** muestra que la prueba de Tukey al 95% de confianza indica que el grupo formado por los tratamientos T3; T2 y T1 con 28,308.50; 27,979.75 y 27,369.25 kg/ha son estadísticamente iguales entre y superiores al T4 con un rendimiento de 19984.50 kg/ha. Todo esto con un 95% de probabilidades a favor.

Se obtuvo menor rendimiento por hectárea de 28 tn/ha respecto a nuestro antecedente.

Tarazona (2016), los resultados indicaron que la dosis alta, correspondiente a 0,14 L de EM diluidos en 2,86 L de agua, fue la que generó el mayor rendimiento,

alcanzando 14,2 kg por área neta, lo que equivale a un total de 31 625,83 kg/ha (31 t/ha).

Se registraron vientos fuertes de hasta 14 m/s durante las etapas de floración y formación de tubérculos. Estas ráfagas provocaron el volteo y daño del follaje, afectando directamente la fotosíntesis e impidiendo una adecuada tuberización. Como consecuencia, las plantas experimentaron un mayor nivel de estrés fisiológico, lo que limitó el desarrollo óptimo del cultivo.

6.1.2. Rendimiento peso de las 10 plantas kg/planta

Tabla 10

Promedio de peso de las 10 plantas kg/planta

TRATAMIENTOS	BLOQUE				Σ	$\bar{x}$
	I	II	III	IV		
T1	1.10	0.99	0.96	1.18	4.22	1.06
T2	1.45	1.02	1.17	0.68	4.32	1.08
T3	1.33	0.88	1.74	1.01	4.96	1.24
T4	0.82	0.64	0.72	0.80	2.98	0.75
Σ	4.71	3.53	4.59	3.66	16.48	
$\bar{x}$	1.18	0.88	1.15	0.92		1.03

En la **Tabla 10** muestra el resumen de rendimiento peso de las 10 plantas kg/planta, nos indica que en promedio fue de 1.03

Tabla 11

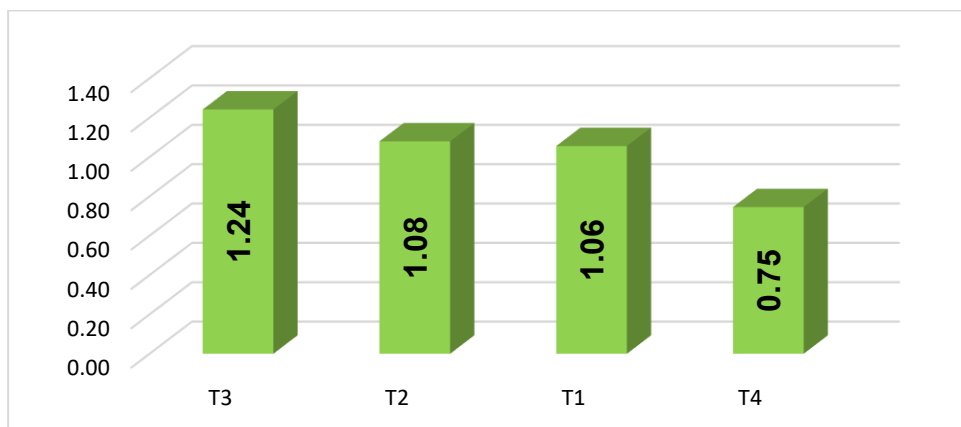
ANVA rendimiento peso de las 10 plantas kg/planta

F de V	GL	SC	CM	FC	FT		SIG	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	0.280	0.093	1.62	3.86	6.99	NS	NS
Tratamientos	3	0.515	0.171	2.97	3.86	6.99	NS	NS
Error	9	0.520	0.057					
Total	15	1.316			CV=	23.35 %		

En la **Tabla 11** el análisis de varianza para rendimiento peso de las 10 plantas, nos indica que para bloques no existen diferencias estadísticas al 99%. Para los tratamientos no existen diferencias al 99% de probabilidades a favor, por tanto, todos los tratamientos son estadísticamente iguales. El coeficiente de variabilidad fue de 23.35% lo que nos indica la confiabilidad de los datos.

Gráfico 5

Promedio peso de las 10 plantas kg/planta



El **Gráfico 5** muestra el peso promedio en kilogramos por planta a partir de 10 plantas evaluadas en cada tratamiento. El tratamiento T3 obtuvo el mayor valor con 1.24 kg/planta, seguido por T2 con 1.08 kg/planta, T1 con 1.06 kg/planta y, finalmente, T4 con el valor más bajo de 0.75 kg/planta. Se observa una diferencia notable entre T3 y T4, lo que sugiere un mejor desempeño de T3 en cuanto al peso acumulado por planta.

Se obtuvo menor rendimiento por 1 plantas de 1.24 respecto a nuestro antecedente.

Tarazona (2016), los resultados indicaron que la dosis alta, correspondiente a 0,14 L de EM diluidos en 2,86 L de agua, fue la que generó el mayor rendimiento, alcanzando 1,30 kg por 10 plantas.

6.1.3. Rendimiento primera kg/ha

Tabla 12

Promedio de rendimiento primera en kg/ha

TRATAMIENTOS	BLOQUE				Σ	$\bar{x}$
	I	II	III	IV		
T1	17,533.00	12,451.00	9,415.00	11,733.00	51,132.00	12,783.00
T2	18,720.00	15,252.00	12,946.00	6,815.00	53,733.00	13,433.25
T3	17,823.00	11,923.00	9,311.00	8,560.00	47,617.00	11,904.25
T4	10,357.00	8,976.00	7,808.00	8,865.00	36,006.00	9,001.50
Σ	64,433.00	48,602.00	39,480.00	35,973.00	188,488.00	
$\bar{x}$	16,108.25	12,150.50	9,870.00	8,993.25		11,780.50

En la **Tabla 12** muestra el resumen de rendimiento primera kg/ha, nos indica que en promedio fue de 11,780.50.

Tabla 13

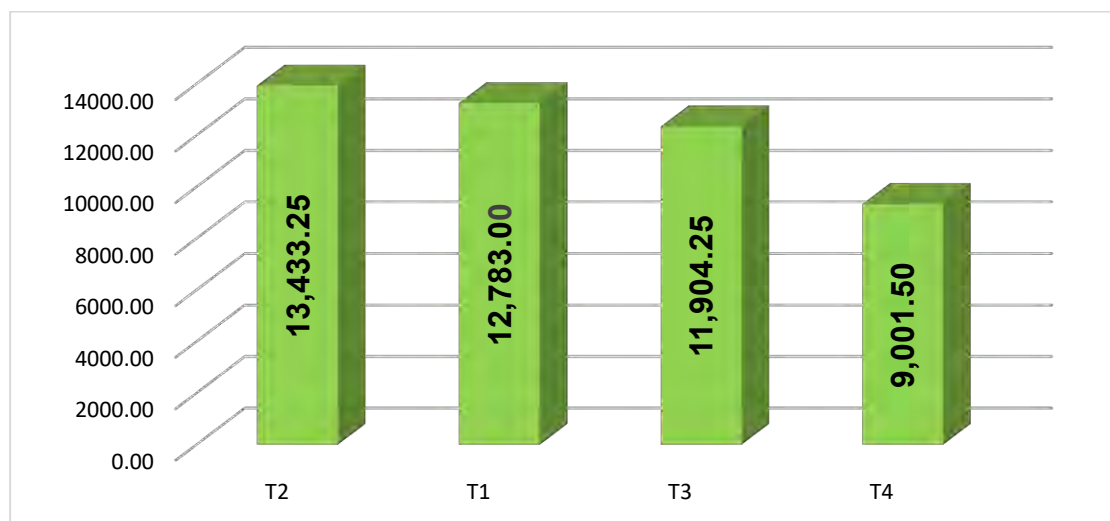
ANVA rendimiento primera kg/ha

F de V	GL	SC	CM	FC	FT		SIG	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	121140371.50	40380123.83	7.99	3.86	6.99	*	*
Tratamientos	3	45898975.50	15299658.50	3.03	3.86	6.99	NS	NS
Error	9	45496511.00	5055167.89					
Total	15	212535858.00			CV= 19.09%			

En la **Tabla 13** el análisis de varianza para rendimiento, nos indica que para bloques existen diferencias estadísticas solo al 99% lo que nos indica que fue correcto el uso del diseño de DBCA. Para los tratamientos no existen diferencias al 99% de probabilidades a favor, por tanto, todos los tratamientos son estadísticamente iguales. El coeficiente de variabilidad fue de 19.09% lo que nos indica la confiabilidad de los datos.

Gráfico 6

Promedio de rendimiento primera kg/ha



El **Gráfico 6** muestra el rendimiento de tubérculos de primera en kg/ha para los diferentes tratamientos, donde el T2 alcanzó el mayor rendimiento con 13,433.25 kg/ha, seguido por el T1 con 12,783.00 kg/ha y el T3 con 11,904.25 kg/ha, mientras que el tratamiento 4 presentó el rendimiento más bajo con 9,001.50 kg/ha. Visualmente se

aprecia una diferencia marcada entre el tratamiento 4 y los demás, especialmente frente a los tratamientos 1 y 2.

Se obtuvo mayor rendimiento de primera en kilogramos por hectárea respecto a nuestro antecedente.

Valverde (2016), la primera categoría presentó el mayor rendimiento por hectárea, alcanzando 11 955 kg/ha. Este resultado refleja una predominancia de tubérculos de mayor calibre y calidad comercial, lo cual es relevante desde el punto de vista económico y productivo, ya que este grupo concentra los tubérculos más valorados en el mercado.

6.1.4. Rendimiento segunda en kg/ha

Tabla 14

Promedio de rendimiento segunda en kg/ha

TRATAMIENTOS	BLOQUE				Σ	$\bar{x}$
	I	II	III	IV		
T1	10,156.00	10,290.00	13,277.00	10,930.00	44,653.00	11,163.25
T2	11,346.00	12,031.00	13,404.00	9,642.00	46,423.00	11,605.75
T3	12,269.00	10,308.00	13,746.00	9,933.00	46,256.00	11,564.00
T4	8,422.00	7,224.00	8,668.00	9,155.00	33,469.00	8,367.25
Σ	42,193.00	39,853.00	49,095.00	39,660.00	170,801.00	
$\bar{x}$	10,548.25	9,963.25	12,273.75	9,915.00		10,675.06

En la **Tabla 14** se muestra el rendimiento segunda en kg/ha, nos indica que en promedio fue de 10,675.06.

Tabla 15

ANVA rendimiento segunda en kg/ha

F de V	GL	SC	CM	FC	FT		SIG	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	14625020.687500	4875006.895833	4.17	3.86	6.99	*	NS
Tratamientos	3	28882858.687500	9627619.562500	8.23	3.86	6.99	*	*
Error	9	10529631.562500	1169959.062500					
Total	15	54037510.937500			CV=	10.13%		

En la **Tabla 15** el análisis de varianza para rendimiento segunda en kg/ha, nos indica que para bloques existen diferencias estadísticas solo al 95% lo que nos indica que fue correcto el uso del diseño de DBCA. Para los tratamientos existen diferencias al 99% de probabilidades a favor, por tanto, es necesario la comparación de medias. El coeficiente de variabilidad fue de 10.13% lo que nos indica la confiabilidad de los datos.

Tabla 16

Comparación de medias rendimiento segunda en kg/ha

OM	RENDIMIENTO EN		TUKEY	
		(kg/ha)	0.05	0.01
I	T2	11,605.75	a	a
II	T3	11,564.00	a	ab
III	T1	11,163.25	a	ab
IV	T4	8,367.25	b	b
ALS _(T) (0.05)=		2282.274	ALS _(T) (0.01)=	3223.306

Gráfico 7

Promedio de rendimiento segunda en kg/ha



En la **Tabla 16** y **Gráfico 7**, la prueba de Tukey al 99% de confianza indica que el grupo formado por los tratamientos T2; T3 y T1 con rendimientos de 11,605.75; 11,564.00 y 11,163.25 kg/ha son estadísticamente iguales y superiores al tratamiento T4 con rendimiento de; 8,367.25 kg/ha. todo esto con un 95% de probabilidades a favor.

Se obtuvo mayor rendimiento segunda respecto a nuestro antecedente.

Valverde (2016), la segunda categoría obtuvo un rendimiento de 8 085 kg/ha. Aunque este grupo comprende tubérculos de tamaño intermedio, su aporte al rendimiento total sigue siendo importante. Representa un segmento de producción útil para abastecimiento local y comercialización secundaria, con menor valor unitario respecto a la primera categoría. En mi investigación el rendimiento promedio de segunda fue 10,675.06 y el mayor rendimiento obtuve T2 1.8 ml de effectbio SC.

6.1.5. Rendimiento tercera en kg/ha

Tabla 17

Promedio de rendimiento tercera en kg/ha

TRATAMIENTOS	BLOQUE				Σ	$\bar{x}$
	I	II	III	IV		
T1	2481.00	2838.00	2444.00	3988.00	11751.00	2937.75
T2	3184.00	2756.00	2299.00	3031.00	11270.00	2817.50
T3	2347.00	2637.00	2444.00	2991.00	10419.00	2604.75
T4	2671.00	2194.00	2224.00	2991.00	10080.00	2520.00
Σ	10683.00	10425.00	9411.00	13001.00	43520.00	
$\bar{x}$	2670.75	2606.25	2352.75	3250.25		2,720.00

En la **Tabla 17** muestra los resultados de rendimiento tercera en kg/ha, nos indica que en promedio fue de 2,720.00.

Tabla 18

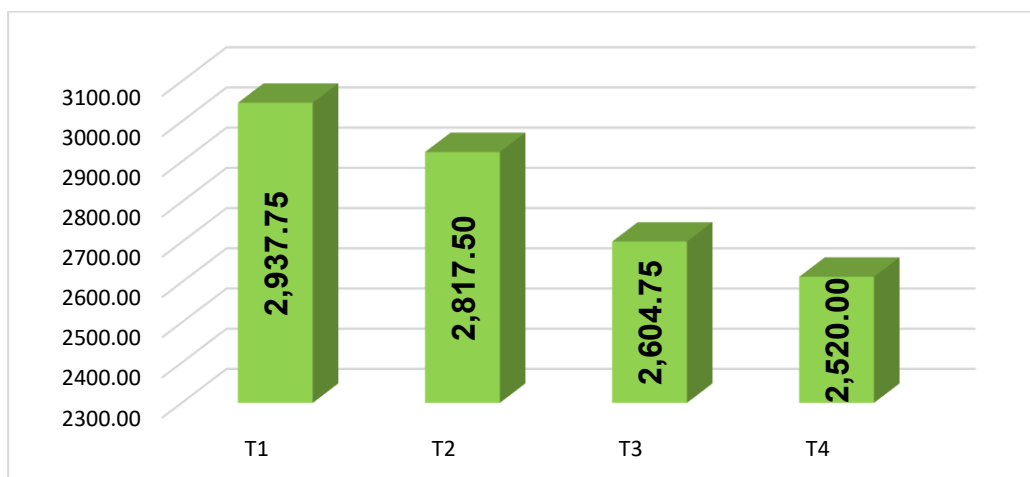
ANVA rendimiento tercera en kg/ha

F de V	GL	SC	CM	FC	FT		SIG	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	1725609.000000	575203.000000	5.32	3.86	6.99	*	NS
Tratamientos	3	440815.500000	146938.500000	1.36	3.86	6.99	NS	NS
Error	9	973343.500000	108149.277778					
Total	15	3139768.000000			CV=	12.09%		

En la **Tabla 18** el análisis de varianza para rendimiento tercera en kg/ha, nos indica que para bloques existen diferencias estadísticas solo al 95% lo que nos indica que fue correcto el uso del diseño de DBCA. Para los tratamientos no existen diferencias al 99% de probabilidades a favor, por tanto, todos los tratamientos son estadísticamente iguales. El coeficiente de variabilidad fue de 12.09% lo que nos indica la confiabilidad de los datos.

Gráfico 8

Promedio de rendimiento tercera en kg/ha



El **Gráfico 8** muestra el rendimiento de tubérculos de tercera en kilogramos por hectárea (kg/ha) para los distintos tratamientos, observándose que el tratamiento T1 obtuvo el mayor rendimiento con 2,937.75 kg/ha, seguido por T2 con 2817.50 kg/ha, mientras que T3 y T4 presentaron rendimientos más bajos, con 2,604.75kg/ha y 2,520.00kg/ha respectivamente.

6.2. Características agronómicas

6.2.1. Altura de planta

Tabla 19

Resultados de altura de planta

TRATAMIENTOS	BLOQUE				Σ	$\bar{x}$
	I	II	III	IV		
T1	1.19	1.11	1.00	1.10	4.40	1.10
T2	1.21	1.21	1.10	1.06	4.58	1.15
T3	1.21	1.16	1.10	1.09	4.56	1.14
T4	1.10	0.97	0.95	0.96	3.98	1.00
Σ	4.70	4.46	4.15	4.21	17.52	
$\bar{x}$	1.18	1.11	1.04	1.05		1.10

La **Tabla 19** muestra el resumen de altura de planta, nos indica que en promedio fue de 1.10 m.

Tabla 20

ANVA altura de planta en (m)

F de V	GL	SC	CM	FC	FT		SIG	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	0.048053	0.016018	12.58	3.86	6.99	*	*
Tratamientos	3	0.057961	0.019320	15.17	3.86	6.99	*	*
Error	9	0.011459	0.001273					
Total	15	0.117472			CV=	3.26%		

En la **Tabla 20** el análisis de varianza para altura de planta en (m), nos indica que para bloques existen diferencias estadísticas solo al 99% de probabilidades a favor, por lo fue pertinente el uso del diseño estadístico. Para los tratamientos existen diferencias al 99% de probabilidades a favor, por tanto, es necesario la comparación de medias. El coeficiente de variabilidad fue de 3.26% lo que nos indica la alta confiabilidad de los datos.

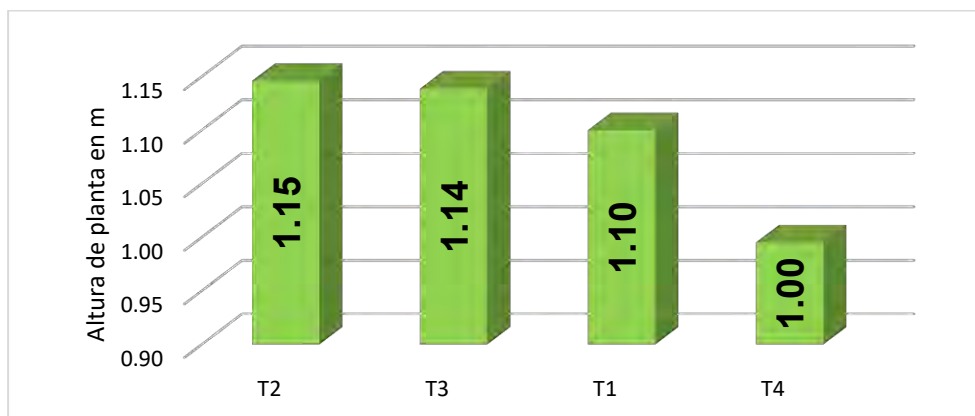
Tabla 21

Comparación de medias altura de planta en (m)

OM	Altura de planta en (m)		TUKEY	
			0.05	0.01
I	T2	1.15	a	a
II	T3	1.14	a	a
III	T1	1.10	a	ab
IV	T4	1.00	b	b
ALS_{(T)(0.05)}=	0.075	ALS_{(T)(0.01)}=	0.106	

Gráfico 9

Promedio de altura de planta en (m)



En la **Tabla 21 y Grafico 9**, muestra que la prueba de Tukey al 99% de confianza indica que el grupo formado por los tratamientos T2;T3 y T1 con altura de planta de 1.15; 1.14 y 1.10 metros son estadísticamente iguales entre si y superiores al tratamiento T4, con altura de planta de 1.00m. todo esto con un 99% de probabilidades a favor. Se obtuvo mayor tamaño de planta respecto a nuestro antecedente.

Tito (2023), para promedio de altura de planta el T2 con 1.15 m (1.8ml de effectbio SC) para los tratamientos se observa que el tratamiento T3 (15 tn/Ha de materia orgánica inoculado con ME) es el que presentó mayor altura de planta (41.67 cm.)

6.2.2. Diámetro ecuatorial en (mm)

Tabla 22

Promedio de diámetro ecuatorial en (mm)

TRATAMIENTOS	BLOQUE				Σ	$\bar{x}$
	I	II	III	IV		
T1	44.97	41.55	40.87	43.09	170.48	42.62
T2	45.99	46.06	43.68	38.31	174.04	43.51
T3	45.26	40.92	42.28	41.48	169.94	42.48
T4	40.59	43.49	40.25	44.12	168.44	42.11
Σ	176.81	172.01	167.08	167.00	682.90	
$\bar{x}$	44.20	43.00	41.77	41.75		42.68

La **Tabla 22** muestra el resumen de diámetro ecuatorial en (mm), nos indica que en promedio fue de 42.68.

Tabla 23

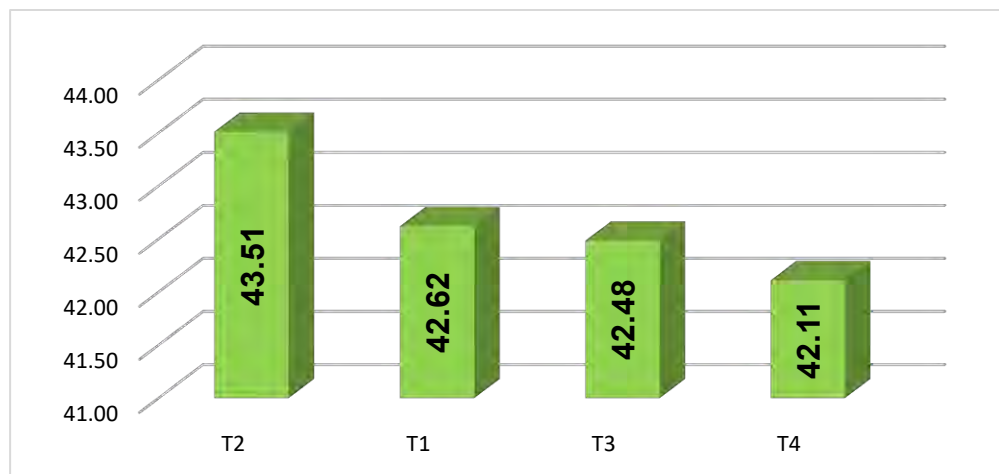
ANVA diámetro ecuatorial en (mm)

F de V	GL	SC	CM	FC	FT		SIG	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	16.461019	5.487006	0.88	3.86	6.99	NS	NS
Tratamientos	3	4.222842	1.407614	0.23	3.86	6.99	NS	NS
Error	9	56.103268	6.233696					
Total	15	76.787129			CV=	5.85%		

En la **Tabla 23** el análisis de varianza para diámetro ecuatorial en (mm), nos indica que para bloques no existen diferencias estadísticas al 99% lo que nos indica que fue correcto el uso del diseño de DBCA. Para los tratamientos no existen diferencias al 99% de probabilidades a favor, por tanto, todos los tratamientos son estadísticamente iguales. El coeficiente de variabilidad fue de 5.85% lo que nos indica la alta confiabilidad de los datos.

Gráfico 10

Promedio de diámetro ecuatorial en (mm)



El **Gráfico 10** muestra el diámetro ecuatorial promedio de los tubérculos en los diferentes tratamientos, destacando que T2 alcanzó el mayor valor con 43.51 mm, seguido de T1 (42.62 mm), T3 (42.48 mm) y T4 (42.11 mm), que presentó el menor diámetro. Aunque las diferencias entre tratamientos son visualmente pequeñas, especialmente entre T1, T3 y T4, T2 mostró una ligera ventaja en cuanto al tamaño ecuatorial del tubérculo.

6.2.3. Diámetro polar en (mm)

Tabla 24

Promedio de diámetro polar en (mm)

TRATAMIENTOS	BLOQUE				Σ	$\bar{x}$
	I	II	III	IV		
T1	37.17	36.07	36.54	36.24	146.02	36.50
T2	39.08	42.07	38.86	32.61	152.62	38.15
T3	37.67	35.28	37.18	35.63	145.77	36.44
T4	35.91	37.99	36.50	37.88	148.28	37.07
Σ	149.83	151.40	149.08	142.36	592.69	
$\bar{x}$	37.46	37.85	37.27	35.59		37.04

En la **Tabla 24** muestra el resumen de los resultados de diámetro polar en (mm), nos indica que en promedio fue de 37.04

Tabla 25

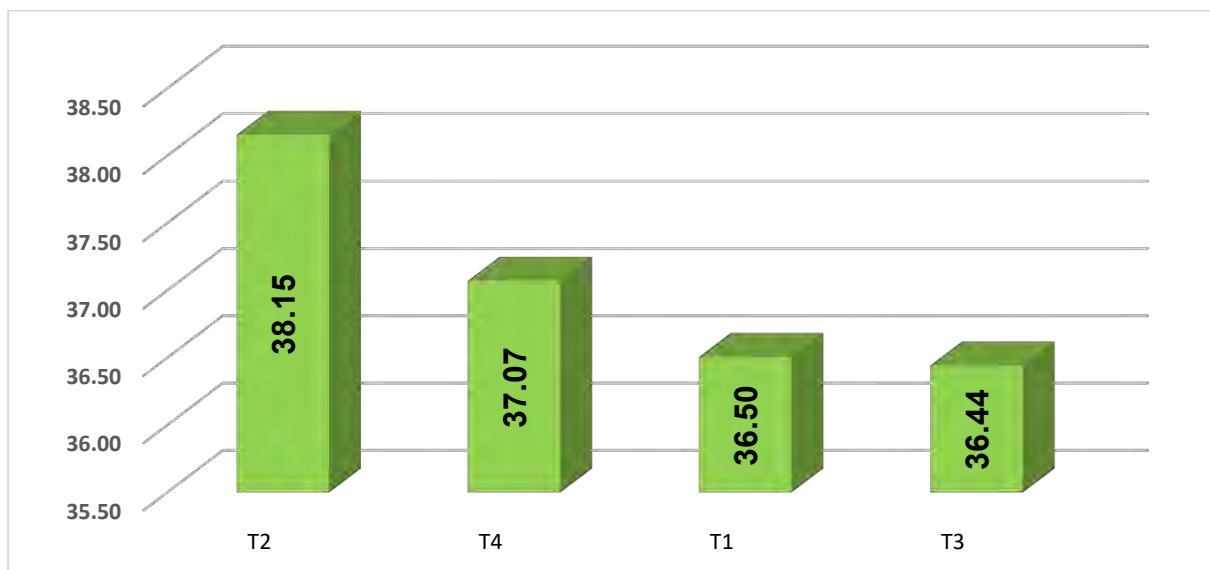
ANVA diámetro polar en (mm)

F de V	GL	SC	CM	FC	FT		SIG	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	11.937923	3.979308	0.83	3.86	6.99	NS	NS
Tratamientos	3	7.555452	2.518484	0.52	3.86	6.99	NS	NS
Error	9	43.402712	4.822524					
Total	15	62.896087			CV=	5.93 %		

En la **Tabla 25** el análisis de varianza para diámetro polar en (mm), nos indica que para bloques no existen diferencias estadísticas al 99% lo que nos indica que fue correcto el uso del diseño de DBCA. Para los tratamientos no existen diferencias al 99% de probabilidades a favor, por tanto, todos los tratamientos son estadísticamente iguales. El coeficiente de variabilidad fue de 5.93% lo que nos indica la alta confiabilidad de los datos.

Gráfico 11

Promedio de Diámetro polar en (mm)



El **Gráfico 11** muestra el diámetro polar promedio de los tubérculos por tratamiento, observándose que T2 alcanzó el mayor valor con 38.15 mm, seguido por T4 con 37.07 mm, mientras que T1 y T3 presentaron valores más bajos con 36.50 mm y 36.44 mm respectivamente. Aunque se evidencian diferencias visuales entre los tratamientos, especialmente en T2.

6.2.4. Número de tubérculos por planta

Tabla 26

Promedio de número de tubérculos por planta

TRATAMIENTOS	BLOQUE				Σ	$\bar{x}$
	I	II	III	IV		
T1	19.10	20.50	19.20	22.50	81.30	20.33
T2	23.50	16.30	21.40	16.50	77.70	19.43
T3	23.70	19.10	20.80	14.70	78.30	19.58
T4	17.50	12.30	16.20	14.50	60.50	15.13
Σ	83.80	68.20	77.60	68.20	297.80	
$\bar{x}$	20.95	17.05	19.40	17.05		18.61

En la **Tabla 26** muestra el resumen de número de tubérculos por planta, nos indica que en promedio fue de 18.61.

Tabla 27

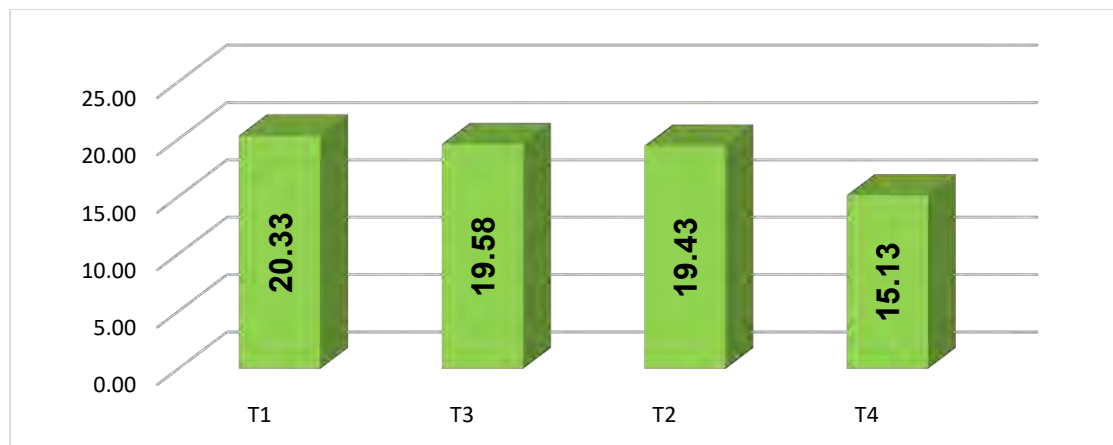
ANVA número de tubérculos por planta

F de V	GL	SC	CM	FC	FT		SIG	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	43.86	14.62	2.19	3.86	6.99	NS	NS
Tratamientos	3	66.72	22.24	3.33	3.86	6.99	NS	NS
Error	9	60.16	6.68					
Total	15	170.75			CV= 13.89%			

En la **Tabla 27** el análisis de varianza para número de tubérculos por planta, nos indica que para bloques no existen diferencias estadísticas al 99% lo que nos indica que fue correcto el uso del diseño de DBCA. Para los tratamientos no existen diferencias al 99% de probabilidades a favor, por tanto, todos los tratamientos son estadísticamente iguales. El coeficiente de variabilidad fue de 13.89% lo que nos indica la confiabilidad de los datos.

Gráfico 12

Promedio de Número de tubérculos por planta



El **Gráfico 12** muestra el número promedio de tubérculos por planta para los tratamientos T1, T2, T3 y T4, observándose que T1 presentó el mayor rendimiento con 20.33 tubérculos, seguido por T3 (19.58) y T2 (19.43), mientras que T4 tuvo el valor más bajo con 15.13. Aunque visualmente se aprecia una diferencia entre tratamientos, especialmente entre T1 y T4.

Obtuvimos mayor número de tubérculos respecto a nuestro antecedente.

Valverde (2016), el tratamiento T15, con 2.0 litros de EM y 3.0 toneladas de compost, obtuvo el mayor número de tubérculos por planta. Registró 6.00 en la primera categoría, 5.67 en la segunda y 7.00 en la tercera, siendo superior al resto de tratamientos evaluados.

VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

7.1. Conclusiones

a) Rendimiento del cultivo

En cuanto al rendimiento del cultivo de papa variedad CICA, los resultados mostraron que el tratamiento T3 (2.4 ml de microorganismos eficientes Effectbio SC) obtuvo el mayor rendimiento total, alcanzando 28,308.50 kg/ha, superando a los tratamientos T2 (1.8 ml de microorganismos eficientes Effectbio SC), con 27,979.75 kg/ha, y T1 (1.2 ml de microorganismos eficientes Effectbio SC), con 27,369.25 kg/ha. Por su parte, el tratamiento T4 (testigo sin aplicación) registró el menor rendimiento total, con 19,984.50 kg/ha.

Respecto al rendimiento por categorías comerciales, el tratamiento T2 presentó el mayor rendimiento de tubérculos de primera categoría, con 13,433.25 kg/ha, así como el mayor rendimiento de tubérculos de segunda categoría, con 11,605.75 kg/ha. En tanto, el tratamiento T1 alcanzó el mayor rendimiento de tubérculos de tercera categoría, con 2,937.75 kg/ha.

Asimismo, el mayor peso por planta se registró en el tratamiento T3, con un promedio de 1.24 kg, mientras que el T4 (testigo) alcanzó únicamente 0.75 kg. Estos resultados evidencian que la aplicación de microorganismos eficientes Effectbio SC favoreció la productividad del cultivo de papa, destacando el tratamiento T3 (2.4 ml de microorganismos eficientes Effectbio SC) por presentar el mejor comportamiento general en términos de rendimiento total y peso por planta.

b) Características agronómicas

En relación con las características agronómicas evaluadas, el tratamiento T2 (1.8 ml de microorganismos eficientes Effectbio SC) registró la mayor altura de planta, con un promedio de 1.15 m, seguido de T3 (2.4 ml de microorganismos eficientes Effectbio SC) con 1.14 m y T1 (1.2 ml de microorganismos eficientes Effectbio SC) con 1.10 m. Por el contrario, el tratamiento T4 (testigo) presentó la menor altura, con un promedio de 1.00 m. En cuanto al número de tubérculos por planta, el tratamiento T1 destacó con un promedio de 20.33 tubérculos, superando ligeramente a T3 (19.58) y T2 (19.43), mientras que el tratamiento T4 registró el menor valor, con 15.13 tubérculos por planta.

Respecto al diámetro polar, el tratamiento T2 obtuvo el mayor promedio, con 38.15 mm, seguido por T4 con 37.07 mm. Los tratamientos T1 y T3 presentaron valores ligeramente inferiores, con 36.50 mm y 36.44 mm, respectivamente.

De igual manera, en el diámetro ecuatorial, el tratamiento T2 alcanzó el mayor valor promedio, con 43.51 mm, superando a T1 (42.62 mm), T3 (42.48 mm) y T4 (42.11 mm), que presentó el menor diámetro. Estos resultados demuestran que la aplicación de microorganismos eficientes favoreció el desarrollo morfológico del cultivo, siendo T2 (1.8 ml de microorganismos eficientes Effectbio SC) el tratamiento que destacó principalmente en las características agronómicas evaluadas, mientras que T3 fue superior en rendimiento total.

7.2. Sugerencias

1. Mediante el trabajo de investigación utilizar la dosis de 2.4 ml de Effectbio SC, ya que generó el mayor rendimiento total del cultivo.
2. Realizar ensayos en otras zonas agroecológicas para validar la eficacia del producto en distintas condiciones.
3. Evaluar la combinación de Effectbio SC con otros bioinsumos para potenciar su efecto en el cultivo.
4. Capacitar a agricultores sobre la correcta aplicación de microorganismos eficientes para mejorar resultados.
5. Realizar estudios de eficiencia de microorganismos eficientes en suelos orgánicos.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Arias, A. (2010). *El empleo de microorganismos eficientes y su impacto en la biota del suelo y las propiedades físicas*. La Habana - Cuba: Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.
- BID. (2009). *Microorganismos eficientes: una alternativa sostenible para la agricultura*. Washington D.C. - Estados Unidos: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Biona. (2023). *Fertilizantes y abonos para la agricultura*. Almería - España: Biona.
- BIONA, T. (2023). *Microfertilizantes*. Washington - Estados Unidos: Biona Biz.
- Calai, G. (2001). *Microorganismos eficientes: una alternativa para la agricultura sostenible*. Lima - Peru: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Camadro, E. (2011). *Hibridación y flujo génico en especies silvestres de papa de la Argentina*. Buenos Aires - Argentina: Sociedad Argentina de Genética.
- Catalán, W., Cosio, T., Cuentas, & Yépez, E. (2012). *MORADA-CICA: Variedad de papa resistente a Phytophthora infestans (Mont.) De Bary*. Cusco - Peru: Revista Latinoamericana de la Papa.
- Centro de Estudios Agropecuarios. (2002). *Cultivo de la papa (Manuales para educación agropecuaria)*. Ciudad de México - México: Trillas.
- Cohen, E., & Franco, R. (1992). *Evaluación de proyectos sociales*. Santiago - Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Cronquist, A. (1993). *Introducción a la Botánica*. Ciudad de Mexico - Mexico: Compañía Editorial S.A. México.
- Egúsquiza, B. (2011). *Calidad de fritura de las papas nativas con pulpa pigmentada cultivadas en Huánuco*. Lima - Peru: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Egúsquiza, R. (2000). *La papa: producción, transformación y Comercialización*. Lima - Peru: International Potato Center.
- FAO. (2002). *Tecnología de microorganismos eficientes (EM) para la agricultura sostenible*. Roma - Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Feijo, L. (2016). *Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores*. La Habana - Cuba: Revista Científica Agroecosistemas.

- Gutierrez, A. (2018). *Microorganismos promotores de crecimiento vegetal con yeso agrícola en papa (Solanum tuberosum L.) bajo casa sombra*. Sonora - Mexico: Instituto Tecnológico de Sonora.
- Hidalgo, O. (1997). *El cultivo de la papa en el Perú*. Lima - Peru: Centro Internacional de la Papa.
- Higa, T. (2013). *Microorganismos Benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenibles*. Maryland - Estados Unidos: Centro internacional de Investigación de Agricultura Natural.
- Higa, T., & Parr, J. (2002). *Microorganismos beneficiosos y eficaces para una agricultura y medio ambiente sostenibles*. Washington, D.C. - Estados Unidos: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos .
- Huamán, Z. (1994). *Descriptores de papa*. Lima - Peru: Centro Internacional de la Papa.
- Huamán, Z. (2007). *Respuestas de plantas procedentes de brotes enraizados de papa variedad Cica a diferentes dosis*. Lima – Peru: Centro Internacional de la Papa.
- INIA. (2002). *Manual técnico del cultivo de papa*. Lima - Peru: Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- INIA. (2006). *Memoria anual 2006*. Lima - Peru: Instituto Nacional de Innovación Agraria
- Ladrón de Guevara, O. (2005). *Introducción a la climatología y la fenología*. Cusco - Peru: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Larico, V. (2007). *Aerotecnia separata mimeografiada*. Puno - Peru: Universidad Nacional del Altiplano.
- Livisi, C. (2017). *Caracterización agro morfológica de dos clones y dos cultivares de papa (Solanum tuberosum L.) con tolerancia a heladas en condiciones agroecológicas de Illpa*. Puno - Peru: Universidad Nacional del Altiplano.
- Luna, F., & Mesa, R. (2017). *Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores*. Cienfuegos - Cuba: Revista Científica Agro ecosistemas.
- Márquez, L., Vega, R., & Alvarez, M. (2021). *Ambiente y desarrollo sostenible*. Bogotá - Colombia: Universidad Nacional Bogota.
- Martínez, R. (2010). *Caracterización morfológica e inventariado de conocimientos colectivos de variedades de papas nativas*. Chimborazo - Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- Maune, J., & Pontaroli, A. (2010). *Incompatibilidad cruzada y autoincompatibilidad gametofítica en familias y híbridos de papas de interés específicos de la papa*. Viña del Mar - Chile: ALAG.
- ME Research Organization. (2007). *Aplicaciones y beneficios de los microorganismos eficaces en la agricultura orgánica*. Okinawa - Japón: ME Research Organization.
- Mendoza, F. (2013). *Niveles de guano de islas y dosis de microorganismos eficaces - EM, en el cultivo de papa (Solanum Sp.) var. Mama Lucha. Canaán, 2750 msnm*. Ayacucho - Peru: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Mendoza, W. (1997). *Curso de cereales*. Cusco - Peru: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Meza, R., & Sánchez, M. (2015). *Evaluación del rendimiento del cultivo de papa bajo la aplicación del riego deficitario (PRD) utilizando cintas de riego*. Lima - Peru: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- MINAGRI. (2015). *Plan Estratégico Sectorial Multianual 2015–2017*. Lima - Peru: Ministerio de Agricultura y Riego.
- MINAGRI. (2019). *Requerimientos Agroclimáticos del cultivo de papa*. Lima - Peru : Senamhi.
- Montaldo, A. (1984). *Cultivo y Mejoramiento de la papa*. San Jose - Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Ortiz, P., & Hernaz, M. (1989). *Técnica de la mecanización agraria*. Madrid - España: Mundi Prensa.
- Parson, D. (1989). *Manuales para educación agropecuaria*. Ciudad de Mexico - Mexico: Trillas.
- Rashed, M. (2014). *El efecto de los microorganismos eficaces (EM) sobre la EBPR en un sistema de estabilización por contacto modificado*. Giza - Egipto: Universidad de El Cairo.
- Rodriguez, A. (2021). *Efectividad de microorganismos eficaces en la ecoeficiencia del cultivo*. Huánuco - Peru: Universidad Nacional Hermilio Valdizán .
- Salas, A. (1993). *Incompatibilidad cruzada entre cinco especies tuberosas de Solanum (Solanáceas)*. Buenos Aires - Argentina: Instituto de Botánica Darwinion.
- Sanchez, R. (2003). *Cultivo y comercialización de la papa*. Lima - Peru: RIPALME.

- Tapia, M. (2008). *Algunas experiencias de proyectos orientados a aprovechar el potencial de los cultivos andinos*. Lima - Peru: Agrobiodiversidad en los Andes.
- Tarazona, E. (2016). *Efecto de los microorganismos eficientes en el rendimiento del cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) en condiciones agroecológicas de Huampurán – Huacrachuco*. Huanuco - Peru: Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Tito, J. (2023). *Rendimiento del cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) con aplicación de abono orgánico inoculado con microorganismos eficientes (ME) en suelo infestado con nematodos, en Llipapapuquio, San Jerónimo, Andahuaylas*. Apurímac - Peru: Universidad Nacional José María Arguedas.
- Toalombo, R. (2012). *Evaluación de Microorganismos Eficientes*. Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Valverde, R. (2015). *Efectos de los microorganismos eficaces y bioabonos en el rendimiento de la papa (Solanum tuberosum L.) var. Canchan, en condiciones edafoclimáticas de Huacrachuco - Marañón*. Huanuco - Peru: Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Valverde, R. (2016). *Efecto de la fertilización con microorganismos eficientes (EM) y bioabonos en el rendimiento del cultivo de papa (Solanum tuberosum)*. Lima - Peru: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Villagomez, C., & Rodríguez, G. (2006). *Manejo agronómico de la papa y sus parientes menores: oca, mashua, y olluco*. Puno - Peru: Universidad Nacional del Altiplano.

ANEXOS

Anexo 1. Resultados de rendimiento

Tabla 28. Rendimientos en 10 plantas

Trat.	Peso de 10 plantas				kg/planta	Promedio
	BI	BII	BIII	BIV		
T1	1.1035	0.985	0.955	1.1785	4.222	1.06
T2	1.4492	1.022	1.167	0.6785	4.3167	1.08
T3	1.3285	0.8845	2.042	0.7095	4.9645	1.24
T4	0.8245	0.6365	0.724	0.7955	2.9805	0.75

Tabla 29. Rendimientos por área neta

Trat.	Peso área neta kg/planta				Total	Promedio
	BI	BII	BIII	BIV		
T1	30.67	24.55	25.025	24.675	104.92	26.23
T2	31.985	27.38	30.39	17.5	107.26	26.81
T3	30.725	24.405	25.16	22.255	102.55	25.64
T4	20.805	18.515	18.515	19.8	77.64	19.41

Tabla 30. Rendimientos por hectárea

Trat.	Peso por hectárea kg/ha				TOTAL	PROMEDIO
	BI	BII	BIII	BIV		
T1	31030	25595	25725	27127	109477	27369.25
T2	34581	27976	31294	18068	111919	27979.75
T3	32745	24739	33913	21837	113234	28308.50
T4	21614	18511	19162	20651	79938	19984.50

Anexo 2. Resultados de características agronómicas

Tabla 31. Altura de planta

Trat.	Altura de planta en (m)				Total	Promedio
	BI	BII	BIII	BIV		
T1	1.19	1.11	1.00	1.10	4.40	1.10
T2	1.21	1.21	1.10	1.06	4.58	1.15
T3	1.21	1.16	1.10	1.09	4.56	1.14
T4	1.10	0.97	0.95	0.96	3.98	1.00

Tabla 32. Numero de tubérculos por planta

Trat.	Numero de tubérculo por planta (Nº)					Promedio
	BI	BII	BIII	BIV	Total	
T1	19.1	20.5	19.2	22.5	81.3	20.33
T2	23.5	16.3	21.4	16.5	77.7	19.43
T3	23.7	19.1	20.8	14.7	78.3	19.58
T4	17.5	12.3	16.2	14.5	60.5	15.13

Tabla 33. Diámetro ecuatorial de tubérculo

Trat.	Diámetro ecuatorial en (mm)					Promedio
	BI	BII	BIII	BIV	Total	
T1	44.97	41.55	40.87	43.09	170.48	42.62
T2	45.99	46.06	43.68	38.31	174.04	43.51
T3	45.26	40.92	42.28	41.48	169.94	42.48
T4	40.59	43.49	40.25	44.12	168.44	42.11

Tabla 34. Diámetro polar de tubérculo

Trat.	Diámetro polar en (mm)				Total	Promedio
	BI	BII	BIII	BIV		
T1	37.1737355	36.0720396	36.5363811	36.2366902	146.018846	36.50
T2	39.0784308	42.0661001	38.8640811	32.6112849	152.619897	38.15
T3	37.6705618	35.2763213	37.1849389	35.6339095	145.765731	36.44
T4	35.9107533	37.9883324	36.4985558	37.8830952	148.280737	37.07

Anexo 3. Datos evaluados en campo

Tabla 35. Resultados en campo

PRIMERA				
	T1	T2	T3	T4
BI	23.565	25.16	23.955	13.92
BII	16.735	20.5	16.025	12.065
BIII	12.655	17.4	12.515	10.495
BIV	15.77	9.16	11.505	11.915

SEGUNDA				
	T1	T2	T3	T4
BI	13.65	15.25	16.49	11.32
BII	13.83	16.17	13.855	9.71
BIII	17.845	18.015	18.475	11.65
BIV	14.69	12.96	13.35	12.305

TERCERA				
	T1	T2	T3	T4
BI	3.335	4.28	3.155	3.59
BII	3.815	3.705	3.545	2.95
BIII	3.285	3.09	3.285	2.99
BIV	5.36	4.075	4.02	4.02

Tabla 36. Convertidos en kg/ha

PRIMERA kg/ha				
	BI	BII	BIII	BIV
T1	17533	12451	9415	11733
T2	18720	15252	12946	6815
T3	17823	11923	9311	8560
T4	10357	8976	7808	8865
TOTAL	64433	48602	39480	35973

SEGUNDA kg/ha				
	BI	BII	BIII	BIV
T1	10156	10290	13277	10930
T2	11346	12031	13404	9642
T3	12269	10308	13746	9933
T4	8422	7224	8668	9155
TOTAL	42193	39853	49095	39660

TERCERA kg/ha				
	BI	BII	BIII	BIV
T1	2481	2838	2444	3988
T2	3184	2756	2299	3031
T3	2347	2637	2444	2991
T4	2671	2194	2224	2991
TOTAL	10683	10425	9411	13001

Peso área neta kg/planta				
	BI	BII	BIII	BIV
T1	30.67	24.55	25.025	24.675
T2	31.985	27.38	30.39	17.5
T3	30.725	24.405	25.16	22.255
T4	20.805	18.515	18.515	19.8

Área neta + 10 plantas kg/planta				
	BI	BII	BIII	BIV
T1	41.705	34.4	34.575	36.46
T2	46.477	37.6	42.06	24.287
T3	44.01	33.25	45.58	29.35
T4	29.05	24.88	25.755	27.755

Peso por hectárea kg/ha				
	BI	BII	BIII	BIV
T1	31030	25595	25725	27127
T2	34581	27976	31294	18068
T3	32745	24739	33913	21837
T4	21614	18511	19162	20651

Cuadro 4. Peso de las 10 plantas (kg/planta)

Bloque	Tratamientos				
	N° de plantas evaluadas	T1 Effectbio SC (500 ml/ha)	T2 Effectbio SC (750 ml/ha)	T3 Effectbio SC (1000 ml/ha)	T4 testigo
I	1	1.21	1.435	0.885	0.795
	2	1.16	0.95	1.06	0.895
	3	0.735	1.31	1.245	1.295
	4	1.905	1.32	2.045	0.76
	5	1.075	1.23	1.55	0.64
	6	0.805	1.155	1.195	0.965
	7	0.69	2.017	1.095	0.81
	8	0.995	1.66	0.985	0.91
	9	0.93	2.165	2	0.435
	10	1.53	1.25	1.225	0.74
II	1	1.185	1.14	0.815	0.685
	2	0.975	0.93	0.84	0.58
	3	1.07	0.935	0.905	0.77
	4	0.705	1.09	1.1	0.4
	5	0.83	1.045	1.1	0.865
	6	1.185	1.25	0.895	0.755
	7	0.93	0.905	0.785	0.405
	8	1.185	0.975	0.655	0.515
	9	1.04	0.94	0.645	0.755
	10	0.745	1.01	1.105	0.635
III	1	1.12	1.005	11.165	0.555
	2	0.81	1.35	0.83	0.925
	3	0.83	1.765	1.195	0.72
	4	0.81	1.24	0.705	0.825
	5	1.155	1.315	1.1	0.75
	6	0.715	0.755	0.955	0.59
	7	0.78	1.49	1.155	0.69
	8	0.935	0.91	1.19	0.755
	9	1.215	0.875	1.05	0.9
	10	1.18	0.965	1.075	0.53
IV	1	1.405	0.615	0.785	0.875
	2	1.675	0.585	0.975	0.84
	3	1.245	0.86	0.725	1.055
	4	1.125	0.76	0.65	0.55
	5	0.875	0.535	0.465	0.915
	6	1.055	0.665	0.615	0.8
	7	1.285	0.815	0.78	0.615
	8	1.085	0.655	0.515	0.725
	9	0.995	0.66	0.755	0.81
	10	1.04	0.635	0.83	0.77

Cuadro 5. Altura de planta (m)

Bloque	Tratamientos				
	N° de plantas evaluadas	T1 Effectbio SC (500 ml/ha)	T2 Effectbio SC (750 ml/ha)	T3 Effectbio SC (1000 ml/ha)	T4 testigo
I	1	1.05	1.02	1.16	0.96
	2	1.25	1.13	1.2	0.99
	3	1.26	1.26	1.09	0.97
	4	1.19	1.76	1.72	1.11
	5	1.35	1.08	1.26	1.14
	6	1.21	1.21	1.21	1.32
	7	1.14	1.09	1.15	1.09
	8	1.15	1.18	1.06	1.12
	9	1.2	1.24	1.18	1.18
	10	1.07	1.16	1.05	1.08
II	1	1.24	1.18	1.06	0.93
	2	1.25	1.1	1.19	0.97
	3	1.08	1.12	1.03	0.92
	4	1.1	1.21	1.19	1.01
	5	1.13	1.31	1.13	0.85
	6	1.02	1.25	1.19	1.02
	7	1.11	1.26	1.15	1.04
	8	1.09	1.3	1.26	0.99
	9	1.03	1.29	1.18	1.05
	10	1.02	1.12	1.25	0.94
III	1	0.95	1.01	1.08	0.99
	2	1.02	1.11	1.15	0.85
	3	1.05	1.12	1.14	0.95
	4	1.01	1.18	1.13	0.96
	5	1.05	1.06	1.08	0.97
	6	1.02	1.15	1.15	0.93
	7	0.96	1.1	1.06	0.91
	8	0.98	0.99	1.08	1
	9	1.02	1.1	1.12	1.03
	10	0.98	1.17	1	0.92
IV	1	1.07	1.05	1.14	0.93
	2	1.05	1.03	1.13	1.02
	3	0.98	1.06	1.09	0.91
	4	1.15	1.08	1.06	0.96
	5	1.13	1.07	1.13	1.01
	6	1.12	1.03	1.01	0.95
	7	1.18	1.04	1.08	0.99
	8	1.17	1.08	1.05	0.97
	9	1.05	1.1	1.1	0.92
	10	1.12	1.04	1.06	0.96

Cuadro 6. Numero de tubérculos por planta

Bloque	Tratamientos				
	N° de plantas evaluadas	T1 Effectbio SC (500 ml/ha)	T2 Effectbio SC (750 ml/ha)	T3 Effectbio SC (1000 ml/ha)	T4 testigo
I	1	21	27	23	14
	2	13	17	23	17
	3	21	22	14	24
	4	27	26	24	18
	5	14	23	20	15
	6	14	18	21	20
	7	16	24	18	15
	8	21	29	26	15
	9	17	35	44	18
	10	27	14	24	19
II	1	26	15	22	9
	2	23	10	23	13
	3	18	18	23	14
	4	16	20	20	10
	5	16	13	13	17
	6	26	17	21	13
	7	27	20	16	8
	8	21	21	20	10
	9	20	16	14	15
	10	12	13	19	14
III	1	25	17	28	14
	2	16	22	10	15
	3	20	33	24	22
	4	26	21	18	14
	5	20	17	24	14
	6	16	17	16	10
	7	17	38	26	23
	8	17	17	15	16
	9	22	16	22	16
	10	13	16	25	18
IV	1	25	17	22	15
	2	33	18	19	13
	3	22	13	14	16
	4	22	20	11	7
	5	20	17	12	13
	6	19	18	19	20
	7	19	15	11	12
	8	20	16	8	20
	9	15	13	14	15
	10	30	18	17	14

Cuadro 7. Diámetro ecuatorial(mm)

Bloque	tratamientos				
	N° de plantas evaluadas	T1 Effectbio SC (500 ml/ha)	T2 Effectbio SC (750 ml/ha)	T3 Effectbio SC (1000 ml/ha)	T4 testigo
I	1	46.33	44.67	39.20	40.25
	2	53.04	44.68	41.28	41.09
	3	36.93	45.18	51.75	41.16
	4	48.15	44.02	53.27	39.44
	5	47.93	43.83	51.43	34.97
	6	45.00	46.67	46.10	40.71
	7	41.19	51.25	45.69	43.11
	8	44.48	44.45	39.29	44.25
	9	43.09	46.24	41.49	42.39
	10	43.56	48.90	43.10	38.53
II	1	41.06	48.67	36.59	51.83
	2	41.15	53.35	36.54	39.85
	3	43.44	42.33	39.43	44.89
	4	40.47	43.43	44.75	38.95
	5	42.97	48.15	51.77	41.03
	6	41.33	49.29	40.93	49.56
	7	34.81	42.39	35.00	44.00
	8	42.10	42.10	38.13	40.90
	9	43.03	44.25	42.46	43.60
	10	45.17	46.62	43.58	40.25
III	1	39.22	39.19	38.66	45.35
	2	38.19	42.23	49.45	46.50
	3	39.88	35.16	43.29	43.71
	4	36.73	44.04	36.37	43.61
	5	41.13	42.86	40.75	49.65
	6	37.56	42.85	45.64	39.38
	7	40.03	35.80	40.85	39.05
	8	43.82	40.81	48.00	43.18
	9	40.36	43.06	39.33	41.97
	10	51.77	36.44	40.44	44.44
IV	1	43.42	34.94	37.16	45.33
	2	43.18	37.21	43.95	44.62
	3	43.73	44.65	44.64	46.66
	4	42.20	39.24	43.59	48.50
	5	40.03	35.12	36.45	45.92
	6	43.74	39.06	32.39	40.05
	7	46.42	30.97	44.91	42.96
	8	44.73	42.03	44.19	39.20
	9	46.13	42.35	44.46	44.40
	10	37.30	37.56	43.06	43.57

Cuadro 8. Diámetro polar (mm)

Bloque	Tratamientos				
	N° de plantas evaluadas	T1 Effectbio SC (500 ml/ha)	T2 Effectbio SC (750 ml/ha)	T3 Effectbio SC (1000 ml/ha)	T4 testigo
I	1	36.67	36.63	34.74	39.92
	2	42.54	36.88	34.57	41.94
	3	34.05	39.27	43.43	39.20
	4	39.37	35.15	43.83	32.94
	5	43.50	37.17	40.75	28.53
	6	37.29	37.83	35.52	35.53
	7	32.63	40.58	43.72	36.00
	8	33.57	39.66	33.33	36.89
	9	34.88	38.20	29.56	32.00
	10	37.26	49.40	37.25	36.16
II	1	34.35	39.07	32.05	40.11
	2	33.52	46.30	32.30	34.92
	3	39.06	38.56	34.22	38.00
	4	34.00	38.50	38.75	33.40
	5	38.00	49.69	45.38	38.71
	6	35.35	43.65	34.95	45.44
	7	30.89	36.68	32.00	37.38
	8	39.10	36.62	30.00	40.60
	9	37.30	40.75	36.21	37.47
	10	39.17	50.85	36.89	33.86
III	1	36.28	37.00	34.64	39.41
	2	37.44	44.20	44.10	39.50
	3	31.30	29.45	41.00	36.56
	4	31.08	40.79	31.89	36.87
	5	37.25	40.43	33.67	40.82
	6	33.81	36.30	40.57	35.24
	7	35.44	30.43	35.04	31.76
	8	36.65	36.94	40.53	40.88
	9	37.50	38.50	35.76	42.27
	10	48.62	30.94	34.64	45.33
IV	1	40.79	33.24	31.18	39.13
	2	34.90	30.53	34.37	43.46
	3	37.64	39.77	38.57	40.75
	4	34.59	32.19	36.79	39.43
	5	31.90	30.18	31.55	39.54
	6	36.79	33.28	29.63	32.35
	7	39.11	26.07	39.18	37.58
	8	35.15	32.50	41.88	32.70
	9	39.67	36.92	36.73	37.60
	10	31.83	31.44	36.47	36.29

Anexo 4. Panel fotográfico

Fotografía 18. Trazado de campo experimental



Fotografía 19. Distribución de tratamientos



Fotografía 20. Aplicación de microorganismos en la semilla



Fotografía 21. Aplicación de microorganismos eficientes en el suelo



Fotografía 22. Siembra



Fotografía 23. Aporque



Fotografía 24. Control fitosanitario



Fotografía 25. Cosecha



Fotografía 26. Evaluación de rendimiento



Fotografía 27. Evaluación de diámetro ecuatorial



Fotografía 28. Evaluación de diámetro polar



Anexo 5. Microorganismos eficientes utilizados en el trabajo de investigación.

Fotografía 29. Effectbio Sc



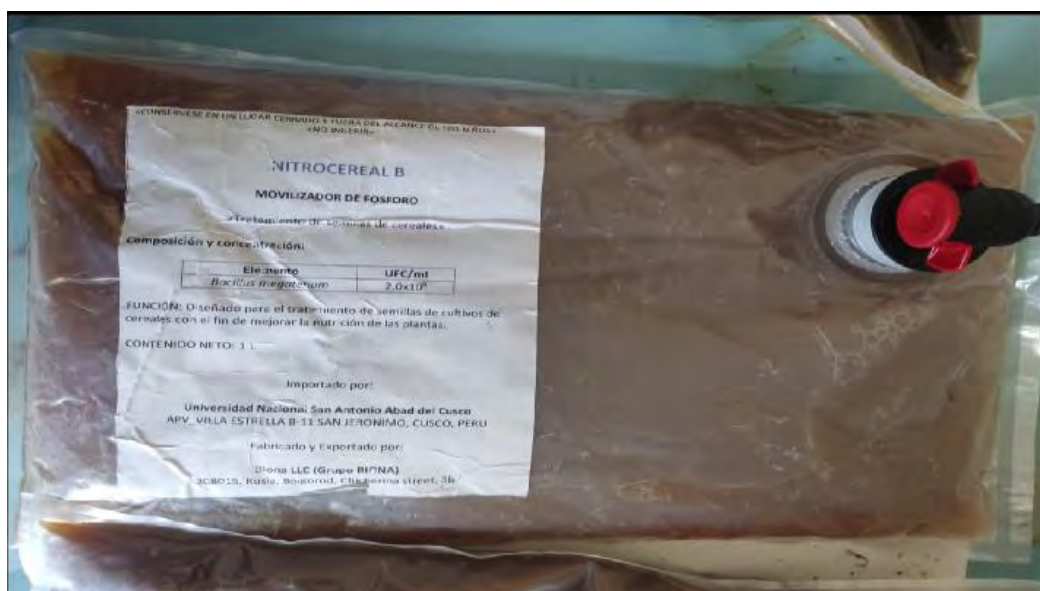
Fotografia 30. Bactofort



Fotografia 31. Respecta 25%



Fotografia 32. Nitrocereal(Tubérculo)



Anexo 6. Ficha técnica de microorganismos eficientes

- Effectbio SC

Effectbio SC

Fertilizante biológico con efecto destructor de residuos de cultivos

Objetivo

Fertilizante microbiológico diseñado para acelerar la descomposición de residuos vegetales, regular la cantidad de patógenos, estandarizar la microflora del suelo, estimular el crecimiento y desarrollo de las plantas y aumentar la fertilidad del suelo.

Composición

Está compuesto por células vegetales vivas y esporas de *Bacillus subtilis*, complejos de esporas y micelas de *Trichoderma viride* y *Trichoderma lignorum* y sus metabolitos (enzimas, fitohormonas y sustancias biológicamente activas).

Mecanismos de acción

1. *Trichoderma viride* representa una alta actividad de celulasa y también controla patógenos mediante parasitismo directo y competencia de sustrato, liberando sustancias biológicamente activas que afectan la función reproductiva de los patógenos e inhiben su desarrollo.
2. *Trichoderma lignorum* es un productor activo de enzimas celulósicas y capaz de destruir profundamente las paredes celulares de plantas muertas y los polisacáridos individuales desintegrados de las plantas. La actividad antagonista de los micromicetos frente a *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora parasitica*, etc. es causada por la producción de antibióticos, fitohormonas (gliotoxina, viridina, triconermina, etc.) y por la capacidad de colonización acelerada del sustrato. Las cepas micopáticas de *Trichoderma* entran en el micelio del huésped y crecen activamente dentro de las células, lo que resulta en la muerte.
3. *Bacillus subtilis* sintetiza más de 70 sustancias polipeptídicas antibióticas y también provoca la lisis micelial en *Pythium ultimum* y *Fusarium oxysporum* y otros microorganismos fitopatógenos del suelo. Produce un complejo de fitohormonas que estimulan el crecimiento y desarrollo de las plantas. Mejora la nutrición fosfórica de las plantas.

Ventajas

- Estimula una rápida descomposición de los residuos de cultivo;
- Mejora la estructura y la fertilidad del suelo enriqueciéndolo con nutrientes y sustancias bioactivas;
- Contribuye a la remediación del suelo;
- Una alta actividad de los compuestos biológicos contra un amplio espectro de patógenos;
- Aumenta el rendimiento de los cultivos posteriores;
- No hay pérdida de actividad debido a los cambios de temperatura (+5° a +40°C) y la contaminación química del suelo.

Formulación: Líquido.

Embalaje: Jarrycan (5L y 10L).

Contenido de ingrediente activo en el producto: $\geq 2,0 \times 10^{10}$ UFC/ml al final de su vida útil.

Condiciones de almacenamiento: Mantener alejado de la luz. Temperatura de almacenamiento a largo plazo de +4 a +10 °C. Temperatura de almacenamiento a corto plazo (72 horas máximo) de +10 a +20 °C.

Vida útil: 24 meses.

Toxicidad: Prácticamente inocuo para los seres humanos, los animales de sangre caliente, la entomofauna beneficiosa y el medio ambiente. No presenta fitotoxicidad.

Clase de peligro: 4 (sustancias poco peligrosas).

Solicitud

Cultivos	Dosis (s) L/ha	Modo de aplicación	Periodo de aplicación
Cereales y legumbres	0,15-0,25	Tratamiento de residuos de cultivo con incorporación al suelo. Solución de trabajo 300 L/ha.	Después de la cosecha.
Maíz y girasol	0,2-0,3		
Colza	0,2		
Remolacha azucarera	0,2-0,25		
Verduras, melón, sandía.	0,4-0,5		Antes de sembrar
Bayas	0,3-0,5		Antes de sembrar
Arboricultura frutícola, viñedos.	0,4-0,5	Tratamiento de hojas caídas/ Solución de trabajo 400-600 L/ha	

- **Bactofort**

Bactofort

Bactophyt protege a las plantas contra enfermedades causadas por microorganismos patógenos (hongos y bacterias).

Bactophyt contiene la bacteria *Bacillus subtilis* y los productos que secreta (antibióticos polipeptídicos que suprimen la microflora fitopatógena y fitohormonas que estimulan el crecimiento y desarrollo de las plantas). **Bactophyt** es activo contra un amplio espectro de fitopatógenos (especies de los géneros *Fusarium*, *Bipolaris*, *Ophiobolus*, *Erysiphe*, *Septoria*, *Pyrenophora*, *Puccinia*, *Phytophthora*, *Pseudomonas* y *Xanthomonas*).



Propiedades del Bactophyt :

- Aumenta el rendimiento de los cultivos entre un 10% y un 15%;
- Actúa como agente antiestrés después de la aplicación de herbicidas y pesticidas;
- Se puede utilizar en cualquier etapa de la vegetación;
- No induce cepas resistentes de fitopatógenos;
- Estimula el crecimiento y desarrollo de las plantas;
- Comienza a actuar inmediatamente después de la aplicación;
- Compatible con otros tratamientos vegetales (se puede mezclar con herbicidas, pesticidas, etc.);
- Mantiene la eficiencia a temperaturas superiores a 28°C.

Cómo utilizar

En el caso de la pulverización de las plantas, el gasto normal es de 3,0 a 5,0 l por hectárea (600,0 – 1000 l por hectárea de solución de trabajo). Si se utiliza en combinación con insecticidas, **Bactophyt** debe ser el último componente de la mezcla que se cargue en el dispositivo de pulverización. Para una máxima eficacia, la solución de trabajo debe complementarse con urea (3-5 kg por hectárea). Si **Bactophyt** se introduce en el suelo mediante sistemas de riego por goteo, la dosis debe aumentarse a 10-15 l por hectárea.

Número de células viables : $2,0 \times 10^9$ UFC/ml

Vida útil: 6 meses

Almacenamiento: entre +4°C y +10°C, protegido de la luz solar.

Seguridad: **Bactophyt** es seguro para los seres humanos, los animales, los insectos y el medio ambiente. No se han reportado efectos fitotóxicos.

Embalaje : contenedor de 10L

Información de pedidos:

Áreas de uso: • Biopesticidas	Fabricado por:	Biona
	Volumen:	2 litros
	Número de catálogo:	Bactófito
Precio (IVA incluido 18%):	a petición	Añadir a la cesta



Nombre del producto: Bactofort.
 Nota: Bactophyt protege a las plantas contra enfermedades causadas por microorganismos patógenos (hongos y bacterias).

• Respecta 25%

TRATAMIENTO DE SEMILLAS & FOLIAR				
PAPA	Respecta 25%	<i>Pseudomonas</i> <i>aureofaciens</i> 2,0x10 ⁹ UFC/ml; (2 mil millones de bacterias por ml)	Tratamiento de tubérculos de papa 40 ml con 2L de agua/ 20 kg de tubérculos / 0,02 ha; 1- er Tratamiento foliar 40 ml con 20 L de agua/0,02 ha en fase de inicio de crecimiento; 2- do Tratamiento foliar 40 ml con 20 L de agua/ 0,02 ha en fase de cierre de hileras antes de la	Diseñado para controlar infecciones fúngicas y bacterianas durante la temporada de crecimiento, así como para aliviar el estrés causado por el uso de pesticidas o condiciones ambientales adversas *Alta actividad antagonista contra una amplia gama de patógenos de plantas; *Eficaz tanto para uso profiláctico como terapéutico; *Estimula el crecimiento y desarrollo de las plantas; *Refuerza el estado inmunológico del cultivo; *No causa resistencia a los patógenos; *Mejora la nutrición de fósforo de las plantas; *Aumenta la productividad y calidad de la cosecha; *No tiene periodos de espera, puede ser utilizado en cualquier fase de desarrollo; *No pierde su eficacia en un amplio rango de temperatura de +5 a 39 °C; *Compatible con inoculantes, no inhibe las bacterias de los nódulos radiculares; *Es posible la aplicación en tanques de mezclas con productos químicos fitosanitarios.

El fungicida biológico "**Respecta**" está destinado a controlar infecciones fúngicas y bacterianas en semillas y etapas posteriores del desarrollo y crecimiento de las plantas.

Compuesto

Células vivas de la bacteria *Pseudomonas aureofaciens* y sus productos metabólicos.

objetos dañinos

Pudrición radicular causada por *Fusarium*, *Alternaria*, *Cercospora*, *Pythium* y *Helminthosporium*, bacteriosis, mohos en las semillas y otros.

Mecanismo de acción

Las bacterias *Pseudomonas aureofaciens* producen una amplia gama de metabolitos antibióticos, compiten por el sustrato con microorganismos fitopatógenos, sintetizan fitohormonas que estimulan el crecimiento y desarrollo de las plantas e inducen inmunidad, así como sideróforos que se unen al hierro trivalente y limitan el crecimiento de los fitopatógenos.

Ventajas

- Aumenta la germinación y el vigor de las semillas;
- Optimiza el crecimiento y desarrollo del sistema radicular;
- Proporciona protección a las plantas en las primeras etapas de desarrollo contra una variedad de patógenos;
- Largo período de acción protectora debido a la colonización de la rizosfera;
- Fortalece el estado inmunológico del cultivo;
- Convierte el fósforo en una forma accesible para las plantas;
- Compatible con inóculos, no inhibe bacterias nodulares.



Forma farmacéutica: líquido de color marrón amarillento.

Embalaje: "Bag-in-Box" - Bolsa de polipropileno de 2 litros en caja de cartón.

Recuento de células viables: no menos de $5,0 \times 10^9$ UFC/ml.

Condiciones de almacenamiento: Temperatura de almacenamiento a largo plazo: de +4 a +10 °C. Temperatura de almacenamiento a corto plazo (72 horas): de +10 a +20 °C. Conservar en un lugar protegido de la luz.

Vida útil: 3 meses

Seguridad: El preparado es prácticamente inócuo para los humanos, los animales de sangre caliente, la entomofauna beneficiosa y el medio ambiente. No es fitotóxico.

Clase de peligro: 4.

- **Nitrocereal (A y B)**

Nitrocereal

Inoculante asociativo de nitrógeno y movilizador de fósforo

Indicaciones

Fertilizante microbiológico diseñado para el tratamiento de semillas de cereales mejorando la nutrición de las plantas.

Composición

- Componente "A" - células vivas *Azomonas agilis* ;
- Componente "B" – células vivas de *Bacillus megaterium* .

Mecanismos de acción

1. *Azomonas agilis* coloniza las semillas después de la germinación. *Azomonas agilis* coloniza las raíces y absorbe sus extractos fijando el nitrógeno atmosférico.

2. *Bacillus megaterium* coloniza las semillas después de la germinación. *Bacillus megaterium* coloniza las raíces, absorbe sus extractos y sintetiza ácidos orgánicos facilitando el acceso al fósforo, calcio, hierro y magnesio.

Ventajas

- Fija el nitrógeno atmosférico: 7-10 kg/ha;
- Convierte el fósforo en una forma disponible para las plantas;
- Optimiza el potencial genético de las plantas cultivadas;
- Aumenta el rendimiento de los cultivos y el contenido de proteína de las semillas;
- Aumenta la resistencia al estrés ambiental de las plantas cultivadas a través del adecuado desarrollo del sistema radicular;
- No requiere costos operativos adicionales de aplicación;
- Asegura la completa asimilación de los fertilizantes minerales.

Formulación

- Componente «A» — líquido de color marrón claro a marrón / polvo;
- Componente «B» — líquido de color marrón claro a marrón / polvo.

Embalaje: Componentes «A» y «B» cada uno en bolsa de polipropileno de 2 L contenida en una caja de cartón.

Contenido de ingrediente activo en el producto: $\geq 2,0 \times 10^9$ UFC/ml al final de su vida útil.

Condiciones de almacenamiento: Mantener alejado de la luz. Temperatura de almacenamiento a largo plazo de +4 a + 10 ° C. Temperatura de almacenamiento a corto plazo (72 horas máximo) de +10 a + 20 ° C.

Vida útil: 12 meses.

Toxicidad: Prácticamente inocuo para los seres humanos, los animales de sangre caliente, la entomofauna beneficiosa y el medio ambiente. No presenta fitotoxicidad.

Clase de peligro: 4 (sustancias poco peligrosas).

Solicitud

Cultivos)	Dosis(es)	Modo de aplicación	Período de aplicación
Cereales	0,5 – 1,0 L/t componente A + 0,5 – 1,0 L/t componente B	Tratamiento de semillas diluyendo una dosis en 10 L de agua / tonelada de semillas.	Antes de sembrar

Anexo 7. Ficha técnica del cultivo de papa variedad CICA

➤ Características de la planta

- Tamaño: Mediano a alto
- Tallos: 2 a 4 por planta, de color morado intenso
- Hojas: Tamaño mediano, de color verde oscuro
- Flores: Morado intenso, de abundante floración
- Tipo tuberización: Profundo y semidisperso
- Periodo vegetativo: 160 días
- Rendimiento: Hasta 35 t/ha

➤ Características del tubérculo

- Forma: Redondeada
- Tamaño: Medianos a grandes
- Ojos: Semiprofundos
- Color de piel: Morado intenso
- Color de carne: Crema
- Calidad culinaria: Buena
- Conservación: Buena
- Usos: Fritura, sancochado, horneado, puré, etc.

➤ Comportamiento a plagas y enfermedades

- Tolerante a epitrax y trips
- Tolerante a manchas foliares
- Tolerante a verruga, rizoctoniasis y corazón vacío

➤ Comportamiento a factores climáticos

- Tolerante a heladas, sequía y granizadas

➤ Requerimientos del cultivo

- Densidad de siembra: 1.0 m x 0.30 m
- Aporques: Dos aporques altos
- Zonas de cultivo: Cusco, Apurímac, Ayacucho, Puno y Arequipa

Anexo 8. Análisis físico químico del suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0477-24-LAQ

SOLICITANTE : DEYSI HANCCO HUILLCA
INSTITUCION : E.P. AGRONOMIA UNSAAC
MUESTRA : SUELO
FUENTE : POTRERO CRIBA 1 , GRANJA KAYRA
DISTRITO : SAN JERONIMO
PROVINCIA : CUSCO
REGION : CUSCO
FECHA : C/16/10/2024

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

pH	8,15
C.E. mmhos/cm	0,86
Materia Orgánica %	3,80
Nitrógeno %	0,17
Fosforo ppm P ₂ O ₅	9,62
Potasio ppm K ₂ O	196,10
C.I.C. meq/100	9,50
C.C. %	20,97
H.E. %	21,38
P.M.P. %	11,31
Carbonatos %	1,35
d.a. g/cc	1,532
d.r. g/cc	2,170
Arena %	66
Limo %	29
Arcilla %	5

QUIMICA AGRICOLA I, E. PRIMO YUFERA, J.M. CARRASCO DORRIEN

Cusco, 24 de Octubre 2024

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Unidad de Prestación de Servicios de Análisis Químico

Melquides Herrera Arce
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO