UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAÑETE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

“Microorganismos benéficos y carbonatita en el comportamiento agronómico de la papa *(Solanum tuberosum* L.*)* cv. bicentenaria en Yauyos, Región Lima”

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR:

Pedro Edwin Flores Pelaez

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5149-1984

ASESOR:

Dra. Betsabé León Ttacca

ORCID: http://orcid.org/0000-0002-4343-2431

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Investigación Aplicada

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Producción Vegetal

CAÑETE – PERÚ

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAÑETE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

"Microorganismos benéficos y carbonatita en el comportamiento agronómico de la papa *(Solanum tuberosum* L.*)* cv. bicentenaria en Yauyos, Región Lima"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

Pedro Edwin Flores Pelaez

APROBADO POR:

FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por: VALDERRAMA ROMERO ANTONIO SALOMON FIR 06532908 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 17/12/2024 12:53:55-0500

.....

Ph.D. Antonio Salomón Romero Valderrama
Presidente

FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por: AYBAR PEVE Leandro Joel FAU 20131365994 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 17/12/2024 13:21:25-0500

.....

Mg. Leandro Aybar Peve
Secretario

FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por: COAQUIRA INCACARI Roberto FAU 20491363402 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 26/12/2024 12:55:05-0500

.....

Ph. D. Roberto Coaquira Incacari
Vocal

.....

Dra. Betsabé León Ttacca
Asesor

FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por: LEON TTACCA BETSABE FIR 41288646 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 17/12/2024 15:53:19-0500

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAÑETE

VICEPRESIDENCIA DE INVESTIGACIÓN	2023

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO

En la ciudad de Cañete, en la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias, siendo las 11:30 horas, del día 19 de Setiembre del 2023, se reunió el Jurado Evaluador y el asesor, designados por DECRETO N° 020-2023-UICA/FCA/UNDC.

Presidente(a): PhD. Valderrama Romero Antonio Salomón
Secretario (a): Mg. Aybar Peve Leandro
Vocal: PhD. Coaquira Incacari Roberto
Asesora: Dra. León Ttacca Betsabé

Para el acto de sustentación de la tesis titulada: "Microorganismos benéficos y carbonatita en el comportamiento agronómico de la papa (Solanum tuberosum L.) cv. Bicentenaria en Yauyos, Región Lima"; presentada por el Bachiller Pedro Edwin Flores Pelaez, para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo.

Después de concluido el acto de sustentación y luego de que el sustentante dio respuesta a las preguntas respectivas, el Jurado Evaluador calificó la sustentación o defensa de la investigación según los siguientes criterios, y promediando la notas del jurado se obtuvo:

Criterio	Desaprobado (menor de 14)	Regular (14 -15)	Bueno (16-17)	Muy bueno (18-19)	Excelente (20)	Puntaje
Claridad de la exposición				18		18
Dominio del tema				18		18
Visión holística del trabajo			17			17
Promedio						18

El jurado que obtuvo la nota de sustentación, sumó la nota del informe, para obtener la nota final de todo el proceso de investigación

Nota del Informe	Nota de Sustentación	Nota Final
16	18	17

Y, establece como calificación FINAL: ..17..... (..Diecisiete.....)

- Aprobado, con nota Regular (…), Bueno (X), Muy Bueno (…), Excelente (…)
- Desaprobado (…)

Por tanto, el graduado se encuentra expedito(s) (X), impedido(s) ( ) para realizar los trámites que corresponden a la obtención del Título Profesional de Ingeniero Agrónomo

Siendo las 12:35 horas, se dió por terminado el acto de sustentación.

Mg. Leandro Joel Aybar Peve **Secretario**	PhD. Valderrama Romero Antonio Salomón **Presidente**	PhD. Roberto Coaquira Incacari **Vocal**	Dra. Betsabé León Ttacca **Asesora**

Toda copia de este documento, sea del entorno virtual o del documento original en físico es considerada "copia no controlada"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAÑETE

Ley de Creación N° 29488

UNIDAD DE INVESTIGACION DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

"“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”"

.San Vicente de Cañete, 25 de julio del 2023

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE SIMILITUD POR EL SOFTWARE TURNITIN

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias, hace constar por la presente que el Informe final de Tesis titulado:

“Microorganismos benéficos y carbonatita en el comportamiento agronómico de la papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. bicentenaria en Yauyos, Región Lima”

Autor **:** Flores Pelaez Pedro Edwin.

Escuela Profesional **:** Agronomía.

Después de haber realizado el análisis correspondiente del informe de tesis con el software Turnitin, **presenta un porcentaje de similitud del 10%.** En tal sentido, se considera un porcentaje de similitud aceptable (menor al 20%) de acuerdo con el artículo 120 del reglamento general de investigación. Por lo que, se considera **APTO** para continuar con los trámites correspondientes para la sustentación del informe final de tesis.

Se expide este documento para los fines pertinente.

FIRMA DIGITAL

Firmado digitalmente por: LEON TTACCA BETSABE FIR 41288646 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 27/07/2023 12:58:56-0500

Dra. Betsabe Leon Ttacca
Directora (e) de la Unidad de Investigación
Facultad de Ciencias Agrarias

Adj. Informe de tesis con el informe de originalidad.

Dedicatoria

Dedico a mi querido e inolvidable padre Pedro Flores Pachas por guiarme y protegerme desde el cielo, estés donde estés sé que te hubiese gustado verme concluir mis estudios profesionales y disfrutar este momento especial para los dos.

A mis hermanos Susana Flores, Carlos del Castillo y Rosa García que siempre confiaron en mi potencial y me apoyaron en toda mi formación profesional.

Agradecimiento

A Dios por haberme permitido cumplir uno de mis objetivos profesionales.

Para mi madre Maria Pelaez Tasayco por siempre creer en mi capacidad y estar en todo mi proceso de formación profesional.

A mi familia que siempre me dieron el soporte necesario para nunca rendirme.

A la Dra. Betsabé León Ttacca que siempre creyó en mi potencial y estuvo apoyando incondicionalmente en cada proceso del proyecto de tesis.

A mi casa de estudios, la Universidad Nacional de Cañete por permitirme estudiar una de sus carreras que es la agronomía y poder ser un profesional en lo que tanto me apasiona.

A los diferentes docentes y compañeros de aula que contribuyeron en mi aprendizaje día a día.

ÍNDICE

DEDICATORIA ..... **vii**

AGRADECIMIENTO ..... **viii**

ÍNDICE DE TABLAS ..... **x**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **xii**

RESUMEN ..... **xiv**

ABSTRACT ..... **xv**

Capítulo I. Introducción 1

Capítulo II. Marco Teórico 3

2. Antecedentes del Problema 3

2.2. Bases Teóricas 5

2.2.1. Origen e importancia del Cultivo de Papa *5*

2.2.2. Taxonomía del Cultivo de Papa *6*

2.2.3. Morfología del Cultivo… *6*

2.2.4. Fenología de la Papa *7*

2.2.5 Clon UH-24 Bicentenaria *9*

2.2.6. Manejo Agronómico del Cultivar Bicentenaria *10*

2.2.7. Trichoderma harzianum *11*

2.2.8. Microorganismos Eficaces (EM) *12*

2.2.9. Glomus spp. (Micorrizas) *13*

2.10. Carbonatita *15*

Capítulo III. Materiales y Métodos 17

3.1. Definición de Variables 17

3.1.1. Variable Independiente 17

3.1.2. Variable Dependiente 17

3.2. Operacionalización de Variables 17

3.3. Tipo y Diseño de Investigación 18

3.3.1. Tipo de Investigación 18

3.3.2. Diseño Experimental 18

3.3.3. Ubicación y Descripción Geográfica 19

3.4. Unidad Experimental 20

3.5. Conducción del Experimento 20

3.5.1. Adquisición y Preparación de Insumos (tratamiento) 20

3.5.2. Identificación del Área de Estudio y Análisis de Suelo 21

3.5.3. Siembra y Semilla 22

3.5.4. Fertilización 22

3.5.5. Aplicación de los Tratamientos 23

3.5.6. Brotación y Emergencia 24

3.5.7. Labores Culturales 24

3.5.8. Evaluación Experimental 25

Capítulo IV. Resultado y Discusión 27

4.1. Efecto de la Aplicación de Microorganismos Benéficos y Carbonatita en el Crecimiento Vegetativo de la Papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. Bicentenaria en Yauyos, Región Lima... 27

4.2. Efecto de la Aplicación de Microorganismos Benéficos y Carbonatita en el Rendimiento de la Papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. Bicentenaria en Yauyos, Región Lima. 35

Capítulo V. Conclusiones **44**

Capítulo VI. Recomendaciones **45**

Capitulo VII. Referencias Bibliográficas **46**

ANEXO **53**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Operacionalización de variables de la investigación..... 16*

Tabla 2*. Datos climatológicos en el distrito de Viñac en los meses de diciembre 2021 a Mayo 2022 ..... 19*

Tabla 3*. Descripción de los tratamientos utilizados en la investigación 22*

Tabla 4*. Resultados de supuestos estadístico 25*

Tabla 5. *Análisis de varianza de la altura de planta (cm) de papa (Solanum tuberosum L.) cv. bicentenaria a los 30 días después de la siembra tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita en Yauyos, Región Lima durante la campaña agrícola 2021-2022..... 26*

Tabla 6. *Efecto de la aplicación de microorganismos benéficos y carbonatita en la altura de la planta (cm) de la papa (Solanum tuberosum L.) cv. bicentenaria a los30 días después de la siembra en Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022.....27*

Tabla 7. *Análisis de varianza de la altura de planta (cm) de papa (Solanum tuberosum L.) cv. bicentenaria a los 60 días después de la siembra tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita en Yauyos, Región Lima durante la campaña agrícola 2021-2022..... 28*

Tabla 8. *Efecto de la aplicación de microorganismos benéficos y carbonatita en la altura de la planta (cm) de la papa (Solanum tuberosum L.) cv. bicentenaria a los60 dias después de la siembra en Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022.....29*

Tabla 9. *Análisis de varianza de la altura de planta (cm) de papa (Solanum tuberosum L.) cv. bicentenaria a los 90 días después de la siembra tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita en Yauyos, Región Lima durante la campaña agrícola 2021-2022..... 31*

Tabla 10. *Efecto de la aplicación de microorganismos benéficos y carbonatita enla altura de la planta (cm) de la papa (Solanum tuberosum L.) cv. bicentenaria a los 90 días después de la siembra en Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022……..…….31*

Tabla 11. *Análisis de varianza del número de tallo de la papa (Solanum tuberosum L.) cv. bicentenaria tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita en Yauyos, Región Lima durante la campaña agrícola 2021-2022*.....*33*

Tabla 12. *Efecto del número de tallo de la planta de papa cv. bicentenaria tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita en Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022*.....*33*

Tabla 13. *Análisis de varianza del número de tubérculos por planta de la papa (Solanum tuberosum L.) cv. bicentenaria tratadas con microorganismos benéficosy carbonatita en Yauyos, Región Lima durante la campaña agrícola 2021-2022*.....*35*

Tabla 14. *Efecto de la aplicación de microorganismos benéficos y carbonatita del número de tubérculos por planta de la papa (Solanum tuberosum L.) cv. bicentenaria Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022*.....*35*

Tabla 15. *Análisis de varianza del peso del tubérculo por planta de la papa (Solanum tuberosum L.) cv. bicentenaria tratadas con microorganismos benéficosy carbonatita en Yauyos, Región Lima en la campaña agrícola 2021-2022…*.....*37*

Tabla 16. *Efecto de la aplicación de microorganismos benéficos y carbonatita del peso del tubérculo por planta de la papa (Solanum tuberosum L.) cv. bicentenariaYauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022*.....*37*

Tabla 17. *Análisis de varianza del rendimiento estimado a hectárea de la papa (Solanum tuberosum L.) cv. bicentenaria tratadas con microorganismos benéficosy carbonatita en Yauyos, Región Lima durante la campaña agrícola 2021- 2022*.....*39*

Tabla 18. *Efecto de la aplicación de microorganismos benéficos y carbonatita del rendimiento estimado a hectárea de la papa (Solanum tuberosum L.) cv. bicentenaria Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022*.....*39*

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. *Fenología del cultivo de papa…..... 7*

Figura 2. *Unidad experimental de la investigación 19*

Figura 3. *Preparación de insumos utilizados en la investigación 20*

Figura 4. *Croquis de la investigación 20*

Figura 5. *Delimitación y preparación del campo experimental.....21*

Figura 6. *Aplicación de los tratamientos en la ejecución de la investigación 23*

Figura 7. *Primera evaluación de la altura de planta de la papa cv. bicentenaria tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita a los 30 días después de lasiembra en Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022.....28*

Figura 8. *Segunda evaluación de la altura de planta de la papa cv. bicentenaria tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita a los sesenta días después de la siembra en Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022……30*

Figura 9. *Tercera evaluación de la altura de planta de la papa cv. bicentenaria tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita a los 90 días después de lasiembra en Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022.....32*

Figura 10. *Comparación de los tratamientos en el número de tallo de la planta depapa cv. bicentenaria tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita en Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022…..... 34*

Figura 11. *Comparación de número de los tratamientos en el número de tubérculo por planta de la papa cv. bicentenaria tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita en Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022……36*

Figura 12. *Comparación de promedios de los tratamientos en el peso de tubérculo por planta de la papa cv. bicentenaria tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita en Yauyos, Región, Lima en la campaña agrícola 2021-2022……38*

Figura 13. *Comparación de promedios de los tratamientos en el rendimiento por hectárea de la papa cv. bicentenaria tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita en Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022……40*

RESUMEN

El uso excesivo de fertilizantes químicos provoca alteraciones en la actividad microbiana del suelo, contaminación ambiental y alto costo de producción en el cultivo de papa. El objetivo de la presente investigación es desarrollar nuevos enfoques de producción orientados al uso de biofertilizantes con participación de microorganismos benéficos. Se evaluaron aplicaciones de *Trichoderma harzianum*, *Glomus* spp. microorganismos eficientes (EM), carbonatita y un tratamiento testigo (sin aplicación). Se empleó el cultivar de papa bicentenaria en un ensayo completamente al azar con los cinco tratamientos mencionados y cuatro repeticiones. Se evaluó el crecimiento de la planta mediante variables vegetativas y reproductivas. El tratamiento con *T. harzianum* superó al tratamiento testigo en todas las variables evaluadas y al resto de los tratamientos en la altura de la planta, peso del tubérculo y el rendimiento. El empleo de *Glomus* spp. y los microorganismos eficaces (EM) solo ejercieron un efecto parcial sobre el crecimiento de la planta. La carbonatita solo mejoró en la etapa reproductiva. Se concluye que el tratamiento con *T. harzianum* superó ampliamente al resto, presentando una alternativa agrícola ecológica para la producción de papa.

Palabras claves: microorganismos, crecimiento vegetativo, rendimiento, tubérculo.

ABSTRACT

Excessive use of chemical fertilizers causes alterations in soil microbial activity environmental contamination and high production costs in potato crops. The objective of this research was to try to develop new production approaches oriented to the use of biofertilizers with the participation of beneficial microorganisms. Applications of *Trichoderma harzianum*, *Glomus spp.*, Effective Microorganisms (EM) carbonatite and a control treatment (no application) were evaluated. The potato cultivar bicentenaria was used in a completely randomized trial with the five treatments mentioned above and four replicates. Plant growth was evaluated by vegetative and reproductive. The *T. harzianum* treatment outperformed the control treatment in all thevariables evaluated and the rest of the treatments in plant height, tuber weight and yield. The use of *Glomus* spp. and efficient microorganisms (EM) had only a partial effect on plant growth. Carbonatite only improved in the reproductive stage. It is concluded that the treatment with *T. harzianum* greatly outperformed the rest, so it could represent an ecological agriculturalalternative for potato production.

Keywords: microorganisms, vegetative growth, yield, tuber.

I. Capítulo

Introducción

La papa es el tercer cultivo más importante del mundo, solo superado por el arroz y el trigo (INIA, 2023); el Perú es el país con mayor producción de papa en Latinoamérica; de ahí, la importancia de su cultivo en nuestro territorio siendo primordial en los sectores: agrícola, social y económico; esta premisa es justificada por aquel 10% de la población nacional que se dedica a su producción; asimismo, genera más de 110 mil puestos de trabajo, es producida por 711 313 familias (90% de ellas en la sierra) y aporta un valor bruto potencial aproximado de 5 525 millones de soles anualmente (MIDAGRI, 2022).

En las dos últimas décadas son las regiones de Puno, Cusco, Lima y Huánuco las que han incrementado su producción en un 2.6% (INEI, 2022). El cultivar bicentenaria es una alternativa para los productores de papa porque tiene buenas cualidades agronómicas (rendimiento y adaptación) y características adecuadas para el procesamiento industrial con bajo contenido de azúcares reductores (Contreras et al., 2023). Sin embargo, para la producción, se emplean excesivos fertilizantes químicos lo cual provoca alteraciones en la actividad microbiana del suelo, contaminación ambiental y alto costo de producción (Dash & Jena, 2015).

Por lo anterior, se hace necesario implementar estrategias para mejorar los índices de sustentabilidad, sobre todo en lo económico, para generar una mayor rentabilidad y en lo ambiental desarrollar prácticas tecnológicas como el uso de biofertilizantes que no sean contaminantes, ni perjudiciales para la salud de los agricultores y consumidores. En tal sentido, cada vez ha tomado mayor fuerza el empleo de microorganismos benéficos, entre los cuales se encuentran los denominados microorganismos promotores de crecimiento vegetal, que pueden favorecer su desarrollo, generar tolerancia a estreses bióticos y abióticos en la planta, facilitar su nutrición y antagonizar fitopatógenos en las plantas hospederas (Chávez-Díaz, 2020; Cruz-Cárdenas, 2021).

Los microorganismos benéficos incluyen bacterias ácido lácticas, fotosintéticas, levaduras y actinomicetos (Tanya-Morocho y Leiva-Mora, 2019). Diversos estudios han demostrado la importancia de estos microorganismos en la producción de la papa, por ejemplo, Valverde (2016) evaluó el efecto de la fertilización con microorganismos eficaces y encontró un mayor peso y número de tubérculos por planta. Igualmente, Taffouo et al. (2018) encontraron que el uso de microorganismos logró incrementar el número y peso de los tubérculos, superando ampliamente al tratamiento control. Por su parte, Sawicka et al. (2021) utilizaron microorganismos eficaces y encontraron aumentos significativos en la calidad del tubérculo de papa para uso industrial. *Trichoderma harzianum* es un hongo anaeróbico facultativo cosmopolita que es conocido como unos de los organismos controladores de patógenos más eficaces (Srivastava et al., 2016) y otro grupo de microorganismos muy importantes se encuentran *Glomus* spp., que son capaces de actuar simbióticamente con el huésped, habitan en la mayoría de los suelos agrícolas y ayuda en la absorción de agua y nutrientes por la planta (Andrade, 2010).

Por lo tanto, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos benéficos y carbonatita en el comportamiento agronómico de la papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. bicentenaria.

II. Capítulo

Marco Teórico

2.1. Antecedentes del Problema

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Taffouo et al. (2018) evaluaron la fertilización con microorganismos indígenas (IMO) y microorganismos eficaces (EM) en el rendimiento de papa var. cipira bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con tres tratamientos: 38 g de fertilizante con microorganismo eficaces (EM), 38 g de fertilizante con microorganismos indígenas (IMO) y control. Los datos se analizaron mediante el rango múltiple de Duncan (DMRT) con una significancia de 0.05. Los resultados muestran que para la variable número de tubérculos por planta el tratamiento de fertilizantes con microorganismos indígenas (IMO) tuvo un promedio de 11.40 tubérculos/planta, seguido del tratamiento del fertilizante con microorganismos eficaces (EM) con 9.00 tubérculos/planta y por último el tratamiento control con 8.80 tubérculos/planta. Seguidamente para la variable del peso fresco del tubérculo por planta, el tratamiento de fertilizante con microorganismos indígenas (IMO) tuvo el mayor peso fresco de tubérculo por planta con 241.64 g, seguido del fertilizante con microrganismos eficaces (EM) con 224.62 g y el testigo que tuvo tubérculos de menor peso fresco con un promedio de 125.66 g. Concluyeron que tanto los fertilizantes con microorganismos indígenas y fertilizantes con microorganismos eficaces produjeron los mejores rendimientos en términos de número y peso de tubérculos.

Molina & Loya (2019) aplicaron tres dosis de sustrato de champiñón inoculadas con *Trichoderma harzianum, Beauveria bassiana, Peacilomyces lilacinus y Lecanicillium lecanii* a una concentración de 1 x10^{9} UFC bajo un diseño de bloques completo al azar bifactorial. Los resultados mostraron que el tratamiento T5 (*T. harzianum* + 20 tn/ha^{-1} de compost), T6 (*T. harzianum* + 30 tn/ha$^{-1)}$ de compost), T7 (*P. lilacinus* + 10 tn/ha^{-1}de compost), T9 (*P. lilacinus* + 30 tn/ha^{-1} de compost) y T11 (*B. bassiana* + 20 tn/ha^{-1} de compost) mostraron un rendimiento promedio de 20 tn/ha^{-1}. En la parte biológica del suelo, el compost inoculado con EM puede actuar como supresor de enfermedades en el cultivo de papa.

Sawicka et al. (2021) aplicaron microorganismos eficaces (EM) en la producción de papa utilizando el método de bloques al azar con parcelas dividida. Los microorganismos eficaces (EM) se preparó según indicaciones del fabricante, los tratamientos fueron: remojar las semillas de papa en una solución de la preparación EM-Farming antes de plantar durante 10, 20 minutos respectivamente y el último consistió en remojar las semillas de papa en agua destilada. El factor de segundo orden consistió en catorce cultivares de papa. Concluyeron que el cultivar "roxana" obtuvo el color dorado más deseable a diferencia del cultivar "krasa", "cazapla", "bellarosa", "red fantasy" mostraron un color inadecuado. En tanto al sabor y olor de la papa el cultivar "jelly" obtuvo una calificación de "muy buena" mientras que los demás cultivares resultaron ser homogéneas en términos de valor característico.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Contreras (2021) realizó un ensayo de distinción, homogeneidad y estabilidad (DHE) de la variedad de papa cv. bicentenaria comparado con la variedad atlantic en el departamento de Nazca bajo un diseño bloques completo al azar (DBCA). Los resultados mostraron que la variedad cv. bicentenaria es diferente a la variedad atlantic en los siguientes caracteres varietales: altura de planta con un promedio de 47.0 cm, color de piel: crema, pulpa del tubérculo: blanco, color de flor: blanco, rendimiento de tubérculo: 44.01 tn/ha^{-1}. Se concluyó que la cv. bicentenaria es homogénea y estable en la expresión de sus caracteres cualitativos y cuantitativos.

De la misma forma, Contreras (2021) realizó un ensayo de adaptación y eficiencia donde determinó el valor agronómico y utilización de la nueva variedad de papa cv. bicentenaria comparado con la variedad canchan, diacol capiro y UH 18 en cuatro ambientes de la provincia de Huaral y Barranca bajo un diseño de bloques completos randomizado (DBCR). Para la comparación de medias de la variable se realizó la prueba de Scott Knott (SK) al nivel de significancia del 5%. Los resultados mostraron que la variedad de papa cv. bicentenaria tuvo buena capacidad de producción y adaptación con un rendimiento de tubérculos promedio de 43,2 tn/ha^{-1} en comparación con las variedades comerciales canchan, diacol capiro y UH 18 con 37,22. 32,5 y 31.6 tn/ha^{-1} respectivamente.

Así mismo, Mendoza (2013) aplicó microorganismos eficaces (EM) y niveles de guano de islas en el rendimiento de papa var. mama lucha bajo un diseño de bloques completo randomizado (DBCR) con 10 tratamientos en combinaciones. Los resultados mostraron que la aplicación de guano de islas con una dosis de 80 l/ha de microorganismos eficaces (EM) incrementa el rendimiento de papa var. mama lucha con 1 636 kg/ha., también la aplicación de niveles de guano de islas con una dosis de 0.81l tn/ha de microorganismos eficaces (EM) incrementó el rendimiento de papa var. mama lucha con 1612 kg/ha. Se concluyó que, aplicando 3.43 tn/ha de guano de islas e incubación de 80 l/ha de microorganismos eficaces (EM) se tendrá buen rendimiento.

Valverde (2016) evaluó el efecto de la fertilización con microorganismos eficaces (EM) y bioabonos en el peso, tamaño y número de tubérculos del cultivo de papa bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 16 tratamientos. Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para determinar la significancia estadística. Los resultados mostraron que el tratamiento T15 (dosis de 2.0 l de (EM) - 3.0 toneladas de compost) tuvo el mayor número de tubérculos/planta con 6.00, 5.67 y 7.00 de primera, segunda y tercera respectivamente. De la misma forma el tratamiento T15 (dosis de 2.0 l de (EM) - 3.0 toneladas de compost) obtuvo el mayor tamaño de tubérculos/planta con 7.93;6.57 y 4.50 de primera, segunda y tercera respectivamente. Finalmente, el tratamiento T15 (dosis de 2.0 l de (EM) - 3.0 toneladas compost) tuvo el mayor peso de tubérculos/planta con 11 955, 8 085, 9 348 kg/ha de primera, segunda y tercera.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Origen e importancia del Cultivo de Papa

La papa es un cultivo de los Andes de América del Sur, el Centro Internacional de la Papa (INIA, 2023) reporta que el Perú es uno de los centros de origen donde comenzaron hace 8 000 años cerca del lago Titicaca en la cordillera de los Andes donde los agricultores domesticaron la papa. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (ONUAA, 2009) informa que algunos países en vía de desarrollo son los principales productores de papa, a la vez la demanda del mercado requiere que el tubérculo fresco se transforme en productos elaborados. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2009) declaró el Año Internacional de la Papa.

2.2.1.1. Producción en el Perú del Cultivo de Papa.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2014) informa que en el 2004 la producción de papa incrementó a 3 008 miles de toneladas, seguidamente en el 2013 llegó a 4 571 miles toneladas.

2.2.2. Taxonomía del Cultivo de Papa

Según Lim (2016) la clasificación taxonómica es:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie*: Solanum tuberosum*

2.2.3. Morfología del Cultivo

2.2.3.1. Brote.

Según Egúsquiza (2000) indica que es un tallo que brota desde la yema principal también denominado “ojo”. Su forma y tamaño varía según las condiciones de almacenaje.

2.2.3.2. Planta.

Egúsquiza (2000) manifiesta que la planta de papa es herbácea y vigorosa que posee un tallo aéreo y tallo subterráneo.

2.2.3.3. Sistema Radicular.

Según Otiniano (2017) la raíz es de forma fibrosa que ingresa hasta una profundidad de 80 cm, ayuda a la absorción del agua y sales minerales.

2.2.3.4. Hojas.

Villacaqui (2018) describe que generalmente las hojas son compuestas adheridas a lo largo del tallo de forma frondosa al follaje.

2.2.3.5. Tallos.

Según Otiniano (2017) detalla que muestra tres tipos de tallo, uno aéreo donde se distribuyen las hojas y dos tallos subterráneos: los estolones y tubérculos.

2.2.3.6. Inflorescencia y Flor.

En esta etapa, el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2019) describe que la inflorescencia se coloca en la cima del tallo. La flor es hermafrodita, el color depende de la variedad y cumple la función de reproducción sexual.

2.2.3.7. Estolones.

Quintana (2018) menciona que el estolón se forma de un tallo lateral, son tallos modificados cortos o largos que se desarrolla por debajo del suelo dando origen a un tubérculo.

2.2.3.8. Tubérculo.

Molina et al. (2004) caracterizan al tubérculo como tallos carnosos que se forman dentro del suelo a partir de los estolones.

2.2.4. Fenología de la Papa

En la figura 1, Quintana (2018) describe la fenología del cultivo de papa en cinco fases de la siguiente manera:

Fase 1: Desarrollo del brote

Principalmente comienza con brotes en los ojos superficiales emergiendo los brotes del tubérculo a la superficie del suelo, dándole todas las condiciones adecuadas, tiene una duración de 12 o 17 días.

Fase 2: Crecimiento vegetativo

En esta etapa comienza la emergencia, se desarrollan las hojas, ramas, raíces y estolones, tiene una duración de 30 a 65 días dependiendo de la siembra.

Fase 3: Inicio de floración e inicio de tuberización

En esta etapa la floración se da en las yemas terminales que se transforman en botones florales. Seguidamente, la tuberización inicia en los tallos rastreros, esta etapa comienza desde los 90 días y termina en 120 días aproximadamente. La cantidad de tubérculos va a depender de los nutrientes y la humedad óptima del suelo.

Fase 4: Llenado del tubérculo

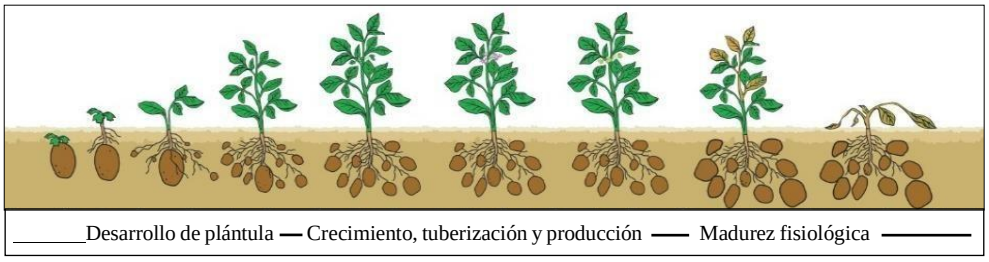
El llenado o engrose inicia en los estolones compuesto por agua, nutrientes e hidratos de carbono. Esta etapa va a depender de la época de siembra, temperatura, condiciones del suelo y la variedad que por lo general dura entre 45 y 60 días.

Fase 5: Maduración del tubérculo

Consiste en el máximo desarrollo de la planta que se da a los 120 días aproximadamente, cuando los tubérculos maduran ocurre la senescencia y absorción de la parte aérea teniendo mayor capacidad de almacenamiento y una piel más gruesa.

Figura 1.

Fenología del cultivo de papa



Nota: Descripción de las etapas fenológicas de la papa. Fuente: Sanabria (2015).

2.2.5 Clon UH-24 Bicentenaria

Según Contreras (2021) describe las siguientes características agronómicas:

2.2.5.1. Origen.

El clon UH-24 cv. bicentenaria denominado por la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, es el resultado de la selección de genotipos del cruce entre tres cultivares comerciales de *Solanum tuberosum*: reiche, diacol capiro y atlantic.

2.2.5.2.Planta.

La estructura del follaje es de tipo foliar con un porte erecto y de madurez semi precoz con periodo vegetativo de 120 a 135 días.

2.2.5.3. Tallos.

La pigmentación del tallo es intensa, de forma cilíndrica, el número de tallo por planta es aproximadamente de cuatro a cinco.

2.2.5.4. Hojas.

Son de color verde intenso y con un tamaño de contorno grande.

2.2.5.5. Flores.

La frecuencia de las flores es elevada, inflorescencia grande de color blanco a los 45 días después de la siembra.

2.2.5.6. Tubérculos.

Los tubérculos son esféricos, yemas “ojos” superficiales, el color de pulpa es blanco, la piel del tubérculo es de color crema y tiene buena calidad de fritura (tira y hojuelas).

2.2.5.7. Resistencia a Enfermedades y Plagas.

Tolerante a la rancha *(Phytophthora infestans)* como también es tolerante al Virus Y, X, S, al Virus del enrollamiento y susceptible a la mosquilla de los brotes. En tanto a factores abióticos es susceptible a bajas temperaturas, en la costa Central es tolerante a altas temperaturas.

2.2.5.8. Rendimiento.

Reportan que el rendimiento en condiciones experimentales es de 40 a 60 tn/ha y en campo de agricultores es de 35 a 55 tn/ha.

2.2.6. Manejo Agronómico del Cultivar Bicentenaria

Según Contreras (2021) describe el manejo agronómico del cultivar bicentenaria:

2.2.6.1. Época de Siembra en Costa.

Una siembra adecuada se da al inicio de abril hasta fines de agosto, en condición de riego por gravedad.

2.2.6.2. Preparación del Terreno.

Se sugiere preparar el terreno inmediatamente después de la cosecha del cultivo anterior que consiste en un roturado profundo, gradeo y nivelado para tener una emergencia uniforme y vigorosa de las plantas en el campo.

2.2.6.3. Siembra.

Se plantea realizar la siembra en surcos a una profundidad de 10 a 15 cm con distanciamiento entre surcos de 0,90 a 1,00 m. El distanciamiento de los tubérculos-semillas son de 20 a 25 cm.

2.2.6.4. Abonamiento y/o Fertilización.

Se sugiere realizar un análisis de suelos antes de la siembra, la incorporación de estiércol de preferencia se debe realizar tres meses antes de la siembra a una cantidad de 10 a 20 tn/ha. También, se recomienda una fertilización de 250-150-300 kg/ha de N, P_2O5 y K_2O respectivamente, aplicando el 50% de N a la siembra y el 50% restante en el primer aporque, el fósforo y potasio se aplican en la siembra.

2.2.6.5. Control de Maleza y Aporque.

Se sugiere realizar el levantado de surco antes del primer aporque, lo cual favorecerá el drenaje del exceso de agua y la eliminación de maleza; a la vez se recomienda hacer dos aporques.

2.2.6.6. Requerimiento Climático y Edáfico.

El cultivar bicentenaria se adapta a las condiciones ambientales de la costa central del Perú aproximadamente 30°C (bajo riego) y en la sierra a altitudes de 1500 a 3000 msnm (secano).

2.2.6.7. Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades.

Se recomienda el manejo integrado de plagas y enfermedades, una rotación en los cultivos, adecuada preparación del terreno a sembrar, uso de tubérculos-semillas de buena calidad. En lo referente a control biológico se recomienda utilizar bio insecticidas para el control de enfermedades radiculares a partir de la emergencia de la planta.

2.2.6.8. Cosecha.

Se propone cosechar cuando los tubérculos llegan a su madurez fisiológica (cuando la piel de los tubérculos no se pela con la fricción de los dedos). Un síntoma visual en el follaje al momento de cosechar es la senescencia. La cosecha se realiza en forma mecanizada mediante tractores y cosechadora de rodillos.

2.2.6.9. Selección, Clasificación y Almacenamiento.

Se recomienda seleccionar y clasificar en un ambiente de luz difusa.

2.2.7. Trichoderma harzianum

2.2.7.1. Generalidades.

Es un hongo anaeróbico facultativo cosmopolita que se puede aislar y cultivar en medios de cultivo natural y semisintético (Vinale et al., 2008). Al igual que Sivila & Alvarez (2013) indican que “el género *Trichoderma* es ampliamente estudiado por ser uno de los organismos controladores más eficaz, encontrándose en diferentes terrenos agrícolas de forma natural” (p.20).

2.2.7.2. Taxonomía.

Argumedo et al. (2009) describen la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Fungi

Filo: Ascomycota

Clase: Euascomycetes

Orden: Moniliales

Familia: Moniliaceae

Género: *Trichoderma*

Especie: *Trichoderma harzianum*

2.2.7.3. Características.

Sivila & Alvarez (2013) informan que las principales características del género *Trichoderma* son que "Se puede encontrar en diferente hábitat, se colonizan rápidamente notándose un color verde oscuro, produce hifas, clamidospora, esporas y degrada sustratos complejos" (p.5).

2.2.7.4. Modo de Acción.

Vinale et al. (2008) indican que "generalmente el mecanismo de acción de *Trichoderma harzianum* es múltiple, actuando simbióticamente inhibiendo el crecimiento micelial delhongo, compitiendo por espacio y nutrientes" (p.10).

2.2.8. Microorganismos Eficaces (EM)

Arias (2010) detalla que "los microorganismos son de origen natural que sintetizan desechos y lo convierte en nutrientes, fue desarrollado por el PhD. Teuro Higa en Okinawa, Japón". Los EM se aplican de diferente forma en el rubro agrícola teniendo como microorganismos fundamentales a las bacterias acido lácticas (*Lactobacillus*) y fotosintéticas *(Rhodopseudomonas),* levaduras y actinomicetos (*Saccharomyces*).

2.2.8.1. Tipos de Microorganismos Eficaces.

La Estación Experimental Agropecuaria para la Introducción de Tecnologías Apropiadas de Japón (EEAITA, 2013) describe los tipos de microorganismo eficaces de la siguiente manera:

2.2.8.1.1. *Bacterias Fotosintéticas*.

Son bacterias autótrofas que puede crecer con o sin oxígeno, degradan compuestos orgánicos e inorgánicos para obtener energía.

2.2.8.1.2. Bacterias Ácido Láctico.

Son bacterias anaerobias, muestran efecto antagónico a enfermedades nocivas del suelo y acelera la descomposición de materia orgánica.

2.2.8.1.3. Levaduras.

Tiene un rol importante para la descomposición de fermentación de compuestos orgánicos, sintetiza sustancia para el desarrollo de las plantas.

2.2.8.1.4. Actinomicetos.

Son antagonistas de bacterias y hongos patógeno de la planta, bacterias filamentosas que contribuyen al crecimiento y actividad de las micorrizas.

2.2.8.2. Efecto de Microorganismos Eficaces.

Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2009) informa que la aplicación de microorganismos eficaces (EM) genera un buen desarrollo de la planta, mantiene las poblaciones de patógenes baja, mejora la capacidad fotosintética, acelera la descomposición natural y proporciona resistencia a plagas y enfermedades.

2.2.8.3. Modo de Acción.

Arias (2010) describe que los microorganismos toman sustancias generadas por otro organismo, captan las sustancias secretadas por las raíces de las plantas sintetizando, aminoácidos, vitaminas, ácidos nucleicos, hormonas y otras sustancias bioactivas.

2.2.9. Glomus spp. (Micorrizas).

2.2.9.1. Generalidades.

Flores (2012) informa que habitan en la mayoría de los suelos terrestres, la ventaja de este hongo es la asociación simbiótica entre la planta y el suelo cumpliendo una función importante en los ecosistemas, la inoculación de micorrizas en la planta incrementa la calidad y rendimiento de las cosechas.

2.2.9.1. Taxonomía.

La clasificación taxonómica según Oehl et al. (2011) es la siguiente:

Reino: Hongo

Clase: Glomeromicetos

Orden: Flomerales

Familia: Glomeracae

Género: *Glomus* spp.

2.2.9.2. Clasificación de las Micorrizas.

Se consideran 3 grupos de micorrizas las cuales son: las ectomicorrizas, endomicorrizas y ectendomicorrizas.

2.2.9.2.1. Las Ectomicorrizas.

Andrade (2010) informa que las ectomicorrizas "es una asociación donde el micelio del hongo invade la raíz formando una estructura característica denominada red de Hartig, se encuentran en ambientes templados observándose la simbiosis entre especies arbóreas y hongos filamentosos terrestre".

2.2.9.2.2. Las Endomicorrizas.

Andrade (2010) describe que es una asociación obligada, en este caso no se forma la red de Hartig, se caracteriza porque las hifas penetran la raíz formando arbúsculo y vesícula.

2.2.9.2.3. Las Ectendomicorrizas.

Andrade (2010) detalla que este tipo de micorriza es especial presenta característica de red de Hartig y manto que penetran intracelularmente.

2.2.8.3. Importancia de las Micorrizas

Según Andrade (2010) informa que "las micorrizas son importante porque forma una acción simbiótica en la raíz de la planta y el micelio de un hongo, juega un papel importante porque promueve el desarrollo, supervivencia de la planta. Ayuda a la absorción de agua y nutrientes en la planta desarrollando tolerancia frente a organismos patógenos (p.90)."

2.10. Carbonatita

2.10.1. Generalidades

Rocks (2011) informa que es una roca ígnea intrusiva (carbonatada) que tiene una composición enriquecida de calcio, silicio y carbamatos. Seguidamente Valladares et al., *(2022)* informan que en el rubro agrícola se aplica por su contenido alto de calcita y dolomita siendo un fertilizante mejorador de suelo de lenta absorción que recupera suelos degradados y ofrece buenos resultados en suelos ácidos o alcalinos favoreciendo el pH del suelo.

2.10.2. Característica de la Carbonatita

Según Agroboreal (2016) describe los siguientes beneficios: mejora el suelo y ayuda a corregir las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos agrícolas, incrementa la producción en base a la mejora de los suelos potencializando la relación medio ambiente y ecosistema, se puede utilizar como fertilizante mejorador de suelo en la agricultura convencional y orgánica dando mayor tolerancia al estrés hídrico.

2.10.3. Beneficios de Carbonatita

Rocks (2011) menciona los siguientes beneficios: incrementa el desarrollo de raíces primarias y secundarias, nutrientes disponibles para las plantas, es importante para la restauración de suelo, además incrementa aproximadamente el 30% de la producción, mejora la calidad del cultivo por las propiedades que le provee a la planta. Finalmente, al tener un suelo adecuado aumentará el contenido de clorofila dando un follaje más verde, teniendo una tasa de desarrollo de raíces.

2.3. Marco Conceptual

Cultivar:

Plantas seleccionadas artificialmente a partir de un cultivo variable con el propósito de fijar características de importancia en la producción (Spencer et al., 2007)**.**

Rendimiento:

Es la producción total de un cultivo cosechado en un campo agrícola, las unidades en la que se mide es toneladas/ha (EcuRed, 2018).

Microorganismos:

Los microorganismos incluyen a los hongos, bacterias, protozoos, algas, y solo se pueden ver bajo un microscopio (NCI, 2018).

Variedad:

Pertenece a un grupo de planta seleccionadas con características específicas (UPOV, 2014).

La papa:

Es un cultivo hortícola que se consume y produce a nivel mundial (Theodoracopoulos et al., 2008).

Crecimiento vegetativo:

Es el aumento de tamaño de una etapa a otra etapa que se incrementa mediante las condiciones de crecimiento favorables (Endicott et al., 2000).

***Trichoderma*:** Es un hongo ascomiceto con esporas verde que habita en el suelo y las raíces (Kashyap et al., 2017).

Micorriza: Son microorganismos que están el suelo y forman una asociación simbiótica en la rizosfera de la planta (Chifetete & Dames, 2020).

Fertilizante químico: Son insumos comerciales de origen inorgánico que contienen los macros y micronutrientes principales para la planta (Guzmán ,2018).

Tubérculo: Tallo modificado subterráneo ubicado en la parte apical del estolón en la que se almacena carbohidratos y almidón. Es el producto comercial del cultivo de papa (INIA, 2002).

III. Capítulo

Materiales y Métodos

3.1. Definición de Variables

3.1.1. Variable Independiente

VI1. Se utilizaron microorganismos benéficos y carbonatita para evaluar el comportamiento agronómico de la papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. bicentenaria.

3.1.2. Variable Dependiente

VD1. Crecimiento vegetativo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. bicentenaria: Se evaluó las variables de altura de planta (AP), numero de tallo (NT).

VD2. Rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. bicentenaria. Se evaluó el número de tubérculos por planta (PTP) y el peso de los tubérculos por planta (PTP).

3.2. Operacionalización de Variables

Tabla 1

Operacionalización de variables de la investigación

VARIABLE	INDICADORES	DOSIS
INDEPENDIENTE	Microorganismos Eficaces (EM)	1 l. EM1/20 l de agua + 100 g de cerámica
Microorganismos benéficos	*Trichoderma harzianum*	10 g/20 l
y carbonatita	*Glomus* spp.	30g por planta
	Carbonatita	1000 kg/ha
	Testigo	Sin aplicación
DEPENDIENTE		Altura de planta (cm)
Comportamiento	Crecimiento vegetativo	Número de tallos (unidades)
agronómico de la papa		Promedio de tubérculos por planta y por área
(Solanum tuberosum L.*)* cv.	Rendimiento	neta experimental
bicentenaria		Peso de tubérculo por planta y por área
		experimental
		kg estimado a ha

Nota: Descripción de las variables independiente y dependente de la investigación.
Fuente: Elaboración propia

3.3. Tipo y Diseño de Investigación

3.3.1. Tipo de Investigación

Según Cevallos (2017) el estudio es de tipo aplicada porque se determinó el efecto de los microorganismos benéficos y carbonatita en el comportamiento agronómico de la papa cv. bicentenaria donde se obtuvo resultados de desarrollo vegetativo y rendimiento.

Según Espinoza (2016) las variables de la investigación son de tipo cuantitativo porque se evaluó el desarrollo vegetativo y rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) cv bicentenaria.

Según Sánchez (2016) el objetivo de la investigación es de tipo experimental porque se manipuló la variable independiente (microorganismos benéficos y carbonatita) y se midió con la variable dependiente (comportamiento agronómico del cultivar bicentenaria) comparándolo con el testigo (sin aplicación).

3.3.2. Diseño Experimental

Se usó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) debido a las condiciones heterogéneas y estuvo compuesto por cinco tratamientos y cuatro repeticiones teniendo un ensayo de 20 unidades experimentales, los datos obtenidos se realizaron mediante la prueba de Tukey al 0.05%.

El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + Ti + \beta j + lij$$

Para:

i= 1,2, 3, ……. T (N° de tratamientos)

j= 1,2,3, ……. r (N° de repeticiones, bloques)

Y_{ij}= Unidad experimental que recibe el tratamiento i en el bloque j

μ= Media general a la cual se espera alcanzar todas las observaciones

Ti= Efecto verdadero de i-ésimo tratamiento

Bj= Efecto verdadero de j-ésimo bloque

Lij=error aleatorio

3.3.3. Ubicación y Descripción Geográfica

El trabajo de investigación se ejecutó en el anexo Grau, distrito Viñac, provincia Yauyos, Región Lima y las coordenadas geográficas son: Latitud Sur: 12°53’39’’ S, Longitud Oeste: 75°47’37’’ W, Altitud: 3 420 msnm.

3.3.3.1. Datos Climatológicos de la Investigación.

Los datos de temperatura (°C), precipitación (mm), humedad relativa (%) se obtuvo de la base de datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2022) cuyos datos fueron de la provincia de Yauyos, distrito Viñac. El promedio de las temperaturas máxima, mínima y medias fueron 21.47, 6.50 y 13.98 °C respectivamente. La máxima precipitación fue en el mes de enero con 397 mm en el 2022 y diciembre con 390 mm en el 2021, la humedad relativa promedio fue de 82.67% datos óptimos para mantener la disponibilidad de agua para el cultivo (Tabla 2).

Tabla 2

Datos climatológicos durante la campaña de papa en el distrito de Viñac en los meses de diciembre 2021 - mayo 2022

Meses/Año	Temperatura			Precipitación	Humedad relativa
	Máx. (°C)	Mín. (°C)	Med. (°C)	(mm)	(%)
Diciembre (2021)	19.6	8	13.8	390	79
Enero (2022)	21.8	7	14.4	397	85
Febrero (2022)	22.7	6	14.35	332	84
Marzo (2022)	22.6	7	14.8	340	84
Abril (2022)	21.7	6	13.85	205	83
Mayo (2022)	20.4	5	12.7	64	81
Promedio	21.47	6.50	13.98	288.00	82.67
Total				1728	

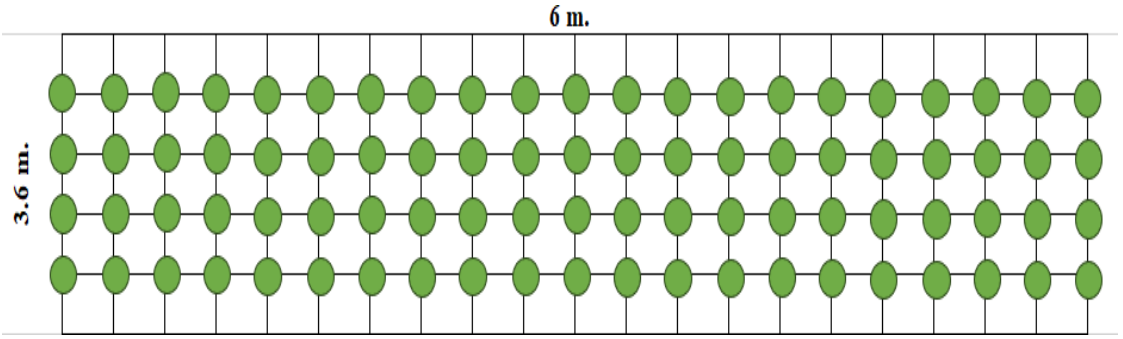
Nota: Base de datos de condiciones climatológicas durante la investigación. Fuente: SENAMHI (2022)

3.4. Unidad Experimental

La medida de cada parcela experimental fue de 21.60 m^2, teniendo un total de 20 áreas experimentales distribuidas en el campo experimental (Figura 2).

Figura 2

Unidad experimental de la investigación



Nota: Medidas de las unidades experimentales. Fuente: Elaboración propia

3.5. Conducción del Experimento

3.5.1. Adquisición y Preparación de Insumos (tratamiento)

El tratamiento *Trichoderma harzianum* y *Glomus* spp. se adquirió de la casa comercial AGRICOLA TAB (Técnicas Agrobiologías S.A.C), microorganismos eficaces (EM) de la empresa BIOEM S.A.C y la carbonatita de la empresa Boreal Minerals S.A.C. Para el tratamiento *Trichoderma harzianum* se pesó 10 g del producto comercial y se diluyó en 20 l de agua. Paralos microorganismos eficaces (EM), primero se activó en 10 l de agua, 1 kg de melaza y 1 l de(EM) durante cuatro días a 40 °C hasta que el pH se encuentre en 3.8. De esta mezcla EMA-1,se diluyó 1 l en 19 l de agua, adicionando 100 g (EM) – cerámica que mejora la interacción delos (EM) con la materia orgánica del suelo (fitoprotectante). Para el caso de *Glomus* spp. el producto comercial (1 kg) se mezcló con 12.5 kg de guano de ovino. La carbonatita se calculóen base a una hectárea (Figura 3).

Figura 3

Preparación de insumos utilizados en la investigación



Nota: a. Activación de microorganismos eficientes (EM), b. Dosificación de *Trichoderma harzianum*, c. Mezcla de *Glomus* spp., d. Pesaje de carbonatita. Elaboración propia.

3.5.2. Identificación del Área de Estudio y Análisis de Suelo

Se realizó un análisis físico y químico del suelo en el laboratorio de Química Agrícola Valle Grande. Clase textural arcillosa, arena 32.8 %, arcilla 42.4 % pH 6.94 (Anexo 3). El campo experimental fue de 20 m^2 de largo y 36.8 m^2 de ancho teniendo un área total de 648 m^2 (Figura 4.).

Figura 4

Croquis del campo experimental de la investigación

18 m.

36 m.		1 m.	2 m.	6 m.	2 m.	6 m.	1 m.
	3.6 m.		BLOQUE 1	T2	BLOQUE 2	T4	
	3.6 m.			T3		T5	
	3.6 m.			T1		T3	
	3.6 m.			T5		T1	
	3.6 m.			T4		T2	
	3.6 m.		BLOQUE 3	T1	BLOQUE 4	T5	
	3.6 m.			T4		T2	
	3.6 m.			T5		T4	
	3.6 m.			T2		T3	
	3.6 m.			T3		T1	
		1 m.	2 m.	6 m.	2 m.	6 m.	1 m.

Nota: Distribución aleatoria de las parcelas experimentales. Fuente: Elaboración propia

Preparación de Terreno y Trazado de Parcela

El desmalezado comenzó siete días antes de la siembra en todas las parcelas experimentales, se pasó el arado a 30 cm de profundidad para soltar y mullir el suelo, por último, se realizó el surcado con tracción animal a una distancia de 90 cm entre surco. Al finalizar la preparación del campo experimental se delimitó los bloques con cal en polvo haciendo un total de 20 parcelas experimentales con una medida de 21.60 m^2 (Figura 5).

Figura 5

Delimitación y preparación del campo experimental



Nota: a. Desmalezado en campo experimental, b. Trazado de campo experimental, c. Surcado de cada parcela experimental. Elaboración propia.

3.5.3. Siembra y Semilla

En esta etapa, la siembra se realizó cuando el tubérculo-semilla (UH-24 cv. bicentenaria) estuvo en brotación múltiple colocándose de forma manual a una distancia de 30 cm por golpe, la semilla se adquirió de la Universidad Nacional Faustino Sanchez Carrión (UNJFSC).

3.5.4. Fertilización

La dosis fue de 180-180-160 con la siguiente fuente: fosfato di amónico, cloruro de potasio, nitrato de amonio. Al momento de la siembra se aplicó 1.130 kg de fosfato di amónico, nitrato 0.960 kg de nitrato de amonio y 0.770 kg de cloruro de potasio a chorro continuo, al final se tapó el fertilizante y la semilla.

3.5.5. Aplicación de los Tratamientos

La aplicación de *Trichoderma harzianum* (10 g/20 l de agua) y microorganismos eficaces EMA-1 (1 l de (EMA)/19 l de agua+100 g cerámica) se realizó al momento de la siembra en el tubérculo - semilla de papa, consecutivamente en la etapa de desarrollo vegetativo, estolonamiento, tuberización y prefloración vía drench con una mochila fumigadora (20 l). La aplicación *Glomus* spp. (12.5 kg de guano de ovino + 1 kg de micorriza)únicamente se realizó en la siembra incorporando 30 g de la mezcla en cada tubérculo-semilla.La aplicación de carbonatita se aplicó a chorro continuo al suelo con una dosis de 2.88 kg por tratamiento (Tabla 3 y Figura 6).

Tabla 3

Descripción de los tratamientos utilizados en la investigación

Claves	Tratamiento	Producto comercial	Dosis	Número de aplicación	Momento de aplicación
T1	(EM)	Microorganismos eficaces (EM)	1 l EMA/19 l de agua + 100 g de cerámica	5	Siembra, desarrollo vegetativo, estolonamiento, tuberización y prefloración
T2	*T. harzianum*	Tricho Tab	10 g/20 l de agua	5	Siembra, desarrollo vegetativo, estolonamiento, tuberización y prefloración
T3	*Glomus* spp.	Mico Tab	30 g/planta	1	Siembra
T4	Carbonatita	Fertilizante natural	1000 kg/ha	1	Siembra
T5	Testigo	Sin aplicación	-	-	-

Nota: Productos y dosis empleadas en papa cv. bicentenaria sometida a tratamientos con microorganismos benéficos en Yauyos, Región Lima. Fuente: Elaboración propia.

Figura 6

Aplicación de tratamientos en la ejecución de la investigación



Nota: a. Aplicación de *T. harzianum* y microorganismos eficaces (EM) en lasiembra. b. Aplicación de *T. harzianum* y microorganismos eficaces (EM) en el crecimiento vegetativo

3.5.6. Brotación y Emergencia

Las semillas brotaron a los 45 días después de la siembra en un 90% del área total.

3.5.7. Labores Culturales

3.5.7.1. Riego.

El riego fue a gravedad hasta los 45 días después de la siembra (dds), consecutivamente en la localidad de Viñac - Yauyos hubo temporada de lluvia durante todo el experimento y no se requirió ningún tipo de riego.

3.5.7.2. Aporque y Deshierbo.

El primer aporque se realizó a los 60 días después de la siembra (dds) con el fin de estabilizar a la planta de papa y los tubérculos puedan desarrollarse. El segundo aporque se realizó a los 90 días después de la siembra, a la vez se completó el 50% de la fertilización nitrogenada con 0.960 kg en cada unidad experimenta para una óptima tuberización. El control de maleza se realizó manualmente a los 30, 60 días después de la siembra (dds) con la ayuda de una yunta y lampa para evitar la competencia de nutrientes al momento del desarrollo vegetativo y obtener una buena tuberización.

3.5.7.3. Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades

A los 60 días después de la siembra se instaló trampas adhesivas amarillas alrededor del campo experimental para monitorear a los insectos plagas (*Epitrix* spp. y *Premnotrypes* spp.) y que no sobrepase el umbral de daño. No se realizó ninguna acción para la incidencia deplagas y enfermedad.

3.5.7.4. Cosecha

Se realizó de forma manual en cada unidad experimental con la ayuda de pico y lampa cuando las hojas empezaron a tomar un color amarillento y se comprobó si la piel de los tubérculos se desprende con la fricción de los dedos (MINAGRI, 2017).

3.5.8. Evaluación Experimental

3.5.8.1. Crecimiento Vegetativo.

3.5.8.1.1. Altura de Planta.

Según la metodología de Torres (2019) se tomó 10 plantas al azar de los surcos centrales, cada planta se midió con cinta métrica (wincha) desde la superficie del suelo hasta la parte apical de la planta a los 30, 60 y 90 días después de la siembra (dds).

3.5.8.1.2. Número de Tallo.

Según la metodología de Benavides (2017) se tomó 10 plantas al azar de los surcos centrales de cada parcela experimental y se contó el número de tallos brotados desde la superficie del suelo en plena floración.

3.9.5.2. Rendimiento de la Papa.

3.9.5.2.1. Peso de Tubérculo por Planta por Parcela.

Según la metodología de Vega (2019) al momento de la cosecha (madurez fisiológica) se escogió 10 plantas alzar de los surcos centrales de cada parcela experimental y se pesó los tubérculos de las plantas con una balanza analítica, luego se convirtió en kilogramos por planta.

3.9.5.2.2. Número de Tubérculos por Planta

Según la metodología de Tarazona (2016) se escogió 10 plantas al azar de los surcos centrales de cada parcela experimental y se contó el número de tubérculo por planta cuando alcanzaron la madurez fisiológica y se obtuvo el promedio por planta y parcela.

3.5.9.2.3. Rendimiento (tn/ha^{-1})

A la cosecha, el peso de los tubérculos obtenidos por unidad experimental se transformó a rendimiento por hectárea (ha) en base a un total de 37 037 de plantas/ha.

3.5.9. Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico se empleó el software InfoStat Versión Estudiantil y Minitab Versión 17. Se corroboró los supuestos de homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Barlett y para normalidad de datos se usó Shapiro-Wilk descritos en la tabla 4. Todas las variables cumplieron con los supuestos por lo que se realizó el análisis de varianzas (ANDEVA) para corroborar si existe diferencia significativa (0.05) entre los tratamientos. Para corroborar las diferencias de medias se empleó la prueba de Tukey.

Tabla 4

Supuestos estadísticos

Variables de medida	Normalidad de datos	Homogeneidad de varianza	Coeficiente de variación
Evaluación de altura de planta a los 30 días después de la siembra	0.15	0.109	15.39
Evaluación de altura de planta a los 60 días después de la siembra	0.15	0.46	6.6
Evaluación de altura de planta a los 90 días después de la siembra	0.01	0.894	5.42
Número de tallo por planta	0.10	0.37	13.15
Peso de tubérculos por planta	0.10	0.297	14.01
Numero de tubérculo por planta	0.10	0.297	21.48
Rendimiento tn/ha	0.10	0.9	13.68

Nota: Resultado de supuesto de normalidad de datos, homogeneidad de varianza y coeficiente de variación. Fuente: Elaboración propia

IV. Capítulo

Resultado y Discusión

4.1. Efecto de la Aplicación de Microorganismos Benéficos y Carbonatita en el Crecimiento Vegetativo de la Papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. Bicentenaria en Yauyos, Región Lima

4.1.1. Altura de Planta a los 30 Días Después de la Siembra (dds)

En la tabla 5 el análisis de varianza (ANDEVA) para la altura de planta a los 30 días después de la siembra indica que existe significancia al 5% de probabilidad para los tratamientos con un c.v de 15.39%. Lo cual indica que el diseño experimental utilizado fue el apropiado para el control de las variaciones existentes y los resultados obtenidos en la investigación son confiables.

Tabla 5

Análisis de varianza de la altura de planta (cm) de papa (Solanum tuberosum L.*) cv. bicentenaria a los 30 días después de la siembra tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita en Yauyos, Región Lima durante la campaña agrícola 2021-2022.*

Fuente de variación	Suma Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p-valor	Significancia
Tratamiento	66.7	4	16.67	23.15	<0.0001	*
Bloque	5.95	3	1.98	2.75	0.0886	n.s
Error	8.64	12	0.72			
Total	81.29	19				
c.v = 15.39%						

Nota: n.s = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo, c.v = coeficiente de variación. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 6 y figura 7, la prueba de Tukey con una probabilidad del 5% mostró diferencias significativas entre los tratamientos, las plantas tratadas con *Trichoderma harzianum* (T2) superó estadísticamente con un promedio de 8.79 cm con respecto a los demás tratamientos, seguido de *Glomus* spp. (T3) con 6.06 cm, microorganismos eficaces (EM) con 4.93 cm. Sin embargo, la carbonatita (T4) con 4.13 cm no tuvo efecto significativo al igual que el testigo (T5) con 3.68 cm con menor altura de planta.

Tabla 6

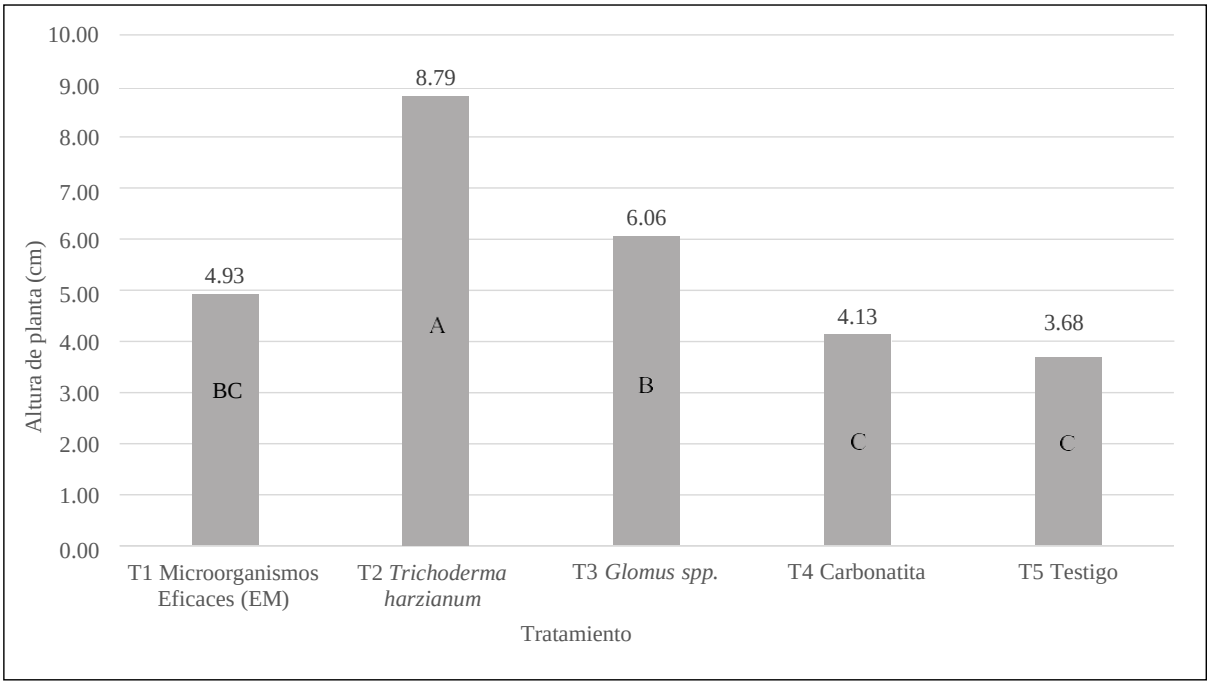
Efecto de la aplicación de microorganismos benéficos y carbonatita en la altura de la planta (cm) de la papa (Solanum tuberosum L.*) cv. bicentenaria a los 30 días después de la siembra en Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022.*

Tratamiento	Medias (cm)	n	significancia		
T2 *Trichoderma harzianum*	8.79	4	A		
T3 *Glomus* spp.	6.06	4		B	
T1 Microorganismos Eficaces (EM)	4.93	4		B	C
T4 Carbonatita	4.13	4			C
T5 Testigo	3.68	4			C

Nota: Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0.05). Fuente. Elaboración propia.

Figura 7

Primera evaluación de la altura de planta de la papa cv. bicentenaria tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita a los 30 días después de la siembra en Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022.



Nota: Primera evaluación de altura de planta. Fuente: Elaboración propia

Altura de planta a los 60 días después de la siembra (dds)

En la tabla 7 el análisis de varianza (ANDEVA) para la altura de planta a los 60 días después de la siembra indica que existe significancia al 5% de probabilidad para los tratamientos y bloques con un c.v de 6.6%. Lo cual indica que el diseño experimental utilizado fue el apropiado para el control de las variaciones existentes y los resultados obtenidos en la investigación son confiables.

Tabla 7

Análisis de varianza de la altura de planta (cm) de papa (Solanum tuberosum L.*) cv. bicentenaria a los 60 días después de la siembra tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita en Yauyos, Región Lima durante la campaña agrícola 2021-2022.*

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medios	F	p-valor	Sig.
Tratamiento	34.18	4	8.54	3.59	0.038	*
Bloque	30.52	3	10.17	4.27	0.0286	*
Error	28.57	12	2.38			
Total	93.27	19				
c.v = 6.6%						

Nota: n.s = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo, c.v = coeficiente de variación, F = F calculada.

En la tabla 8 y figura 8 la prueba de Tukey con una probabilidad del 5% mostró diferencias significativas entre los tratamientos, las plantas tratadas con *Trichoderma harzianum* (T2) superó estadísticamente con un promedio de 27.50 cm con respecto a los demás tratamientos, seguidamente la carbonatita (T4) con 23.70 cm, microorganismos eficaces (EM) (T1) 23.60 cm fueron estadísticamente iguales. El *Glomus* spp. (T3) con 23.25 cm y el testigo (T5) con 21.15 cm no tuvieron significancia para altura de planta.

Tabla 8

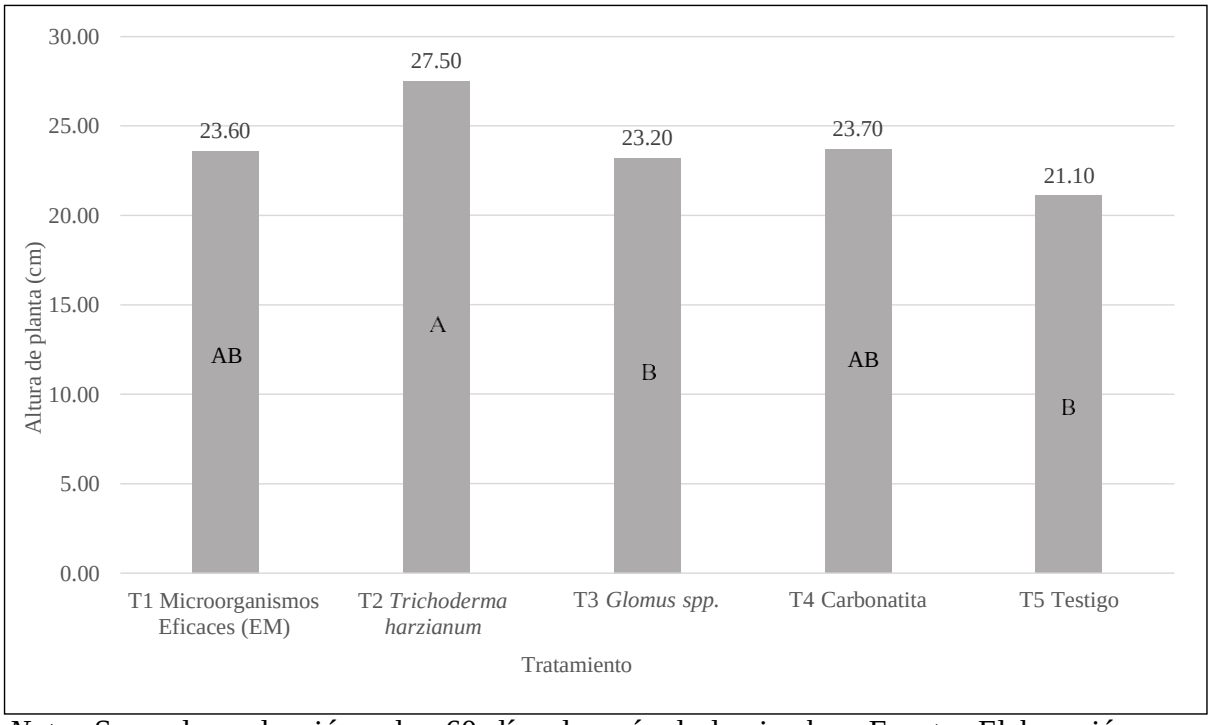
Efecto de la aplicación de microorganismos benéficos y carbonatita en la altura de la planta (cm) de la papa (Solanum tuberosum L.*) cv. bicentenaria a los 60 días después de la siembra en Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022.*

Tratamiento	Medias	n	significancia	
T2 *Trichoderma harzianum*	27.50	4	A	
T4 Carbonatita	23.70	4	A	B
T1 Microorganismos Eficaces (EM)	23.60	4	A	B
T3 *Glomus* spp.	23.20	4		B
T5 Testigo	21.10	4		B

Nota: Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05). Fuente. Elaboración propia.

Figura 8

Segunda evaluación de la altura de planta de la papa cv. bicentenaria tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita a los 60 días después de la siembra en Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022.



Nota: Segunda evaluación a los 60 días después de la siembra. Fuente: Elaboración propia

Altura de planta a los 90 días después de la siembra (dds)

En la tabla 9 el análisis de varianza (ANDEVA) indica que existe diferencia significancia al 5% de probabilidad para los tratamientos. Lo cual indica que el diseño experimental utilizado fue el apropiado para el control de las variaciones existentes y los resultados obtenidos son confiables.

Tabla 9

Análisis de varianza de la altura de planta (cm) de papa (Solanum tuberosum L.*) cv. bicentenaria a los 90 días después de la siembra tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita en Yauyos, Región Lima durante la campaña agrícola 2021-2022.*

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medios	F	p-valor	Sig.
Bloque	13.16	3	4.39	1.37	0.3003	n.s
Tratamiento	589.54	4	147.4	45.88	<0.0001	*
Error	38.54	12	3.21			
Total	641.25	19				
c.v = 5.42%						

Nota: n.s = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo, c.v = coeficiente de variación, F = F calculada.

En la tabla 10 y figura 9, la prueba de Tukey con una probabilidad del 5% mostró diferencias significativas entre los tratamientos, las plantas tratadas con *Trichoderma harzianum* (T2) supero estadísticamente a los 90 días después de la siembra con 43.60 cm de altura de planta respecto a los demás tratamientos. Seguidamente *Glomus* spp. (T3), microorganismos eficaces (EM) (T1), carbonatita (T4), testigo (T5) con 31.88, 31.63,30.03 y 28.20 cm respectivamente.

Tabla 10

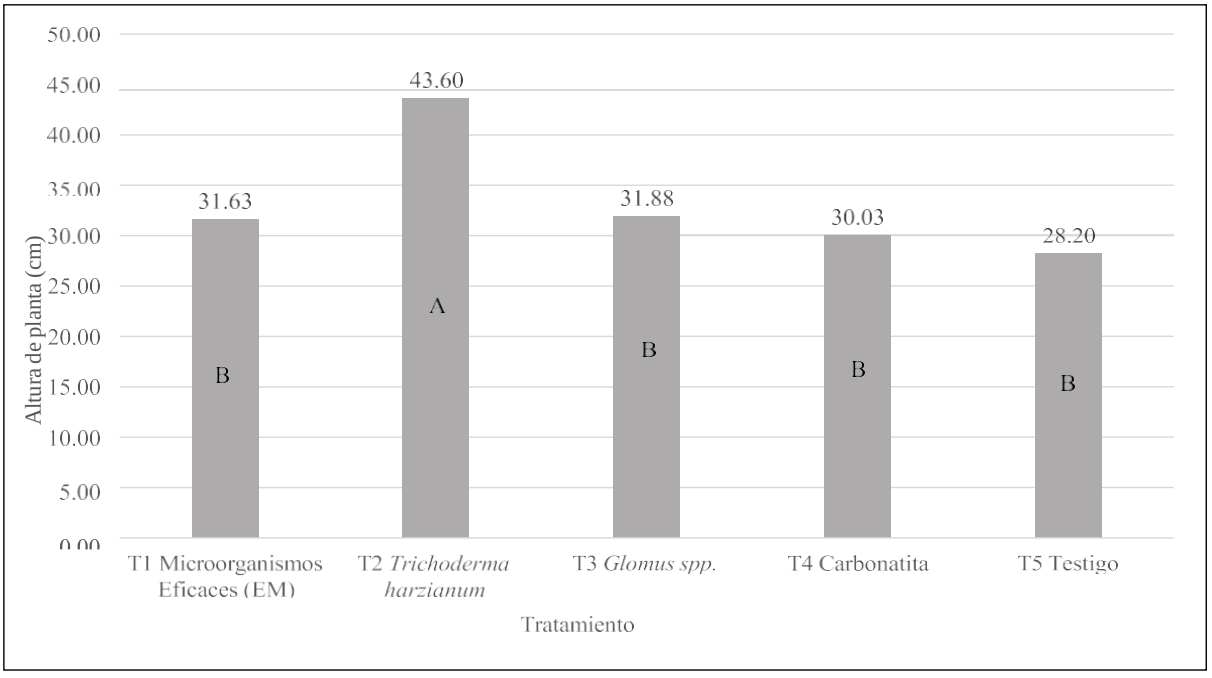
Efecto de la aplicación de microorganismos benéficos y carbonatita en la altura de la planta (cm) de la papa (Solanum tuberosum L.*) cv. bicentenaria a los 90 días después de la siembra en Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022.*

Tratamiento	Medias	n	Significancia	
T2 *Trichoderma harzianum*	43.60	4	A	
T3 *Glomus* spp.	31.88	4		B
T1 Microorganismos eficaces (EM)	31.63	4		B
T4 Carbonatita	30.03	4		B
T5 Testigo	28.20	4		B

Nota: Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0.05). Fuente. Elaboración propia.

Figura 9

Tercera evaluación de la altura de planta de la papa cv. bicentenaria tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita a los 90 días después de la siembra en Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022.



Nota: Tercera evaluación a los 90 días después de la siembra. Fuente: Elaboración propia

Número de tallo por planta

En la tabla 11, el análisis de varianza (ANDEVA) indica que existe significancia al 5% de probabilidad para los tratamientos. Sin embargo, para los bloques no existe significancia. Lo cual indica que los tratamientos empleados no tuvieron diferente efecto significativo.

Tabla 11

Análisis de varianza del número de tallo de la papa (Solanum tuberosum L.*) cv. bicentenaria tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita en Yauyos, Región Lima durante la campaña agrícola 2021-2022.*

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F	p-valor	sig.
Tratamiento	3.7	4	0.93	2.85	0.0716	n.s
Bloque	3.6	3	1.2	3.69	0.0431	*
Error	3.9	12	0.33			
Total c.v = 13.15%	11.2	19				

Nota: n.s = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo, c.v = coeficiente de variación, F = F calculada.

La tabla 12 y figura 10 la prueba de Tukey con una probabilidad del 5% muestra que las plantas tratadas con *Trichoderma harzianum* (T2), microorganismos eficaces (EM) (T1), carbonatita (T4), *Glomus* spp. y el testigo (T5) no tuvieron significancia en el número de tallo por planta.

Tabla 12

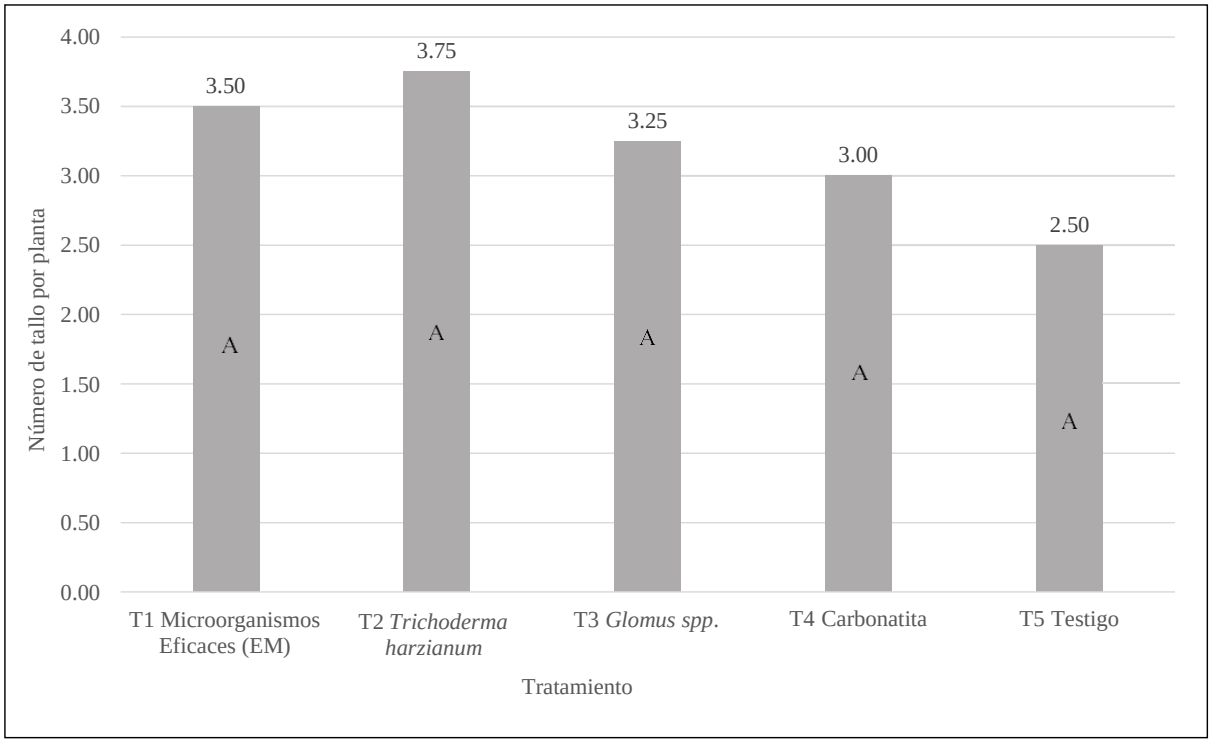
Efecto del número de tallo de la planta de papa cv. bicentenaria tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita en Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022.

Tratamiento	Medias	n	significancia
T2 *Trichoderma harzianum*	3.75	4	A
T1 Microorganismos Eficaces (EM)	3.50	4	A
T4 Carbonatita	3.25	4	A
T3 *Glomus* spp.	3.00	4	A
T5 Testigo	2.50	4	A

Nota: Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0.05). Fuente. Elaboración propia.

Figura 10

Comparación de promedios de los tratamientos en el número de tallo de la planta de papa cv. bicentenaria tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita en Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022.



Nota: Efecto de los tratamientos en el número de tallo por planta. Fuente: Elaboración propia

4.2. Efecto de la Aplicación de Microorganismos Benéficos y Carbonatita en el Rendimiento de la Papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. Bicentenaria en Yauyos, Región Lima.

4.2.1. Número de Tubérculos por Planta

En la tabla 13, el análisis de varianza (ANDEVA) indica que existe significancia al 5% de probabilidad para los tratamientos. Lo cual indica que el diseño experimental utilizado fue el apropiado para el control de las variaciones existentes y los resultados obtenidos son confiables.

Tabla 13

Análisis de varianza del número de tubérculos por planta de la papa (Solanum tuberosum L.*) cv. bicentenaria tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita en Yauyos, Región Lima durante la campaña agrícola 2021-2022.*

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F	p-valor	sig.
Tratamiento	56.78	4	14.19	3.98	0.028	*
Bloque	11.89	3	3.96	1.11	0.3832	n.s
Error	42.84	12	3.57			
Total	111.51	19				
c.v = 21.48%						

Nota: n.s = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo, c.v = coeficiente de variación, F = F calculada.

La tabla 14 y la figura 11 la prueba de Tukey con una probabilidad del 5% mostró diferencias significativas entre los tratamientos, las plantas tratadas con *Trichoderma harzianum* (T2) superó estadísticamente con un promedio de 11.20 tubérculos por planta con respecto a los demás tratamientos, incluso los microorganismos eficaces EM (T1) con 8.80, *Glomus* spp. (T3) con 9.28, carbonatita (T4) con 8.78 fueron estadísticamente iguales. Por último, el testigo (T5) con 5.94 tubérculos por planta.

Tabla 14

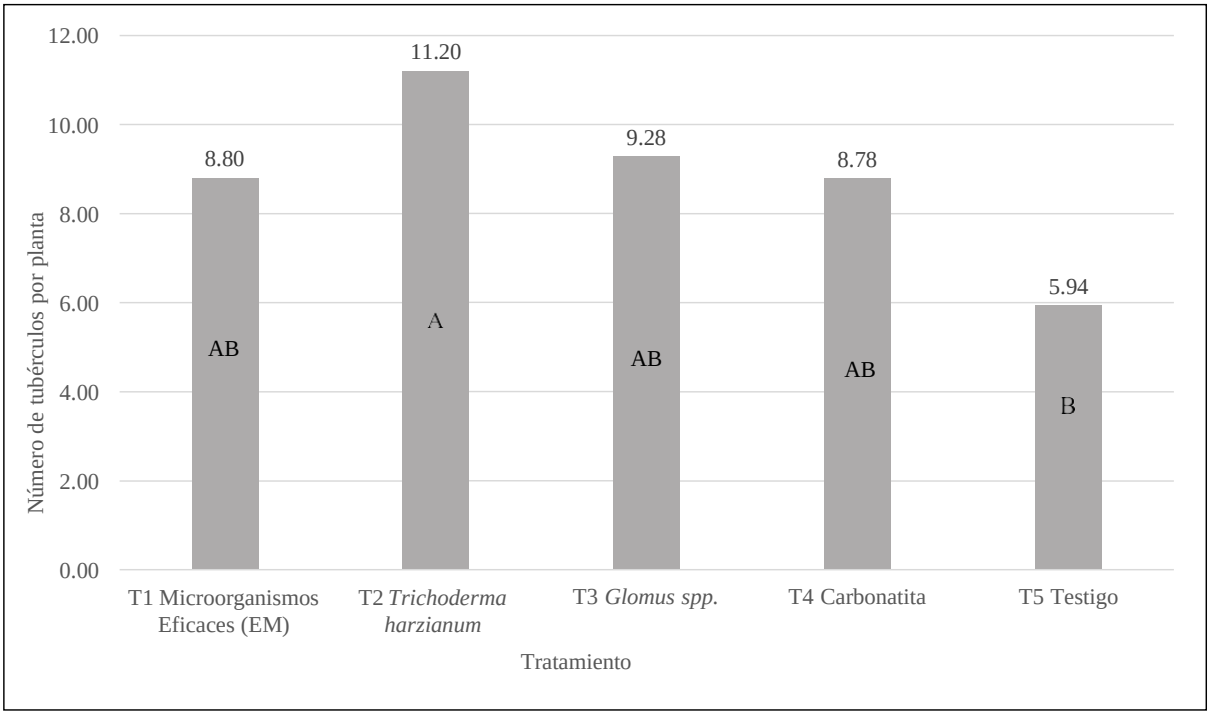
Efecto de la aplicación de microorganismos benéficos y carbonatita del número de tubérculos por planta de la papa (Solanum tuberosum L.*) cv. bicentenaria Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022.*

Tratamiento	**Medias**	**n**		**sig.**
T2 *Trichoderma harzianum*	11.20	4	A	
T3 *Glomus* spp.	9.28	4	A	B
T1 Microorganismos Eficaces (EM)	8.80	4	A	B
T4 Carbonatita	8.78	4	A	B
T5 Testigo	5.94	4		B

Nota: Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0.05). Fuente. Elaboración propia.

Figura 11

Comparación de número de los tratamientos en el número de tubérculo por planta de la papa cv. bicentenaria tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita en Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022.



Nota: Efecto de los tratamientos en el número de tubérculo por planta. Fuente: elaboración propia

4.2.2. Peso de Tubérculos por Planta (kilogramos/planta)

En la tabla 15, el análisis de varianza (ANDEVA) indica que existe significancia al 5% para el peso de tubérculo por planta y que los microorganismos benéficos y carbonatita tienen efecto diferente. Lo cual indica que el diseño experimental utilizado fue el apropiado para el control de las variaciones existentes y los resultados obtenidos son confiables.

Tabla 15

Análisis de varianza del peso del tubérculo por planta de la papa (Solanum tuberosum L.*) cv. bicentenaria tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita en Yauyos, Región Lima durante la campaña agrícola 2021-2022.*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F	p-valor	sig.
Tratamiento	1.21	4	0.3	12.17	0.0003	*
Bloque	0.05	3	0.02	0.7	0.5673	n.s
Error	0.3	12	0.02			
Total	1.57	19				
c.v = 14.00%						

Nota: n.s = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo, c.v = coeficiente de variación, F = F calculada

En la tabla 16 y la figura 12, la prueba Tukey con una probabilidad de 5% mostró diferencias significativas entre los tratamientos, las plantas tratadas con *Trichoderma harzianum* (T2) superó estadísticamente con un promedio de 1.54 kg de tubérculos por planta con respecto a los demás tratamientos. No obstante, *Glomus* spp. (T3) con 1.16, la carbonatita (T4) con 1.09, microorganismos eficaces EM (T1) con 1.07. por último, el testigo (T5) con 0.77 kg de tubérculos por planta.

Tabla 16

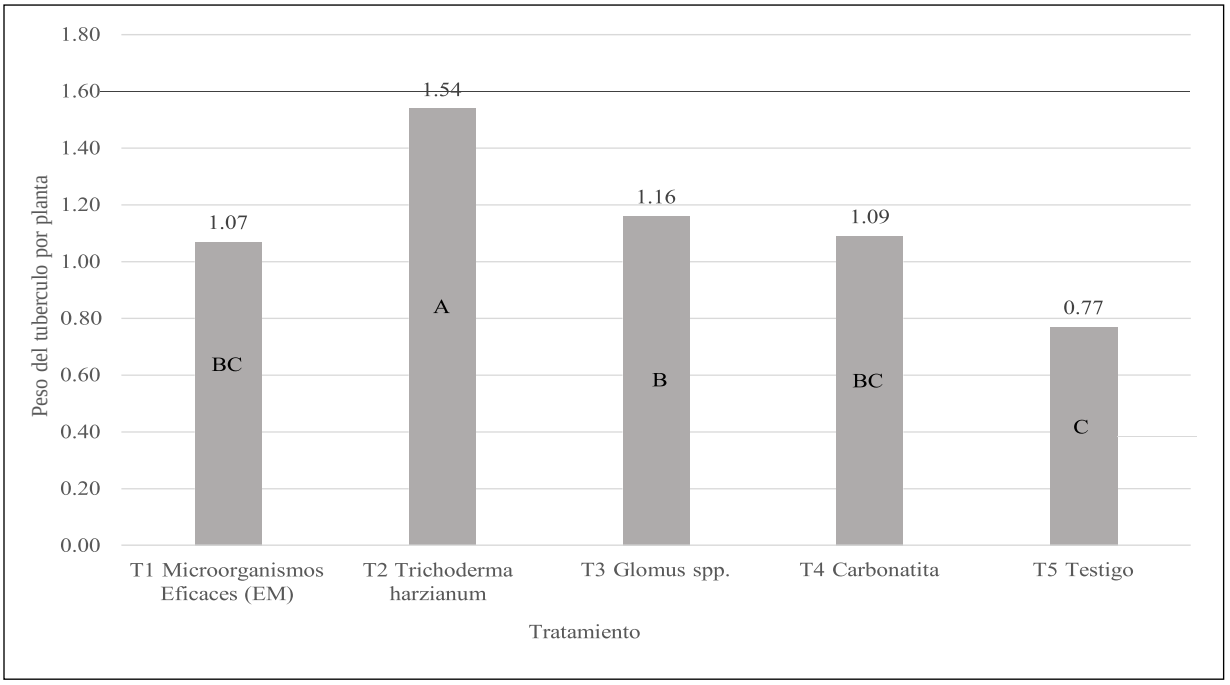
Efecto de la aplicación de microorganismos benéficos y carbonatita del peso del tubérculo por planta de la papa (Solanum tuberosum L.*) cv. bicentenaria Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022.*

Tratamiento	Medias	n	Sig.	
T2 *Trichoderma harzianum*	1.54	4	A	
T3 *Glomus* spp.	1.16	4	B	
T4 Carbonatita	1.09	4	B	C
T1 Microorganismos Eficaces (EM)	1.07	4	B	C
T5 Testigo	0.77	4		C

Nota: Letras distintas indican diferencias significativas para la prueba de Tukey (p< = 0.05). Fuente. Elaboración propia.

Figura 12

Comparación de promedios de los tratamientos en el peso de tubérculo por planta de la papa cv. bicentenaria tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita en Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022.



Nota: Efecto de los tratamientos en el peso del tubérculo por planta. Fuente: elaboración

4.2.3. Rendimiento de Tubérculos Convertidos a Toneladas por Hectárea (tn/ha)

En la tabla 17, el análisis de varianza (ANDEVA) para rendimiento por hectárea (tn/ha) indica que existe significancia al 5% de probabilidad para los tratamientos con un c.v de 14%, sin embargo, para los bloques no existe significancia. Lo cual indica que el diseño experimental utilizado fue apropiado para el control de las variaciones existentes y los resultados obtenidos en la investigación son confiables.

Tabla 27

Análisis de varianza del rendimiento estimado a hectárea de la papa (Solanum tuberosum L.*) cv. bicentenaria tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita en Yauyos, Región Lima durante la campaña agrícola 2021-2022*

Fuente de varianza	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F	p-valor	sig.
Tratamiento	1665.76	4	416.44	12.15	0.0003	*
Bloque	72.19	3	24.06	0.7	0.5686	n.s
Error	411.14	12	34.26			
Total	2149.1	19				
c.v =14%						

Nota: n.s = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo, c.v = coeficiente de variación, F = F calculada

En la tabla 18 y figura 13, la prueba de significancia de Tukey con una probabilidad del 5% mostró diferencias significativas entre los tratamientos, las plantas tratadas con *Trichoderma harzianum* (T2) obtuvo el mayor rendimiento con 57.14 tn/ha, seguidamente de *Glomus* spp. con 43.11. La carbonatita y microorganismos eficaces (EM) (T1) con 40.54 y 39.54 tn/ha fueron estadísticamente iguales. Por último, el testigo (T5) obtuvo el menor rendimiento con 28.66 tn/ha.

Tabla 18

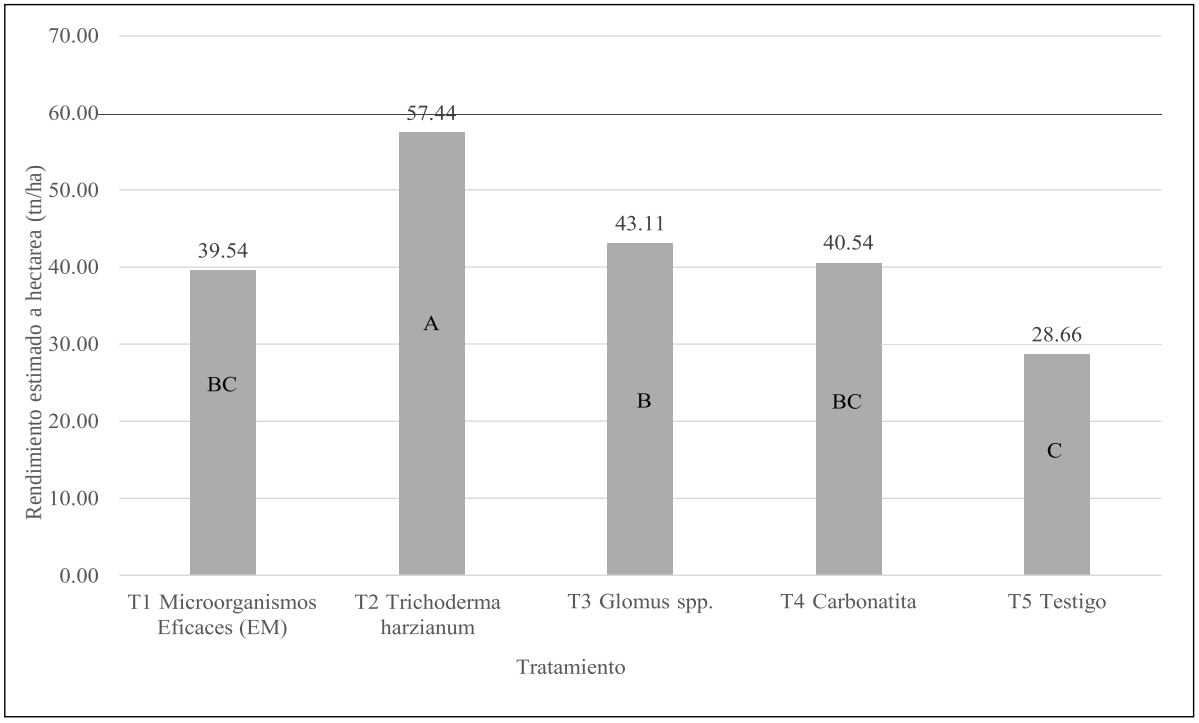
Efecto de la aplicación de microorganismos benéficos y carbonatita del rendimiento (tn/ha) de la papa (Solanum tuberosum L.*) cv. bicentenaria Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022.*

Tratamiento	Medias	n	Significancia		
T2 Trichoderma harzianum	57.14	4	A		
T3 *Glomus* spp.	43.11	4		B	
T4 Carbonatita	40.54	4		B	C
T1 Microorganismos Eficaces (EM)	39.54	4		B	C
T5 Testigo	28.66	4			C

Nota: Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0.05). Fuente. Elaboración propia.

Figura 13

Comparación de promedios de los tratamientos en el rendimiento por hectárea de la papa cv. bicentenaria tratadas con microorganismos benéficos y carbonatita en Yauyos, Región, Lima durante la campaña agrícola 2021-2022



Nota: Efecto de los tratamientos en el rendimiento estimado a hectárea. Fuente: elaboración propia

Discusión

Con los resultados obtenidos en el experimento, se ha demostrado que el hongo *Trichoderma* tiene mejor respuesta en el crecimiento de la planta y podría ser una alternativa agroecologica para la producción de papa. En este estudio la temperatura fue de 14 °C siendo óptima para una mejor altura de planta y tuberización. Las evaluaciones de altura de la planta en diferentes momentos mostraron que el tratamiento con *T. harzianum* superó al testigo.

De acuerdo con los resultados obtenidos el *Trichoderma harzianum* (T1) alcanzó una altura de planta de 43.60 cm. a los 90 días después de la siembra superior a lo que reportaron Purwantisari et al. (2022) que aplicaron *Trichoderma* spp. junto a rizobacterias promotoras de crecimiento (PGPR) y obtuvo una altura promedio de 29.09 y 2 tallos brotados a los 42 días después de la siembra. A ello, se confirma que los biofertilizantes a base de *Trichoderma* spp. inoculado al suelo proporciona disponibilidad de nutrientes (fosfatos disponibles, mayor fijación de nitrógeno y micronutrientes) durante todo su desarrollo vegetativo. Nuestros resultados obtenidos concuerdan con Romasti et al. (2013) que los microorganismos benéficos proporcionan un mayor crecimiento en la planta y aplicando al tubérculo - semilla estimula el crecimiento vegetativo.

Para una buena producción de papa es necesario que el C, H, O y los 13 nutrientes esenciales estén disponible en el suelo durante todo su ciclo vegetativo (Westermann, 2005). Con respecto al tratamiento *Glomus* spp. que solo promovió el desarrollo durante las primeras semanas produciendo 3.75 tallo por planta hasta la floración, de forma similar Ahmad et al. (2016) reportaron que con la aplicación de *Glomus* spp. en la semilla se obtiene 3 tallos por planta estimulando la brotación del tubérculo semilla. Así mismo, Malunjkar & Solanke (2007) afirmaron que cada tubérculo-semilla tiene almacenado su propia proporción de contenido nutricional. Baker (1989) señala que los tubérculo-semilla tratados con *Trichoderma* permanecen en toda la vida útil de la planta.

Los elicitores del *Trichoderma* en la rizosfera solubiliza los compuestos orgánicos y disponen nutrientes cumpliendo doble función activando el sistema de defensa de la planta y promoviendo el crecimiento de la planta (Cano, 2011).

Las distintas cepas de *Trichoderma* spp. induce la ramificación de las raíces y brotes en la planta por la división, expansión y diferenciación celular por la presencia de auxinas colonizando directamente las raíces de la planta facilitando la absorción de nitrógeno, fosforo, potasio y micronutrientes.

Con respecto al tratamiento carbonatita, Agroboreal SAC (2018) afirma que mejora la estructura y mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Incluso corrige el pH alcalino o ácido llevándolo a un pH neutral que favorece el desarrollo de la planta. Nuestro resultado demuestra la rápida asociación de *Trichoderma harzianum* en las raíces de planta obteniendo un mayor vigor y tolerancia a cualquier estrés biótico y abiótico durante todo su crecimiento (Akladious & Abbas, 2014).

Para tener un buen rendimiento unos de los factores importante es que el tubérculo-semilla del cultivar sea de calidad (física, fisiológica y sanitaria) con un buen manejo agronómico para obtener un rendimiento factible (Haverkort & Struik, 2015). El inicio y el desarrollo de la tuberización es una de las etapas importante que determinan el rendimiento de la papa. Contreras (2020) reporta una cantidad promedio de ochotubérculos por planta en el cv. bicentenaria. El promedio del número de tubérculo por planta del cv. bicentenaria coincidió con los resultados del *Glomus* spp., microorganismos eficaces (EM) y carbonatita que fueron estadísticamente superior. Sin embargo, la aplicación de *T. harzianum* produjo un promedio mayor de 11.20 tubérculos por planta. A ello varios factores afectan en la formación de tubérculos como la variedad, adaptabilidad, la profundidad de siembra, nutrientes disponibles ((Svensson, 1962); (Yuan et al., 2014)).

En nuestros resultados, se obtuvo 57.14 tn/ha lo cual superó a lo que reportó Contreras (2020) en la ciudad de Palpa con un rendimiento promedio de 36.60 tn/ha con el cv. bicentenaria. Molina & Loya (2019) reportaron que la incorporación de compost de champiñón inoculado con *T. harzianum* al suelo se obtiene un rendimiento de 30.40 tn/ha. Sin embargo, Soria et al. (2019) reportan que *Trichoderma* inoculado al suelo cerca del cuello de la planta de papa cv. desirée se obtiene 27.8 tn/ha y afirman que sustancias promotoras de crecimiento influyen en la tuberización. Mientras que Verma et al. (2018) reportan que con otros tipos de microorganismos inoculado al suelo en un cultivo de papa cv. kufri jawahar se obtiene 28.61 tn/ha.

Unos de mecanismo de acción del *Trichoderma* es la relación mutualista en beneficio de la planta. Bhandari et al. (2021) afirman que aplicando via drench *Trichoderma* spp. mejora las propiedades del suelo y aumenta la actividad microbiológica. Esto confirma la relación planta - microorganismo y el mecanismo de acción de las diferentes cepas en un determinado lugar.

Una vez que el *Trichoderma* prolifera las raíces de papa capta el nitrógeno, fósforo y potasio del suelo para facilitar la absorción en la planta, a la vez mejora la estructura del suelo. (Mamani-Rojas et al., 2016). Los estudios de Garcia et al. (2012) demuestran la alta efectividad y asociatividad del *Trichoderma* al aplicarlo antes de la siembra en el tubérculo- semilla, al momento de la siembra y cuando las plantas emergieron a un 80% obteniendo 7 tubérculos por planta en la cosecha.

V. Capítulo
Conclusiones

El tratamiento con T. *harzianum* produjo el mayor crecimiento en todas las variables vegetativas y reproductivas en el cultivo de papa, comparativamente con el tratamientotestigo (sin aplicación).

El tratamiento con *T. harzianum* produjo la mayor altura de planta a los 30, 60 y 90 días después de la siembra al igual que el número de tallo por planta, dando consistencia para una buena tuberización.

Adicionalmente el tratamiento con *T. harzianum*, superó al resto de los tratamientos enel peso del tubérculo y el rendimiento. A ello se relaciona el peso de tubérculos por planta con el rendimiento ya que al tener mayor peso incrementa la producción y por ende el rendimiento estimado a hectárea, seguido del tratamiento con *Glomus* spp. que también mejoró el rendimiento del tubérculo de papa.

VI. Capítulo

Recomendaciones

Se recomienda utilizar el tratamiento *T. harzianum* por haber destacado en la variable de crecimiento vegetativo y rendimiento con diferentes dosis y en diferentes condiciones y así poder validar los resultados de la presente investigación.

Instalar ensayos experimentales con niveles de dosis de microorganismos benéficos y carbonatita con diferentes variedades de papa considerando los factores externos como: la topografía del lugar, condiciones climáticas y disponibilidad de agua.

Realizar ensayos con aplicaciones de consorcio de microorganismos benéficos al suelo para evaluar el efecto en el crecimiento y rendimiento de la papa.

VII. Capítulo
Referencias Bibliográficas

Ahmad, A., Gupta, M., & Gupta, M. (2016). Effect of integrated nutrient management on growth and yield of Aloe barbadensis. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, *86*(1), 91-95. https://epubs.icar.org.in/index.php/IJAgS/article/view/55236

Agroshow. (2016). *Carbonatita Fertilizante Orgánico*. https://agroshow.info/productos/bioinsumos-gricolas/biofertilizantes/fertilizante-carbonatita-agroboreal

Akladious, S. & Abbas, S. M. (2014). Application of Trichoderma Harzianum as a Biofertilizer Potential in Maize Growth. *Journal of Plant Nutrition, 37*(1), 30-49. https://doi.org/10.1080/01904167.2013.829100

Andrade, A. (2010). Micorrizas: Antigua interacción entre planta y hongo. En R. Ciencia. *Micorrizas* (Ed.), (pp. 84-90). https://www.researchgate.net/publication/236119554_Micorrizas_Antigua_interaccion_entre_plantas_y_hongos

Arias, A. (2010). Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente. *Ciencia e Ingeniería. Volumen (02),* 42-45. https://www.academia.edu/78508780/Microorganismos_eficientes_y_su_beneficio_para_la_agricultura_y_el_medio_ambiente

Baker, R. (1989). Improved Trichoderma spp. For promoting crop productivity. *Trends in Biotechnology*, *7*(2), 34-38. https://doi.org/10.1016/0167-7799(89)90055-3

Bhandari, S., Pandey, K., Joshi, R., & Lamichhane, K. (2021). An overview of multifaceted role of Trichoderma spp. For sustainable agriculture. *Archives of Agriculture and Environmental Science, 6*(1), 72-79. https://doi.org/10.26832/24566632.2021.0601010

Banco Interamericano de Desarrollo, [BID], (2009). *Manual práctico de uso de EM* (1era ed.). https://www.emuruguay.org/images/manual_practico_uso_em_oisca_bid.pdf

Cano, A. (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma spp. y Pseudomonas spp*. una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 14*(2), 15-31. https://doi.org/10.31910/rudca.v14.n2.2011.771

Cruz, C.; Chavez, D.; Zelaya. M.; Santos, V.; Rojas, A. (2021). Utilización de microorganismos para una agricultura sostenible en México: consideraciones y retos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(5), 899-913 https://doi.org/10.29312/remexca.v12i5.2905

Chifetete, V., & Dames, F. (2020). Mycorrhizal interventions for sustainable potato production in africa (review). *Frontiers in Sustainable Food Systems, 4(1)*, 1-17. https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.593053

Centro Internacional de la Papa, [CIP], (2017). Hechos y cifras sobre la papa [Archivo PDF]. https://cipotato.org/es/potato/potato-facts-and-figures

Contreras, S, Jhoncon, Jorge, Vargas, Luis, Cervantes, Doris, & Quevedo, Miguel. (2023). Bicentenaria, un nuevo cultivar de papa para procesamiento en el Perú: perspectivas desde la mejora genética. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 25(1), 5-13. https://dx.doi.org/10.18271/ria.2023.434

Contreras, S. (2021). Informe técnico económico papa UH-24 – Bicentenaria [Archivo PDF]. https://es.slideshare.net/maximo2011/bicentenaria-la-papa-de-la-region-limaconvertidopptx

A., Macías, L. & Larsen, J. (2016). Ecological functions of Trichoderma spp. and their secondary metabolites in the rhizosphere: Interactions with plants. FEMS Microbiology Ecology, 92(4), https://doi.org/10.1093/femsec/fiw036

Contreras, S., Noriega, H., Valenzuela, A., Arias, L., Zúñiga, D., & García-Bendezú, S. (2019). Uso de inoculantes como estrategia de manejo agronómico sustentable en fincas de papa (*Solanum tuberosum* L.) de la región Lima. Idesia (Arica), 37(3), 29-37. https://doi.org/10.4067/s0718-34292019000300029

Universidad San Ignacio de Loyola, [USIL], (2018). La papa Orgullo del Perú. [Archivo PDF]. https://fondoeditorial.usil.edu.pe/publicacion/la-papa-orgullo-del-peru

EcuRed. (2018). Rendimiento agrícola. EcuRed. https://www.ecured.cu/Rendimiento_agrícola

Estación Experimental Agropecuaria para la Introducción de Tecnologías Apropiadas de Japón. (2013). Tecnología EM en ganadería. https://www.emuruguay.org/images/aplicacion-tecnologia-em-ganaderia

Egúsquiza. (2000). La papa: Producción, transformación y comercialización. https://casadelcorregidor.pe/biblioteca/_biblio_Egusquiza.php

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación [ONU], (2009).

Nueva luz sobre un tesoro enterrado [Archivo PDF]. https://www.fao.org/3/i0500s/i0500s00.pdf

Flores, L. (2012). *Propagación de Glomus intraradices en medio de células vegetales en suspensión* [Tesis de Pregrado, Universidad Autónoma De Nuevo León]. http://eprints.uanl.mx/id/eprint/2777

Rostami, A., Ghobadi, E., (2013). Effects of non-chemical and chemical fertilizers on potato (Solanum tuberosum L.) yield and quality. *Journal of Medicinal Plants Research*, *7*(1), 36-42. https://doi.org/10.5897/JMPR11.1638

Garcia, R., Arcia, M., Perez, M., & Fuera, R. (2012). *Efecto de Trichoderma sobre el desarrollo de papa y el biocontrol de Rhizoctonia bajo tres tiempos de inicio de aplicación*. *Agronomía Tropical*, *62*, 77-95. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000292X2012000100007&lng=es&tlng=es.

Chanduvi, R., Peña, R., Álvarez, L. A., Granda, C., Morales, A. (2023). Efecto de los microorganismos eficientes nativos y compost en tres pisos altitudinales en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*)variedad INIA 415-Pasankalla. Terra Latinoamericana, 41, 1-12. https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1622

Haverkort, A. & Struik, C. (2015). Yield levels of potato crops: Recent achievements and prospects. *Field Crops Research*, *182*, 3-4. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.06.002

Hoyos, L., Orduz, S., & Bissett, J. (2009). Growth stimulation in bean (Phaseolus vulgaris L.) by Trichoderma. *Biological Control*, *51*(3), 409-416. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.07.018

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INDEI], (2014). Producción de papa creció 45% [Archivo PDF]. https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-papa-crecio-45-7582

Kashyap, L., Rai, P., Srivastava, K., & Kumar, S. (2017). Trichoderma for climate resilient agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, *33*(8), 1-18. https://doi.org/10.1007/s11274-017-2319-1

Lim, K. (2016). *Solanum tuberosum*. Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants, 12-98. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26065-5_2

Malunjkar, B. & Solanke, A. V. (2007). *Response of type of tubers used with different sowing dates on growth and yield of potato (Solanum tuberosum L.)*. *3*(2), 186-188. http://researchjournal.co.in/upload/assignments/3_186-188-13.pdf

Mamani-Rojas, P., Limachi-Villalba, J., & Ortuño-Castro, N. (2016). Uso de microorganismos nativos como promotores de crecimiento y supresores de patógenos en el cultivo de la papa en Bolivia. *Revista Latinoamericana de la Papa*, *17*(1), 74-96. https://doi.org/10.37066/ralap.v17i1.189

Mendoza, F. (2013). *Niveles de guano de islas y dosis de microorganismos eficaces—EM, en el cultivo de papa (Solanum phureja L.) var. mama lucha Canaán, 2750 msnm- Ayacucho* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga]. https://repositorio.unsch.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/UNSCH/3550/TESIS%20AG1237_Eyz.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2022). Perú lidera la producción de papa en América Latina. Plataforma digital única del Estado Peruano. https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/612374-midagri-en-el-dia-nacional-el-peru-lidera-la-produccion-de-papa-en-america-latina

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2017). Papa: Características de la Producción Nacional y de la comercialización en Lima Metropolitana. MINAGRI *Boletín*, *1*(1), 12. https://repositorio.midagri.gob.pe/handle/20.500.13036/369

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2020). *Análisis de mercado – Papa 2020*. Panorama Nacional, Editorial Sierra y Selva Exportadora. http://repositorio.midagri.gob.pe/jspui/handle/20.500.13036/841

Ministerio del Ambiente. (2019). Línea de base de la diversidad genética de la papa peruana con fines de bioseguridad [Archivo PDF]. https://bioseguridad.minam.gob.pe/wpcontent/uploads/2019/12/Linea_base_papa_bioseguridad_lowres.pdf

Molina, J., Santos, B. M., & Aguilar, L. (2004). Guía MIP en el Cultivo de la papa [Archivo PDF]. https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10M722.pdf

NCI. (2018). Definición de microorganismo—Diccionario de cáncer del NCI - Instituto Nacional del Cáncer. https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-

Molina, L., & Loya, C. (2019). *Evaluacion del abono organico de champiñon, inoculado con T. Harzianum, B. bassiana, P. lilacinus y L. lecanni, en el rendimiento de papa Solanum tuberosum L. var. INIAP-Libertad* [Tesis de Pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas]. http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/34075/1/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf

Goto, B. & Sieverding, E. (2011). Glomeromycota: Three new genera and glomoid species reorganized. *Mycotaxon, 116*(2001), 75-120. https://doi.org/10.5248/116.75

Oliveira, R., Rodriguesda, J., Quintão, R., Azevedo, A., Castoldi, R., de Camargo, R., & Queiroz, L. (2021). Fertilizer application levels in potato crops and the diagnosis and recommendation integrated system. *Agronomy*, *11*(1), 1-13. https://doi.org/10.3390/agronomy11010051

Otiniano, R. (2017). Manual del cultivo de papa para pequeños productores en la sierra norte del Perú (pp. 1-32). Grafikoz publicidad eficaz. https://www.poderosa.com.pe/Content/descargas/libros/manual-del-cultivo-de-papa.pdf

Purwantisari, S., Ferniah, S., Nurchayati, Y., & Jannah, N. (2022). Effects of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria and Trichoderma sp. On Potato Growth on Medium Plains. *KnE Life Sciences*, *2022*, 513-520. https://doi.org/10.18502/kls.v7i3.11157

Arias, S., & Avila, H. (2008). Manual de produccion de papa. Centro de documentación agrícola [Archivo PDF]. http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/handle/123456789/116

Quintana, C. (2018). *Comportamiento agronómico de cuatro cultivares de papa (Solanum tuberosum L .) en zona agroecológica de sierra alta* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional San Agustin de Arequipa]. https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ed269c61-d083-46a9-a5a0-ef41651331f6/content

Rocks. (2011). Carbonatita. Consultado el 19 septiembre 2023. https://rocks.comparenature.com/es/carbonatita-roca/model-57-0

Rojas, C. (2019). *Aplicacion de Trichoderma spp. Como control de phytphtora capsici Leo. En Capsicum annuum L. ají pápikra var. Papri king, bajo condiciones de vivero* [Tesis de Maestria, Universidad Nacional Jose Faustino Sánchez Carrión]. https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/3388/Carmen%20Eufemia%20Rojas%20Zenoza%c3%adn.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sawicka, B., Pszczółkowski, P., Dadasiewicz, A., Barbaś, P., Ćwintal, M., & Krochmal-Marczak, B. (2021). The effect of effective microorganisms on the quality of potato chips and French fries. *Applied Sciences (Switzerland), 11*(4), 1-23. https://doi.org/10.3390/app11041415

Sivila, N., & Alvarez, S. (2013). Producción artesanal de Trichoderma. En Universidad Jujuy Argentina, 1(1), 10-11. http://cedaf.fca.unju.edu.ar/wp-content/uploads/manual-de-trichoderma-2013-sivila-alvarez.pdf

Soria, E., Rojas, F., & Ortuño, N. (2019). Inducción de tolerancia al ataquede *Globodera spp*. con microorganismos promotores de crecimiento en el cultivo de papa *(Solanum tuberosum subsp. tuberosum). Revista latinoamericana de la Papa, 25(1), 4-18.* http://ojs.papaslatinas.org/index.php/rev-alap/article/view/417

Svensson, B. (1962). *Some factors affecting and tuber formation*. *5*(I), 28-39. https://doi.org/10.1007/BF02367659

Taffouo, V., Muyang, R., & Mbouobda, H. (2018). Effect of indigenous and effective microorganism fertilizers on soil microorganisms and yield of Irish potato inBambili, Cameroon. *African Journal of Microbiology Research, 12*(15), 345-353. https://doi.org/10.5897/AJMR2017.8601

Torres, H. (2019). *Efecto de Glomus intraradices (micorrizas) sobre el comportamiento agronómico de (Solanum tuberosum L.) «papa» en invernadero* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional José Fautino Sanchez Carrion]. http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/3084/torres%20vite%20bryan%20herson%20alexander.pdf?sequence=1&isallowed=y

Unión Internacional para la Protección de las Obtención de Vegetales [UPOV], (2014). Variedad—Definición. https://www.upov.int/overview/es/variety.html

Valladares, S., Kooyip, J., Borja, E., Valerio, M., Valencia, A., Velazquez, J., Aguilar, V., Barnes, H., & Dominguez, B. (2022). Characterization of Spanish River Carbonatite for agricultural fertilizer. *Hyperfine Interactions*, *243*(1), 5-10.

https://doi.org/10.1007/s10751-022-01803-4

Valverde, S. (2016). *Efecto de los microorganismos eficaces y bioabonos en el rendimiento de la papa (Solanum tuberosum L.) var. Canchan, en condiciones edafoclimáticas de Huacrachuco-Marañon 2015* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/1119/TAG%2000679%20V27.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Verma, R., Solankey, S., Verma, K., & Verma, P. (2018). Biofertilizer Alternative for Potato Production in the Northern Plains of India. 7, 4608-4615. *https://www.ijcmas.com/special/7/R.%20B.%20Verma,%20et%20al.pdf*

Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E., Marra, R., Woo, S., & Lorito, M. (2008). Trichoderma-plant-pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry*, *40*(1), 1-10. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.07.002

Wasukira, A., Walimbwa, K., Wobibi, S., Owere, L., Naziri, D., & Parker, M. (2017). Ware potato harvesting and storage techniques. (CGIAR Research Program on Roots, Ed.; 1.a ed.). https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/464891b2-e011-426d-834b-a60c0643209a/content

Westermann, D. (2005). Nutritional requirements of potatoes. *American Journal ofPotato Research*, *82*(4), 301-307. https://doi.org/10.1007/BF02871960

Yuan, G., Liguo, J., Bo, H., Ashok, A., & Mingshou, F. (2014). Potato stolon and tuber growth influenced by nitrogen form. *Plant Production Science*, *17*(2), 138-143. https://doi.org/10.1626/pps.17.138

ANEXO

Anexo 1. Análisis físico químico del campo experimental

VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola
50 AÑOS 1965 - 2015

SOLICITANTE : CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA
PREDIO : APHURI
MATRIZ : SUELO AGRICOLA

ANÁLISIS N° : 1152-07S -2021
LUGAR : VIÑAC
FECHA DE RECEP. : 20/11/2021

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - SALINIDAD
MUESTRA : PVS_Viñac_Rep 3_PS - 18-11-21

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	**32.86**	%		
Limo	**24.73**	%		
Arcilla	**42.41**	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	**ARCILLOSA**			
Porcentaje de Saturación de Agua	**47.94**	%	MES - 002	Gravimétrico
Carbonato de Calcio Total	**< 0.01**	%	MES - 003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	**0.67**	dS / m	MES - 004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp = 23.1 °C	**6.94**		MES - 005	Electrométrico
Fósforo Disponible	**12.80**	ppm	MES - 006	Olsen
Materia Orgánica	**2.28**	%	MES - 007	Walkley y Black
Nitrógeno Total	**0.13**	%	MES - 008	Kjeldahl
Potasio Disponible	**177.00**	ppm	MES - 009	Acetato de Amonio
Cationes Cambiables				**Extractante:Ac. Amonio**
Calcio	**15.58**	mEq / 100 g	MES - 010	FAAS
Magnesio	**7.67**	mEq / 100 g	MES - 011	FAAS
Sodio	**0.40**	mEq / 100 g	MES - 012	FAAS
Potasio	**0.44**	mEq / 100 g	MES - 013	FAAS
Aluminio + Hidrógeno	**< 0.01**	mEq / 100 g	MES - 014	KCl / Volumétrico
P.A.I	**< 0.04**	%	MES - 015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	**24.10**	mEq / 100 g	MES - 017	Cálculo Matemático
Sales Disueltas				
Cloruro	**1.34**	mEq / L	SM 4500 CL - B	Argentométrico
Sulfato	**2.77**	mEq / L	EPA 375.4	Turbidimétrico
Nitrato	**1.63**	mEq / L	MEA - 001	Colorimétrico
Carbonato	**< 0.02**	mEq / L	SM 2320 B	Volumétrico
Bicarbonato	**0.91**	mEq / L	SM 2320 B	Volumétrico
Calcio	**3.06**	mEq / L	EPA 215.1	FAAS
Magnesio	**2.12**	mEq / L	EPA 242.1	FAAS
Sodio	**1.49**	mEq / L	EPA 273.1	FAAS
Potasio	**0.22**	mEq / L	EPA 258.1	FAAS
Boro	**0.04**	ppm (*)	ISO 9390.1990	Colorimétrico

DONDE:
E.S : Extracto de Saturación.
(1 / 1) : Relación Masa del Suelo / Volumen del Agua.
P.A.I : Porcentaje de Acidez Intercambiable.
C.I.C.E. : Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo.
% : Masa / Masa.
ppm : mg / Kg.
ppm(*) : mg / L.

MES y MEA : Método Propio del Laboratorio.
SM : Standar Methods
EPA : Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.
ISO : International Organization for Standarización.
FAAS : Espectrometria de Absorción Atómica por Llama.

NOTA:
1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
2: Se prohibe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quim. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO

LABORATORIO DE QUIMICA AGRICOLA - Cañete - Valle Grande

MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
Teléfono: (511) 581 2261 I Celular: 991 692 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe I Web: www.vallegrande.edu.pe

Anexo 2. Galería fotográfica



Foto 01. MicroorganismosEficaces (EM)



Foto 02. *Glomus* spp. (Micotab –Biofertilizante)



Foto 03. *Trichoderma harzianum* campo experimental



Foto 04. Preparación y delimitacióndel (TrichoTab – Biofertilizante)



Foto 05. Tubérculo-semilla cv.Bicentenaria



Foto 06. Siembra de papa cv. Bicentenaria



Foto 07. Brotación de papa cv.bicentenaria



Foto 08. Crecimiento de la papa cv. bicentenaria



Foto 09. Evaluación de crecimientovegetativo cv. bicentenaria



Foto 10. Aporque de papa cv.bicentenaria



Foto 11. Segado de papa cv. bicentenaria



Foto 12. Cosecha de tubérculos depapa cv. bicentenaria



Foto 13. Numero de tallo por planta cv. bicentenaria a. T2. Trichoderma harzianum (Trichotab), b. T1 Microorganismos eficaces (EM), c. T5 Testigo



Foto 14. Promedio de tubérculo por planta cv. bicentenaria. a. T1 Microorganismo Eficaces (EM), b. T2 *Trichoderma harzianum* (trichotab), c. T3 *Glomus* spp. (micotab), d. T4. Carbonatita, e. T5 Testigo



Foto 15. Rendimiento a tn/ha cv. Bicentenaria. a. T1 Microorganismo Eficaces (EM), b. T2 *Trichoderma harzianum* (trichotab), c. T3 *Glomus* spp. (micotab), d. T4. Carbonatita, e. T5 Testigo

BLOQUE	Tratamiento	Repetición	1° Altura de planta (cm)	2° Altura de planta (cm)	3°Altura de planta (cm)	Número de tallo a los 100 (dds)	Número de tubérculo (unid./planta)	Peso de tubérculo (kg/planta)	Rendimiento en toneladas por hectárea
B1	Microorganismos Eficaces (EM)	R1	4.8	25.2	29.4	4	11	1.06	39.20
B2	Microorganismos Eficaces (EM)	R2	7	25.1	30.1	3	9	1.30	48.17
B3	Microorganismos Eficaces (EM)	R3	5.2	24.2	34.6	4	9	1.04	38.48
B4	Microorganismos Eficaces (EM)	R4	2.7	19.9	32.4	3	7	0.87	32.31
B1	*Trichoderma harzianum*	R1	8.65	28	42.7	4	15	1.61	59.70
B2	*Trichoderma harzianum*	R2	9.2	29	42	3	9	1.57	58.28
B3	*Trichoderma harzianum*	R3	9.1	26.5	43.8	4	10	1.41	52.36
B4	*Trichoderma harzianum*	R4	8.2	27.5	45.9	4	10	1.57	58.21
B1	*Glomus spp.*	R1	7.35	25.6	29.8	3	12	1.28	47.33
B2	*Glomus spp.*	R2	6.2	25.6	30.3	3	8	1.18	43.61
B3	*Glomus spp.*	R3	5.6	20	33.3	4	8	0.91	33.69
B4	*Glomus spp.*	R4	5.1	21.8	34.1	2	9	1.29	47.80
B1	Carbonatita	R1	4.8	24.2	31	4	7	0.83	30.89
B2	Carbonatita	R2	3.9	24.1	29.7	3	9	1.05	39.02
B3	Carbonatita	R3	4	24.3	31.2	4	7	1.15	42.72
B4	Carbonatita	R4	3.8	22.2	28.2	2	12	1.34	49.52
B1	Testigo	R1	4.5	21.5	27.7	3	5	0.69	25.64
B2	Testigo	R2	3.1	22.7	29.9	3	6	0.83	30.65
B3	Testigo	R3	3.8	20.9	26.4	2	7	0.80	29.55
B4	Testigo	R4	3.3	19.5	28.8	2	6	0.78	28.78

Foto 16. Resumen de datos de las variables de desarrollo vegetativo y rendimiento del informe de tesis.

Microorganismos benéficos y carbonatita en el comportamiento agronómico de la papa (Solanum tuberosum L.) cv. bicentenaria en Yauyos, Región Lima

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%	10%	2%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	1library.co Fuente de Internet	3%
2	repositorio.undc.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	portal.undc.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
6	atenaeditora.com.br Fuente de Internet	1%
7	www.smcsmx.org Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	1%